คู่มือการใช้งานและการดูแลรักษา
หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านความปลอดภัยแก่สถานประกอบการ
: ความปลอดภัยในการใช้งานหม้อน้ำ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม
พ.ศ. 2553

สารบัญ
คู่มือการใช้งานและการดูแลรักษาหม้อต้ม ที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หน้า

คำนำ

บทที่ 1 พื้นฐานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว
1.1 ประเภทของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว 1-2
1.2 หลักการทำงานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว 1-3
1.3 อุปกรณ์ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว 1-5
1.4 ระบบควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 1-11

บทที่ 2 การใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน
2.1 การเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน 2-1
2.2 ปัญหาและการป้องกันอันตรายการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 2-3
2.3 สาเหตุของการเสื่อมสภาพของน้ำมันถ่ายเทความร้อน 2-7
2.4 การขยายตัวของท่อน้ำมันเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง 2-7
2.5 ข้อควรระวังในการใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 2-8

บทที่ 3 การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน
3.1 การตรวจสอบก่อนเดินเครื่อง 3-1
3.2 การตรวจสอบขณะเดินเครื่อง 3-2
3.3 การปฏิบัติก่อนหยุดเครื่อง 3-2
3.4 การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาระบบเชื้อเพลิง 3-6
3.5 การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาห้องเผาไหม้ 3-6

บทที่ 4 อุปกรณ์และระบบความปลอดภัยสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน
4.1 ถังรับการขยายตัว 4-1
4.2 ถังเก็บของเหลว 4-2

4.3 เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน **4-3**
4.4 ไส้กรอง **4-6**
4.5 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ และเครื่องอ่านค่าและควบคุมอุณหภูมิของเหลว **4-7**
4.6 มาตรวัดความดันของเหลว **4-10**
4.7 ลิ้นนิรภัย **4-13**
4.8 เครื่องวัดการไหลของของเหลว **4-15**
4.9 ฉนวนกันความร้อน **4-16**
4.10 อุปกรณ์ไล่ก๊าซ **4-25**
4.11 บันไดและทางเดิน **4-25**

บทที่ 5 ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

บทที่ 6 เชื้อเพลิงและการปรับแต่งหัวเผา
6.1 เชื้อเพลิง **6-1**
6.1.1 เชื้อเพลิงแข็ง **6-1**
6.1.2 เชื้อเพลิงเหลว **6-4**
6.1.3 เชื้อเพลิงก๊าซ **6-6**
6.1.4 พลังงานไฟฟ้า **6-8**
6.1.5 คุณสมบัติและค่าความร้อนของเชื้อเพลิง **6-8**
6.2 การเผาไหม้ **6-16**
6.3 หัวเผา **6-19**
6.3.1 หัวเผาเชื้อเพลิงเหลว **6-19**
1) หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน 6-19
2) หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำหรืออากาศ 6-21
3) หัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน 6-22
6.3.2 หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซ **6-24**
6.3.3 การควบคุมหัวเผา **6-26**
1) หัวเผาแบบตัด-ต่อ 6-26
2) หัวเผาแบบไฟมาก-น้อย 6-26
3) หัวเผาแบบไฟมาก-กลาง-น้อย 6-27
4) หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่อง 6-28
6.4 การปรับแต่งหัวเผา **6-30**
6.4.1 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการปรับแต่งหัวเผา **6-30**
6.4.2 การตรวจวัดและการคำนวณที่ใช้ในการปรับแต่งหัวเผา **6-35**
6.4.3 วิธีการปรับแต่งหัวเผา **6-44**
1) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบตัด-ต่อ 6-48

2) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-น้อย 6-49
3) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-กลาง-น้อย 6-54
4) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน 6-54
5) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่อง 6-56
6) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้อากาศหรือไอน้ำ ควบคุมแบบต่อเนื่อง 6-59
7) การปรับแต่งหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน ควบคุมแบบต่อเนื่อง 6-61

6.4.4 การปรับแต่งหัวเผาจากการสังเกตเปลวไฟด้วยตาเปล่า 6-62

6.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบหัวเผาและระบบเชื้อเพลิง 6-63

6.6 การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหัวเผาและระบบเชื้อเพลิง 6-70

6.6.1 ระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง 6-70

6.6.2 ระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว 6-74

6.6.3 ระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ 6-84

ภาคผนวก ก กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

1.1 กฎหมายด้านความปลอดภัย ก-1

1.1.1 กฎหมายด้านความปลอดภัยของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ก-1

1) กฎกระทรวง กำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549 ก-2
2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549 ก-5
3) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549 ก-20
4) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549 ก-26

1.1.2 กฎหมายด้านความปลอดภัยของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน ก-26

1) กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อน้ำ พ.ศ. 2552 ก-26

1.2 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม ก-29

1.2.1กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ก-29

1) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำโรงสีข้าวที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง พ.ศ. 2549 ก-30
2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำของโรงงาน พ.ศ. 2549 ก-34
3) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549 ก-35

1.2.2 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ก-39

1) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อน้ำ พ.ศ. 2548 ก-39
2) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ พ.ศ. 2548 ก-40
3) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ พ.ศ. 2548 ก-41
4) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2549 ก-42

1.3 ระเบียบ เอกสาร และขั้นตอนตามกฎหมายของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ก-46
1.3.1 การขึ้นทะเบียนโรงงานที่มีการใช้หม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ก-46
1.3.2 การตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ก-47
1.3.3 การหยุดใช้งานชั่วคราวและการยกเลิกการใช้งานหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ก-60
1.3.4 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ก-60
1.3.5 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ ก-60
1.3.6 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ก-60
1.3.7 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ก-67
1.3.8 ขั้นตอนการจัดการเอกสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ก-67

ภาคผนวก ข ตารางแปลงหน่วย

บรรณานุกรม

คำนำ

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ในระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและในสถานประกอบการภาคธุรกิจ เนื่องจากการที่หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนทำงานภายใต้อุณหภูมิของเหลวที่สูงมาก ประกอบกับการที่หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนจะสามารถทำงานได้นั้นจำเป็นต้องระบบและอุปกรณ์ข้างเคียงอีกเป็นจำนวนมาก เช่น อุปกรณ์ความปลอดภัย สัญญาณเตือนภัย ระบบหมุนเวียนของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ระบบเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ ระบบการจัดการพลังงาน เป็นต้น ดังนั้นผู้ควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนจึงควรศึกษาหาความรู้ ทำความเข้าใจ และเพิ่มประสบการณ์ในการใช้งาน และการควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลวที่ถูกต้อง เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายแก่ตัวหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบต่างๆ หรืออาจร้ายแรงถึงขั้นเป็นอันตรายต่อชีวิตของผู้ปฏิบัติงานหรืออาจเป็นผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนแต่อยู่บริเวณใกล้เคียง ตลอดจนทรัพย์สินที่อยู่รอบข้างหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ดังนั้น กรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีหน้าที่ควบคุม ดูแลและรับผิดชอบด้านความปลอดภัยในการใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน จึงได้จัดทำคู่มือการใช้งานและดูแลบำรุงรักษาหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเล่มนี้ เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมสามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ต่อโรงงานอุตสาหกรรม โดยเนื้อหาประกอบไปด้วยทั้งหมด 6 บท ได้แก่ บทที่ 1 พื้นฐานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว โดยรายละเอียดของเนื้อหาจะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานและหลักการเบื้องต้นของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว บทที่ 2 การใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน กล่าวถึงขั้นตอนการปฏิบัติในการใช้งาน การเก็บรักษา และการเคลื่อนย้ายหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน บทที่ 3 การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งาน คงสภาพและประสิทธิภาพ และเพื่อความปลอดภัยและการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน บทที่ 4 อุปกรณ์และระบบความปลอดภัยสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐาน หลักการทำงานเบื้องต้น ข้อบังคับ ความเหมาะสมในการใช้งาน ตลอดจนการติดตั้ง การใช้งาน การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษา ของอุปกรณ์และระบบความปลอดภัยตามที่ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549 กำหนดไว้ บทที่ 5 ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน กล่าวถึงคุณสมบัติของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน บทที่ 6 เชื้อเพลิงและการปรับแต่งหัวเผา กล่าวถึงเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการเผาไหม้ หัวเผา การปรับแต่งหัวเผา ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบหัวเผาและระบบเชื้อเพลิง และการตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหัวเผาและระบบเชื้อเพลิง นอกจากนี้ตอนท้ายของคู่มือเล่มนี้ยังได้กล่าวถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและสิ่งแวดล้อม ระเบียบเอกสาร และขั้นตอนตามกฎหมายของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนแบบฟอร์มเอกสารประกอบการตรวจสอบและขึ้นทะเบียนต่างๆ ที่อยู่ภายใต้การควบคุมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

บทที่ 1
พื้นฐานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน (Thermal oil boiler or heater) หรือที่นิยมเรียกกันว่า หม้อต้มน้ำมันร้อน (Hot oil boiler) เป็นอุปกรณ์นำความร้อนที่อาศัยน้ำมัน (Thermal oil) ที่มีอุณหภูมิสูงเป็นสื่อนำความร้อนจากหม้อต้มน้ำมันร้อน น้ำมันที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนจะไหลผ่านท่อซึ่งขดเป็นวง (Heating coil) อยู่ภายในหม้อต้มน้ำมันร้อน วัสดุที่ใช้ทำขดท่อต้องทนอุณหภูมิได้สูงเกินกว่า 350 °C และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี ขนาดของท่อน้ำมันต้องออกแบบให้เหมาะสมกับปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้งานและผ่านการทดสอบความปลอดภัย

โครงสร้างภายนอกทั่วไปของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนจะเหมือนกับหม้อน้ำมาก โดยจะมีจุดแตกต่างหรือข้อสังเกต คือ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนใช้เกจวัดอุณหภูมิกับเกจวัดความดันคู่กัน ส่วนหม้อน้ำจะใช้เกจวัดความดันเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีรายละเอียดปลีกย่อยที่สามารถบ่งบอกความแตกต่างได้ แต่ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญและประสบการณ์

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและหม้อน้ำต่างก็มีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกัน ดังนั้น การจะเลือกใช้เครื่องจักรชนิดใดควรจะพิจารณาความเหมาะสมหลายๆ ด้าน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเพื่อเป็นข้อมูลดังนี้

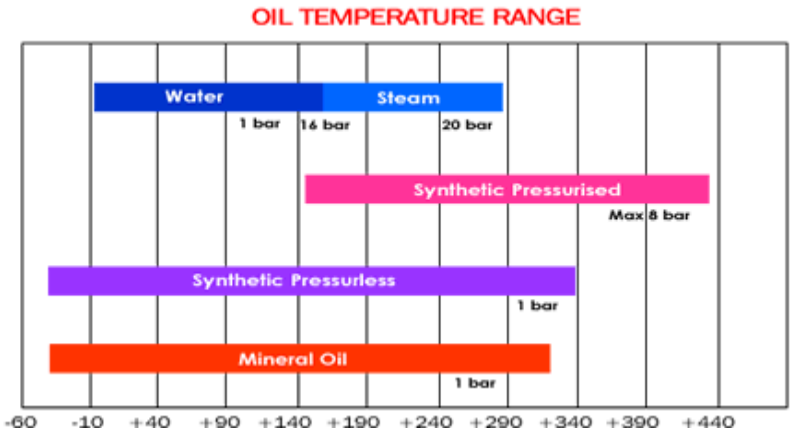
ข้อดีของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่

- อันตรายจากการระเบิดน้อยกว่า
- สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูง แต่ความดันต่ำ ซึ่งหากเทียบกับการใช้ไอน้ำที่ผลิตจากหม้อน้ำพบว่าไอน้ำต้องมีความดันสูงกว่ามาก จึงจะมีอุณหภูมิใช้งานที่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 1-1
- ไม่จำเป็นต้องมีระบบปรับคุณภาพน้ำ
- อุณหภูมิคงที่สม่ำเสมอขณะใช้งาน
- ความสิ้นเปลืองขณะเดินเครื่องน้อยกว่า
- ไม่มีปัญหาเรื่องการกัดกร่อน หรือการเกิดสนิม
- ใช้งานง่าย สะดวก และรวดเร็ว
- ราคาค่าก่อสร้างทั้งระบบถูกกว่า

ส่วนข้อเสียของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่

- ราคาน้ำมันในระบบ (Thermal oil) แพงและต้องเปลี่ยนทุก 3-5 ปี
- ค่าการถ่ายเทความร้อนของน้ำมันต่ำกว่าไอน้ำ ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าไอน้ำ
- มีโอกาสเกิดเพลิงไหม้สูง หากมีการรั่วซึมของน้ำมันในระบบ
- การซ่อมแซมระบบท่อ ทำได้ยาก

- ต้องมีการตรวจสอบสภาพน้ำมันในระบบ ณ ห้องปฏิบัติการ ทุก 6 เดือน
- มีข้อจำกัดในการใช้งานมากกว่า



รูปที่ 1-1 อุณหภูมิใช้งานของไอน้ำและของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

1.1 ประเภทของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว

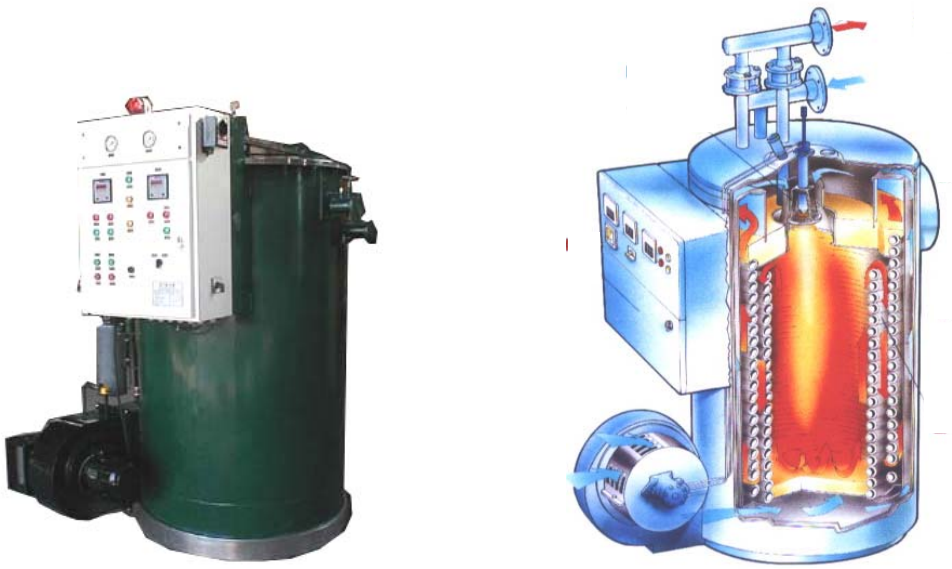
หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรมสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างภายนอกได้ 2 แบบคือ แบบตั้ง (Vertical type) ดังรูปที่ 1-2 และแบบนอน (Horizontal type) ดังรูปที่ 1-3 ให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของสถานที่ติดตั้งและการใช้งาน ส่วนระบบหมุนเวียนของเหลวสามารถแบ่งเป็น 2 ระบบ ดังนี้

1) ระบบเปิด

ระบบเปิด (Open circuit system) เป็นระบบหมุนเวียนของเหลวที่น้ำมันในระบบมีโอกาสสัมผัสโดยตรงกับอากาศที่บริเวณถังรับการขยายตัว (Expansion tank) ซึ่งจะมีผลทำให้น้ำมัน (Thermal oil) มีอายุการใช้งานสั้นเนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะละลายลงไปผสมในเนื้อน้ำมันทำให้น้ำมันเสื่อมสภาพ โดยทั่วไประบบหมุนเวียนของเหลวแบบระบบเปิดเหมาะจะใช้งานที่อุณหภูมิน้ำมันไม่เกิน 200 °C ปัญหาของการใช้ระบบเปิด คือ น้ำมันร้อนจะเสื่อมสภาพเร็ว โดยเฉพาะเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง และมีการสูญเสียน้ำมันเนื่องจากการระเหยตัว โรงงานทั่วไปนิยมใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลวแบบระบบเปิดเนื่องจากการสร้างทำได้ง่าย และราคาถูก

2) ระบบปิด

ระบบปิด (Close circuit system) เป็นระบบหมุนเวียนของเหลวที่น้ำมันร้อนในระบบไม่มีโอกาสสัมผัสโดยตรงกับอากาศ เพราะจะถูกปกคลุมหรือซีลปิดด้วยก๊าซเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือน้ำมันเย็น จึงทำให้ออกซิเจนในอากาศไม่สามารถละลายลงไปผสมในเนื้อน้ำมันได้ และทำให้น้ำมันภายในระบบมีความดันสูงกว่าบรรยากาศปกติเล็กน้อย ซึ่งจะมีผลทำให้น้ำมันมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าระบบเปิด นอกจากนี้ระบบหมุนเวียนของเหลวแบบระบบปิดยังสามารถใช้งานที่อุณหภูมิน้ำมันสูงถึง 300 °C ส่วนใหญ่หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลวแบบระบบปิดจะสร้างโดยบริษัทต่างประเทศ



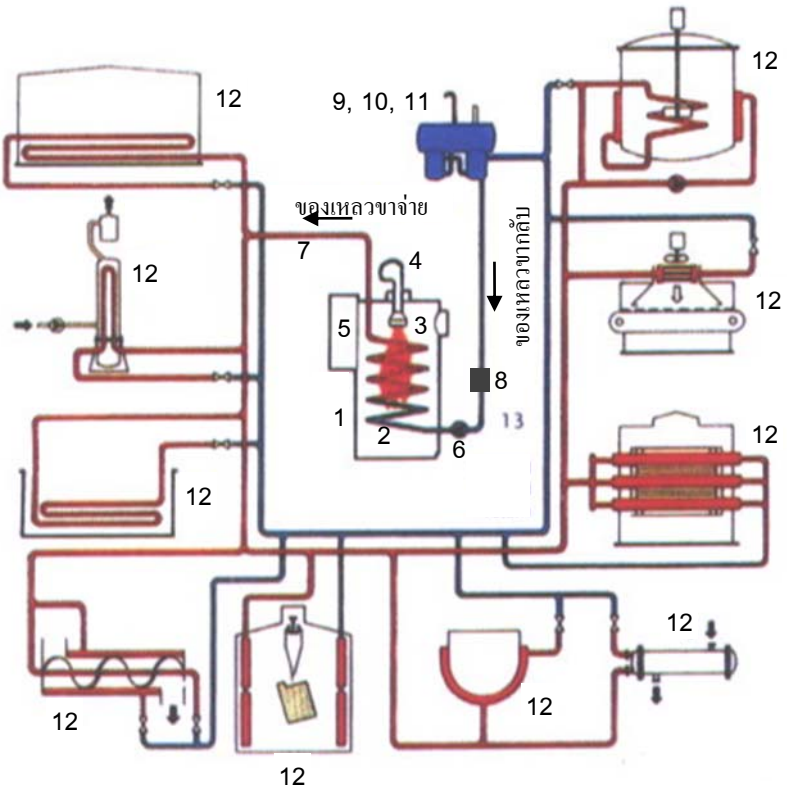
รูปที่ 1-2 หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนแบบตั้ง

รูปที่ 1-3 หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนแบบนอน

1.2 หลักการทำงานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว

ภายในหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ว่างของห้องเผาไหม้ โดยมีหัวเผา (Burner) ทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงและอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการสันดาปอย่างสมบูรณ์ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการสันดาปจะถ่ายเทสู่ของเหลวซึ่งเป็นสื่อความร้อน เช่น น้ำมันที่ไหลอยู่ภายในขดท่อน้ำมัน (Heating coil) ซึ่งติดตั้งอยู่รอบบริเวณห้องเผาไหม้ ทำให้น้ำมันภายในขดท่อได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนทำงาน (Circulating pump) น้ำมันในขดท่อจะถูกพาให้เคลื่อนที่ออกจากหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนไปสู่ระบบท่อภายนอกหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

จากนั้นน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิน้ำมันลดลงประมาณ 30-50 °C ขึ้นอยู่กับการออกแบบ จากนั้นน้ำมันจะถูกส่งไปที่ถังไล่อากาศ (Deaerator) เพื่อไล่ฟองอากาศที่อาจปนอยู่แล้วส่งไปยังถังรับการขยายตัว (Expansion tank) เพื่อรองรับการขยายตัวของน้ำมันที่อุณหภูมิสูง (ในบางแบบถังไล่อากาศและถังรับการขยายตัวจะอยู่ในชุดเดียวกัน) ปกติถังไล่อากาศและถังรองรับการขยายตัวจะติดตั้งไว้สูงกว่าระดับสูงสุดของระบบท่อน้ำมัน ส่วนน้ำมันที่ออกจากถังรองรับการขยายตัวจะถูกส่งไปยังไส้กรอง (Strainer) เพื่อดักจับสิ่งสกปรก จากนั้นจะถูกดูดเข้าเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนเพื่อส่งต่อไปยังหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเพื่อรับความร้อนอีกครั้ง โดยระบบจะทำงานเป็นวงจรเช่นนี้ตลอดเวลา ซึ่งจะเห็นว่าระบบการทำงานไม่ยุ่งยากซับซ้อนมาก แต่ความจริงแล้วระบบการทำงานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ดีจะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานอีกหลายชนิดเพื่อให้การทำงานถูกต้อง แผนผังวงจรการทำงานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว แสดงดังรูปที่ 1-4

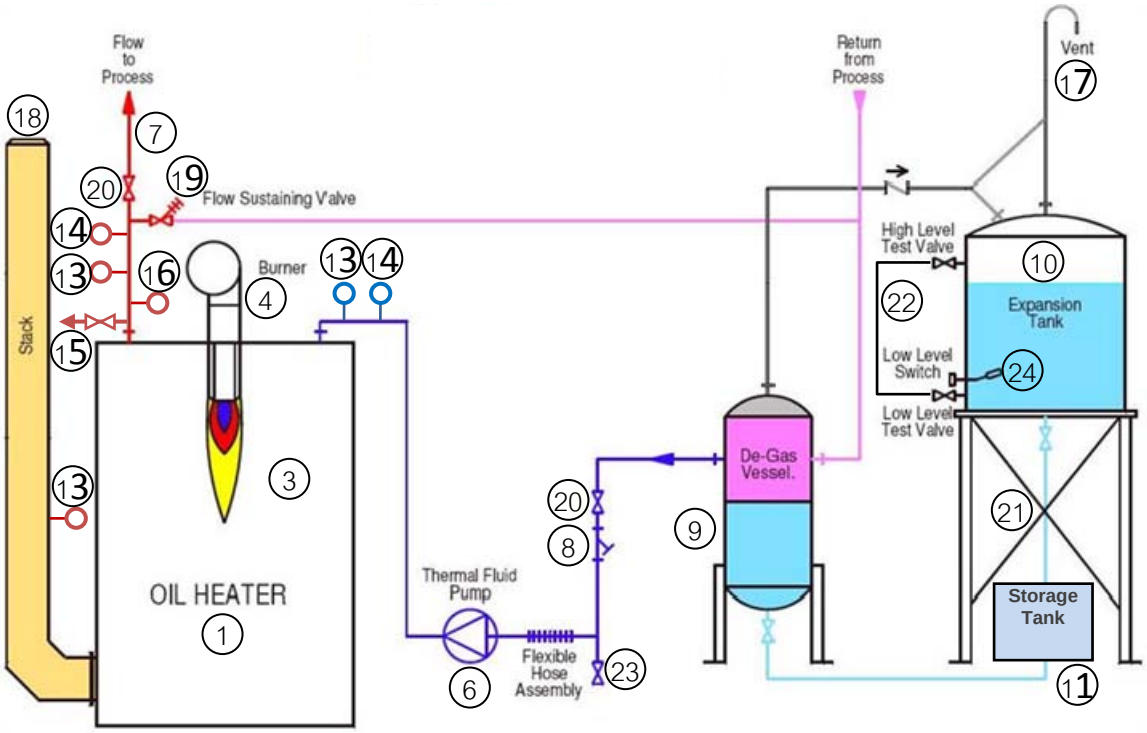


รายการอุปกรณ์		
1-หม้อต้มฯ	5-ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า	9-ถังไล่อากาศ
2-ขดท่อน้ำมัน	6-เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน	10-ถังรับการขยายตัว
3-ห้องเผาไหม้	7-ท่อหมุนเวียนของเหลว	11-ถังเก็บของเหลว
4-หัวเผา	8-ไส้กรอง	12-อุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน

รูปที่ 1-4 วงจรการทำงานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว

1.3 อุปกรณ์ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว

รูปที่ 1-4 และ 1-5 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว สามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1-5 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว

1) หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน (Hot oil boiler) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 1) จะมีท่อขดน้ำมัน (Heating coil) (รูปที่ 1-4 หมายเลข 2 และรูปที่ 1-6) ติดตั้งอยู่ภายในเปลือกของหม้อต้มฯ ซึ่งเป็นบริเวณของห้องเผาไหม้ (Combustion chamber or furnace) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 3) ภายนอกหุ้มทับด้วยฉนวนกันความร้อน วัสดุที่ใช้ทำขดท่อน้ำมันจะต้องสามารถทนอุณหภูมิได้สูงประมาณ 350 $^{\circ}$C และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี ขนาดของขดท่อน้ำมันต้องออกแบบให้เหมาะสมกับปริมาณความร้อนที่ต้องการ และเมื่อติดตั้งสร้างเสร็จต้องตรวจทดสอบความปลอดภัยขดท่อนั้น โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนอัดที่ความดันประมาณ 1.3-1.5 เท่าของความดันออกแบบ แล้วใช้น้ำสบู่ตรวจสอบเพื่อหารอยรั่ว

2) หัวเผา

หัวเผา (Burner) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 4) หรือระบบป้อนเชื้อเพลิง คืออุปกรณ์ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง และควบคุมการเผาไหม้ ส่วนใหญ่ทำงานโดยอัตโนมัติควบคู่กับระบบควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน เช่น น้ำมัน และระบบควบคุมปริมาณลมเข้าห้องเผาไหม้

รูปที่ 1-6 ท่อขดน้ำมัน

3) ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (Control panel) (รูปที่ 1-4 หมายเลข 5) เป็นศูนย์กลางการควบคุมอุปกรณ์ความปลอดภัยและอุปกรณ์ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนทั้งหมด

4) ห้องเผาไหม้

ห้องเผาไหม้ (Combustion chamber or furnace) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 3) เป็นบริเวณที่เชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ ก่อให้เกิดพลังงานความร้อน กรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว จะใช้หัวฉีดเป็นตัวควบคุมความร้อนทั่วไป ห้องเผาไหม้แบบนี้มักจะอยู่ภายในหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน แต่ถ้าใช้เชื้อเพลิงแข็ง ห้องเผาไหม้มักจะแยกออกจากตัวหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ความร้อนจากการเผาไหม้จะดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับการออกแบบเตาให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงต่างละชนิด

5) เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน

เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน (Circulating pump) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 6 และรูปที่ 1-7) มีหน้าที่ส่งของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนหรือน้ำมันให้หมุนเวียนในระบบอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือจะทำหน้าที่ส่งน้ำมันจากหม้อต้มฯ ไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน หรือแลกเปลี่ยนความร้อน จากนั้นก็จะนำน้ำมันที่ผ่านการถ่ายเทความร้อนแล้ววนกลับไปรับความร้อนใหม่ ดังนั้นเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนต้องมีอัตราการไหล (Flow rate) และความดัน (Discharge head) ที่เหมาะสม และสามารถเอาชนะความเสียดทาน (Friction loss) รวมที่เกิดขึ้นภายในท่อและอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อนทั้งหมดในวงจรได้

6) ท่อหมุนเวียนของเหลว

ระบบท่อหมุนเวียนของเหลว (Circulating pipe system) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 7) ทำหน้าที่ส่งน้ำมันร้อนจากขดท่อน้ำมันไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อนหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและส่วนอื่นๆ ของระบบ ท่อหมุนเวียนของเหลวจะต้องทนความร้อนได้ดี จะต้องมีจุดรองรับท่อเป็นระยะ จะต้องคำนึงถึงการขยายของท่อ หน้าแปลนที่ยึดท่อแต่ละท่อนต้องยึดแน่นโดยมีปะเก็นกันรั่วทุกจุด ระบบท่อหมุนเวียนของเหลวเมื่อติดตั้งเสร็จแล้วต้องมีการตรวจสอบการรั่วซึมและความปลอดภัยโดยการอัดอากาศด้วยความดัน 30 psi เข้าไปในระบบแล้วใช้น้ำสบู่ตรวจดูการรั่วซึม

รูปที่ 1-7 เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน

7) ไส้กรอง

ไส้กรอง (Strainer) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 8 และรูปที่ 1-8) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและตะกอนน้ำมันที่อยู่ในระบบท่อหมุนเวียนของเหลว โดยต้องติดตั้งไส้กรองที่ท่อทางดูดของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน โดยมีขนาดไม่เล็กกว่าท่อหมุนเวียนของเหลว

รูปที่ 1-8 ไส้กรอง

8) ถังไล่อากาศ

ถังไล่อากาศ (Deaerator) หรือถังไล่ลม (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 9) มีหน้าที่ไล่ลมหรือฟองอากาศที่ผสมกับน้ำมันร้อนในระบบออกไป ถ้าฟองอากาศผสมอยู่กับน้ำมันมากเกินไปจะมีผลให้ประสิทธิภาพในการรับและถ่ายเทความร้อนของน้ำมันลดลง

9) ถังรับการขยายตัว

ถังรับการขยายตัว (Expansion tank) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 10 และรูปที่ 1-9) ทำหน้าที่รองรับการขยายตัวของน้ำมันร้อนในระบบเมื่อน้ำมันอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อน้ำมันอุณหภูมิลดลง น้ำมันในถังรับการขยายตัวจะไหลออกมาเติมทำให้ระบบมีน้ำมันเต็มตลอดเวลา โดยทั่วไปเมื่อได้รับความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิใช้งานที่ 300 °C น้ำมันในระบบจะขยายตัวทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นประมาณ 20% ถังรับการ

ขยายตัวจะต้องติดตั้งให้สูงกว่าระบบท่อน้ำมันร้อนเสมอ นอกจากนี้ถังจะต้องมีความจุเพียงพอที่จะรองรับการขยายตัวของน้ำมันร้อนได้ทั้งหมด

รูปที่ 1-9 ถังรับการขยายตัว

10) ถังเก็บของเหลว

ถังเก็บของเหลว (Storage tank or drain tank) (รูปที่ 1-4 และ 1-5 หมายเลข 11) มีหน้าที่รองรับน้ำมันที่ล้นจากถังรับการขยายตัว ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่น้ำมันร้อนในระบบได้รับความร้อนสูงผิดปกติทำให้เกิดการขยายตัวมากจนล้นถังออกมา และยังมีหน้าที่ถ่ายน้ำมันร้อนออกจากระบบมาเก็บสำรองไว้ในกรณีมีการซ่อมบำรุงระบบ

11) อุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน

อุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) (รูปที่ 1-4 หมายเลข 12) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับความร้อนจากน้ำมันร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนต่อไปยังผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความร้อน เช่น เครื่องอบปลา เตารีด คอยล์ต้มน้ำ เป็นต้น

12) อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ

อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature sensor) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 13) ทำหน้าที่อ่านค่าและควบคุมอุณหภูมิของเหลว (Temperature indicator and controller) ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่ท่อทางเข้าและออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และที่ปล่องไอเสีย

13) มาตรวัดความดันของเหลว

มาตรวัดความดันของเหลว (Pressure indicator or pressure gauge) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 14) ต้องติดตั้งที่ท่อทางเข้าและท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยมาตรวัดความดันต้องอ่านค่าได้อย่างน้อย 1.5 เท่าของความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด และต้องติดตั้งที่ท่อทางดูดระหว่างเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนกับไส้กรอง โดยมาตรวัดความดันต้องอ่านค่าได้ทั้งค่าความดันและค่าสุญญากาศ

14) ลิ้นนิรภัย

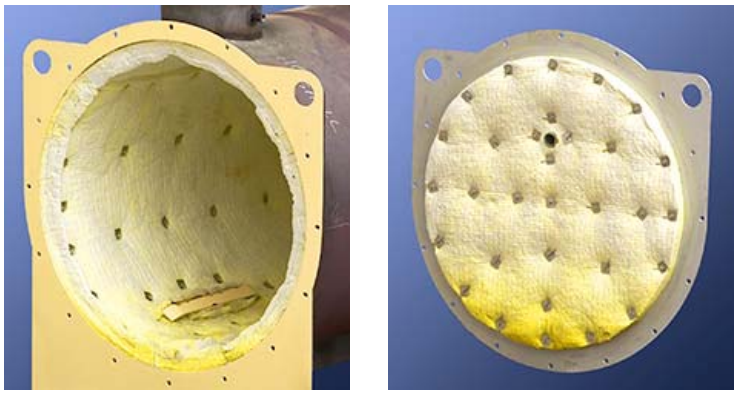
ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนที่ท่อทางเข้าของหม้อต้มน้ำมันร้อน ต้องติดตั้งลิ้นนิรภัย (Safety relief valve) ที่ท่อทางออกของหม้อต้มน้ำมันร้อน (รูปที่ 1-5 หมายเลข 15) และต้องต่อท่อทางออกของลิ้นนิรภัยเข้าสู่ถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว รวมทั้งต้องไม่มีลิ้นปิดเปิดที่ท่อทางเข้าและออกของลิ้นนิรภัย และการติดตั้งลิ้นนิรภัยอยู่ในระดับที่สูงกว่าถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว

15) เครื่องวัดการไหลของของเหลว

เครื่องวัดการไหลของของเหลว (Flow meter) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 16) ต้องติดตั้งที่ท่อทางออกของท่อรับความร้อนทุกท่อของหม้อต้มน้ำมันร้อน

16) ฉนวนกันความร้อน

ฉนวนกันความร้อน (Insulation) ต้องจัดให้มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ตัวหม้อต้มน้ำมันร้อน ท่อส่งของเหลว และอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอุณหภูมิเกินกว่า 85 °C โดยอุณหภูมิของผิวฉนวนต้องไม่สูงกว่า 60 °C ในขณะที่ใช้งานหม้อต้มน้ำร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1-10



รูปที่ 1-10 ฉนวนกันความร้อน

17) อุปกรณ์ไล่ก๊าซ

ทำหน้าที่เปิดไล่อากาศระหว่างที่มีการเตรียมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน เพื่อให้อากาศหมดไปจากของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่อยู่ในระบบ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ไล่ก๊าซ (Air venting) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 17 และรูปที่ 1-11) ที่ระบบท่อในบริเวณที่มีก๊าซสะสม

รูปที่ 1-11 อุปกรณ์ไล่ก๊าซ

18) บันไดและทางเดิน

ต้องติดตั้งบันไดและทางเดินพร้อมราวจับและขอบกันตกสำหรับหม้อต้มน้ำมันร้อน หรือถังรับการขยายตัวที่มีความสูงเกิน 3 เมตร

19) ฝานิรภัย

ฝานิรภัย (Access door) มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับฝานิรภัยที่ใช้ในหม้อน้ำ กล่าวคือเมื่อมีก๊าซเชื้อเพลิงตกค้างสะสมอยู่ในห้องเตาเผาไหม้มาก จนทำให้เกิดการระเบิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ฝานิรภัยจะทำหน้าที่ระบายความดันจากการระเบิดออกนอกห้องเผาไหม้ เพื่อป้องกันความเสียหายของโครงสร้างและอุปกรณ์ ฉะนั้นหม้อต้มน้ำมันร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ควรติดตั้งฝานิรภัยเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

20) ปล่องไอเสีย

ปล่องไอเสีย (Chimney or stack) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 18) ทำหน้าที่ระบายไอเสียจากห้องเผาไหม้สู่บรรยากาศ

21) ปั๊มเติมน้ำมันร้อน

ปั๊มเติมน้ำมันร้อน (Filling pump) ทำหน้าที่เติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่ และใช้เติมเมื่อของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบขาดหายไป

22) วาล์วบายพาส

วาล์วบายพาส (By-pass valve) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 19 และรูปที่ 1-12) ทำหน้าที่ปรับแต่งปริมาณการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบให้เหมาะสม

รูปที่ 1-12 วาล์วบายพาส

23) วาล์วสามทาง

วาล์วสามทาง (Three-way valve) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ

24) วาล์วเปิดปิด

วาล์วเปิดปิด (Stop valve) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 20) ทำหน้าที่เปิดและปิดกั้นการไหลของน้ำมันในระบบ

25) วาล์วระบายอากาศและก๊าซ

วาล์วระบายอากาศและก๊าซ (Heating up valve) ทำหน้าที่เปิดให้อากาศและก๊าซขึ้นไประบายออกบนถังรับการขยายตัวในระหว่างการระบายอากาศออกจากระบบ

26) ท่อให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนขยายตัว

ท่อให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนขยายตัว (Expansion line) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 21) คือ ท่อที่ให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่ขยายตัวจากระบบท่อจะไหลผ่านไปเก็บบนถังรับการขยายตัวของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

27) ท่อน้ำมันล้น

ท่อน้ำมันล้น (Over flow line) ทำหน้าที่ระบายของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่ขยายตัวมากเกินปรกติในถังรับการขยายตัว ให้ระบายออกมายังถังเก็บของเหลว

28) ท่อตรวจระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

ท่อตรวจระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Oil check line) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 22) ใช้สำหรับตรวจสอบการเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนก่อนการอุ่น ว่าของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเต็มระบบหรือไม่ ท่อนี้ติดตั้งอยู่ที่ถังรับการขยายตัว

29) วาล์วเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

วาล์วเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Oil filing valve) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 23) ใช้เพื่อเปิดเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเข้าสู่ระบบ ต้องปิดให้สนิทในขณะเดินระบบใช้งาน

1.4 ระบบควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนจำเป็นต้องมีระบบควบคุม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดต่อชีวิตและทรัพย์สินรวมทั้งตัวหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เพื่อเพิ่มความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ลดความเสี่ยงในด้านความเสียหายต่ออุปกรณ์ รักษาอุปกรณ์ในมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากยิ่งขึ้น และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานตลอดจนช่วยเพิ่มการประหยัดพลังงานได้ ระบบควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนแบ่งเป็น 4 ระบบย่อย ดังนี้

1) ระบบรักษาความปลอดภัย

ระบบรักษาความปลอดภัย (Safety control system) ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

(ก) ลูกลอยรักษาระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

ลูกลอยรักษาระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Level switch) (รูปที่ 1-5 หมายเลข 24) ทำหน้าที่ป้องกันของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบลดลง หรือมีปริมาณไม่เพียงพอ โดยจะติดตั้งไว้ในถังรับการขยายตัว

(ข) สวิตช์จำกัดอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

สวิตช์จำกัดอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Safety thermostat) ใช้เพื่อป้องกันของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนด้านขาออกหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน

(ค) สวิตช์จำกัดอุณหภูมิไอเสีย

สวิตช์จำกัดอุณหภูมิไอเสีย (Flue gas safety thermostat) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อุณหภูมิไอเสียที่ปล่องไอเสียมีค่าสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ตามกฎหมาย หากอุณหภูมิไอเสียสูงมากกว่าปรกติแสดงว่าอาจเกิดความผิดปรกติในการถ่ายเทความร้อนจากห้องเผาไหม้ไปยังของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในท่อขดน้ำมัน (Heating coil)

(ค) สวิตช์ความดันแตกต่าง

สวิตช์ความดันแตกต่าง (Differential pressure switch) ทำหน้าที่ตรวจสอบและป้องกันไม่ให้อัตราการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

2) ระบบควบคุมอุณหภูมิของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ระบบควบคุมอุณหภูมิของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน (Temperature control system) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนจากหม้อต้มฯ ให้อยู่ในระดับที่ต้องการใช้งานตลอดเวลา โดยจะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปบังคับมอเตอร์ (Servomotor) ให้เร่งหรือหรี่หัวเผา เช่น ถ้าอุณหภูมิสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปยังระบบควบคุมการทำงานของหัวเผาเพื่อสั่งให้ปิดหัวเผา

3) ระบบควบคุมการทำงานของหัวเผา

ระบบควบคุมการทำงานของหัวเผา (Burner control system) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของหัวเผาให้สอดคล้องกับอุณหภูมิของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่ต้องการ และมีขั้นตอนในการทำงานที่ถูกต้อง ระบบควบคุมการทำงานของหัวเผาต้องทำงานร่วมกับระบบควบคุมอุณหภูมิของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน ระบบควบคุมเชื้อเพลิง และระบบรักษาความปลอดภัย รายละเอียดของระบบควบคุมการทำงานของหัวเผาจะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 6

4) ระบบควบคุมเชื้อเพลิง

ระบบควบคุมเชื้อเพลิง (Fuel oil control system) ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

(ก) ขดลวดไฟฟ้าอุ่นเชื้อเพลิง

ขดลวดไฟฟ้าอุ่นเชื้อเพลิง (Fuel oil preheater) ทำหน้าที่อุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนืดสูง ให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นก่อนจ่ายเข้าสู่หัวเผา เพื่อลดความหนืดลงให้เหมาะสมกับหัวเผาแบบต่างๆ

(ข) ปั๊มส่งเชื้อเพลิง

ปั๊มส่งเชื้อเพลิง (Fuel oil transfer pump) ทำหน้าที่ส่งจ่ายและควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนให้หัวเผาให้เหมาะสม

(ค) ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง

ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil filter) ใช้แยกสิ่งสกปรกหรือโคลนออกจากน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อไม่ให้เล็ดลอดเข้าไปทำความเสียหายแก่หัวเผา

บทที่ 2
การใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

โรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทที่ต้องการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตโดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ไอน้ำเป็นสื่อนำความร้อน แต่หากต้องการใช้อุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ไอน้ำจะมีข้อจำกัดเรื่องความดันที่แปรผันตรงกับอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว กล่าวคือ ถ้าต้องการใช้อุณหภูมิสูง ความดันไอน้ำก็ต้องสูง และเมื่อใช้ไอน้ำภายใต้ความดันสูง ตัวหม้อน้ำและอุปกรณ์ที่ใช้กับไอน้ำก็ต้องออกแบบให้ทนความดันสูงไปด้วย ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ต้องสูงตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีการนำหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือหม้อต้มน้ำมันร้อนมาใช้แทน ซึ่งสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ โดยความดันในระบบต่ำกว่าหม้อน้ำมาก โดยสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้กว่า 350 °C จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานปลาป่น โรงงานแป้ง โรงอบไม้ เป็นต้น

แม้ว่าหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลวมีความดันน้อยกว่าระบบไอน้ำอยู่มาก แต่เนื่องจากของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนซึ่งหมุนเวียนถ่ายเทความร้อนนั้นมีอุณหภูมิที่สูงมาก ดังนั้นหากใช้งานโดยปราศจากความรู้ ความเข้าใจ ทักษะในปฏิบัติงาน ก็อาจเกิดอันตรายแก่ชีวิตและทรัพย์สินที่อยู่รอบข้างหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนได้เทียบเท่าเช่นเดียวกับระบบไอน้ำ

2.1 การเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

การเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเข้าในระบบ ควรระวังเรื่องน้ำหรือสิ่งสกปรกที่อาจหลุดเข้าไปปะปนได้ และควรปฏิบัติให้ถูกต้องตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(ก) ควรเปิดปลั๊กอุดและวาล์วต่างๆ ในระบบให้ถูกต้อง

- เปิดปลั๊กอุดบนถังรับการขยายตัว
- เปิดปลั๊กอุดบนถังเก็บของเหลว
- เปิดวาล์วที่ท่อตรวจระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่ถังรับการขยายตัว
- เปิดอุปกรณ์ไล่ก๊าซ (Air venting) ทุกจุด โดยการคลายสกรูออกให้หลวม
- เปิดวาล์วประธาน (Main valve) วาล์วบายพาส และวาล์วเปิดปิด ที่ตัวอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน
- เปิดวาล์วระบายอากาศ (Heating up valve) บนถังไล่อากาศ
- ตรวจสอบปั๊มเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน และเปิดวาล์วให้ทิศทางการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนไหลเข้าสู่ระบบอย่างถูกต้อง เนื่องจากปั๊มเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนได้ออกแบบให้ใช้งานได้ทั้งในการเติมของเหลวเข้าและดูดของเหลวออกจากระบบ ดังนั้นจึงควรตรวจสอบทิศทางการเปิดวาล์วให้ถูกต้อง ก่อนการใช้งานทุกครั้ง

(ข) ทำการไล่อากาศ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เริ่มเปิดปั๊มเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน เมื่อเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนจนเต็มระบบ จะสังเกตได้ว่ามีของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนล้นออกมาจากอุปกรณ์ไล่อากาศ ให้ปิดอุปกรณ์ไล่อากาศและเติมน้ำมันต่อไปจนกว่าของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนจะล้นลงมาทางท่อตรวจระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในถังรับการขยายตัว ซึ่งถือว่าของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเต็มระบบแล้ว จากนั้นให้ทำการปิดวาล์วท่อตรวจระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน และหยุดปั๊มเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน
- เปิดเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน ให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบเกิดการหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง คอยสังเกตดูความผิดปรกติที่อาจเกิดขึ้นจากอากาศที่ตกค้างอยู่ในระบบโดยสังเกตจาก
  - เกจวัดความดันที่ด้านขาออกของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน หากยังมีอากาศตกค้างอยู่ เข็มของเกจวัดจะแกว่งไปมา เนื่องจากความดันไม่คงที่ หรือมีความดันต่ำมากกว่าปรกติ (ความดันปรกติประมาณ 4 บาร์) หรือสังเกตได้จากเสียงที่ดังผิดปรกติ คล้ายกับการดูดของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนไม่เข้า เนื่องจากมีอากาศขังอยู่ในตัวเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน
  - สัญญาณไฟเตือนของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนมีระดับต่ำ ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า เกิดขึ้นเนื่องจากอากาศถูกระบายออกไปทางอุปกรณ์ไล่ก๊าซและวาล์วระบายอากาศ ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในถังรับการขยายตัวจึงไหลลงมาแทนที่ปริมาตรอากาศส่วนที่ถูกระบายออกไป ดังนั้นจึงต้องคอยเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนจนกว่าไฟสัญญาณเตือนจะดับลง
- ต้องเดินเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนจนกระทั่งแน่ใจได้ว่าไม่มีอากาศตกค้างอยู่ในระบบจึงจะสามารถเริ่มปฏิบัติในขั้นตอนต่อไปได้

(ค) ทำการอุ่นของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน โดยเริ่มจุดหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนพร้อมกับไล่อากาศตามอุปกรณ์ไล่ก๊าซเป็นระยะๆ เมื่ออุณหภูมิถึงจุดเดือดของน้ำ (100 °C) น้ำจะระเหยออกจากระบบทางปลั๊กอุดของถังรับการขยายตัวที่เปิดไว้ ควรควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ประมาณ 100-150 °C จนกว่าจะไล่อากาศและน้ำออกไปจนหมด ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง หรือมากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่ปนอยู่ในของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน และความซับซ้อนของระบบ

(ง) ในขณะอุ่นของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน ควรระวังเรื่องความดันผิดปรกติและปริมาณของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบน้อย หากเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น ให้ชะลอการเพิ่มอุณหภูมิจนกว่าจะหาสาเหตุและแก้ไขปัญหาให้สิ้นไปก่อน โดยการดำเนินการตามข้อ (ข)

(จ) หากไม่เกิดความผิดปรกติดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นได้เรื่อยๆ โดยเพิ่มอย่างช้าๆ จนกว่าจะถึงระดับอุณหภูมิใช้งาน

(ฉ) เมื่อถึงอุณหภูมิใช้งาน ให้คงอุณหภูมิไว้สักระยะหนึ่ง จนกว่าจะแน่ใจว่าไม่เกิดอาการผิดปรกติอีก แล้วจึงทำการปิดปลั๊กอุดทุกจุดให้แน่น และปิดวาล์วระบายอากาศให้เรียบร้อย จึงจะถือว่าเป็นการสิ้นสุดขั้นตอนการอุ่นของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการใช้งานต่อไป

2.2 ปัญหาและการป้องกันอันตรายการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ซื้อมาจากต่างประเทศ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันเตา การออกแบบด้านความปลอดภัยของระบบการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ทำให้ปัญหาและอันตรายไม่ค่อยจะเกิดขึ้น ส่วนหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่สร้างขึ้นภายในประเทศมักออกแบบให้ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เช่น แกลบ ขี้เลื่อย และฟืน ผู้สร้างส่วนใหญ่ยังขาดประสบการณ์และความรู้เกี่ยวกับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน อีกทั้งยังขาดความตระหนักด้านความปลอดภัยเมื่อมีการนำไปใช้งาน จึงมีอุบัติเหตุเพลิงไหม้เสมอ ปัญหาและอันตรายที่อาจเกิดจากการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่สร้างขึ้นในประเทศมีหลายอย่าง ในที่นี้ได้รวบรวมไว้บางส่วน พร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงสาเหตุ วิธีป้องกันและแก้ไข ปัญหาในการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังแสดงในตารางที่ 2-1 และได้รวบรวมสาเหตุ วิธีป้องกันและแก้ไข ความผิดปรกติของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-1 สาเหตุ วิธีป้องกันและแก้ไข ปัญหาในการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ลำดับ	ปัญหา	สาเหตุ	วิธีป้องกันและแก้ไข
1	ความดันน้ำมันในระบบสูงหรือต่ำกว่าที่ใช้งานปกติ	- ระบบท่อน้ำมันอุดตัน	- ต้องล้างทำความสะอาดระบบท่อน้ำมันด้วยน้ำยาเคมี - ติดตั้งลิ้นนิรภัยพร้อมปรับตั้งความดันให้เหมาะสม
		- ไส้กรองน้ำมันอุดตัน	- ทำความสะอาดไส้กรองน้ำมันอย่างสม่ำเสมอ
		- มีการรั่วของน้ำมันในระบบ	- ตรวจสอบการรั่วของระบบท่อน้ำมัน - ตรวจสอบการทำงานของเครื่องสูบหมุนเวียนของเหลว
2	การไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนหยุดลงกะทันหัน	- เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนทำงานผิดปรกติ	- ตรวจสอบใบพัดของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน ข้อต่อมอเตอร์ และตลับลูกปืน ถ้าอุปกรณ์เสียหาย ควรเปลี่ยนใหม่ทันที
		- วาล์วยังไม่ได้เปิด	- ทำการเปิดวาล์ว
		- เกิดการรั่วซึมภายในระบบ	- ทำการซ่อมโดยผู้ชำนาญการที่ได้รับการอบรม

ลำดับ	ปัญหา	สาเหตุ	วิธีป้องกันและแก้ไข
3	ขดท่อน้ำมัน ที่อยู่ในหม้อต้มน้ำมันร้อนรั่ว แตก ยุบตัว (อาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้)	- วัสดุที่ใช้ทำท่อขดน้ำมันไม่ได้มาตรฐาน - การออกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม - มีสิ่งสกปรกจับภายในขดท่อน้ำมัน - ขดท่อน้ำมันหมดอายุการใช้งาน	- ใช้ท่อขดน้ำมันที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ - ใช้วิศวกรออกแบบการติดตั้งขดท่อน้ำมัน - ใช้น้ำยาเคมีล้างขอท่อน้ำมัน - ตรวจสอบทุกเดือนเมื่อพบว่าชำรุดต้องซ่อมหรือเปลี่ยนใหม่ทันที
4	น้ำมันในระบบขยายตัวล้นถังรับการขยายตัว (อาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้)	- ไฟฟ้าดับ ปั๊มน้ำมันที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับหยุดทำงาน - เครื่องยนต์สำรองที่ขับปั๊มน้ำมันไม่ทำงาน	- ติดตั้งปั๊มน้ำมันที่ขับด้วยเครื่องยนต์ สำรองไว้ - ติดตั้งสัญญาณเตือนอัตโนมัติเมื่อไฟฟ้าดับ - ติดตั้งระบบการทำงานอัตโนมัติเมื่อความดันในระบบต่ำกว่าปกติ ปั๊มน้ำมันที่ขับด้วยเครื่องยนต์ต้องทำงานทันที - ตรวจสอบแบตเตอรี่และทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ขับปั๊มน้ำมันเป็นระยะๆ
5	น้ำมันในระบบมีอุณหภูมิสูงกว่าที่ใช้งานปกติ	- ปั๊มน้ำมันชำรุด - ไส้กรองน้ำมันอุดตัน	- ตรวจสอบการทำงานของปั๊มน้ำมันอย่างสม่ำเสมอ - ล้างไส้กรองน้ำมันเป็นระยะๆ ตามคำแนะนำของผู้ผลิต - ควรติดตั้งสัญญาณเตือน
6	ของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนหรือน้ำมัน - เสื่อมสภาพ - สิ้นเปลืองหรือสูญเสียมากผิดปกติ	- ใช้น้ำมันที่อุณหภูมิสูงเกินกำหนดของน้ำมันนั้น - น้ำมันสัมผัสกับอากาศ - เกิดการระเหยตัวถ้าเป็นหม้อต้ม ฯ ระบบเปิด - รั่วตามปะเก็น ระบบเปิดหรือข้อต่อในระบบท่อน้ำมัน	- ควบคุมอุณหภูมิใช้งานไม่ให้เกินกำหนด - ใช้ระบบการทำงานหม้อต้มฯ และระบบท่อน้ำมันแบบปิด - เปลี่ยนมาใช้หม้อต้มฯ ระบบปิด - ตรวจสอบรอยรั่วต่างๆ เป็นประจำ

ลำดับ	ปัญหา	สาเหตุ	วิธีป้องกันและแก้ไข
7	ความดันทางด้านดูดของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนมีค่าต่ำกว่า 0 บาร์	มีสิ่งสกปรกอยู่ที่ไส้กรองของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน	หยุดเดินเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแล้วถอดไส้กรองออกมาทำความสะอาด
8	ความดันไม่คงที่	- มีก๊าซ อากาศ และน้ำในระบบ - ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเสื่อมคุณภาพ	- ทำการระบายก๊าซ อากาศ และน้ำออกจากระบบ - นำของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนมาวิเคราะห์ หากเสื่อมสภาพให้เปลี่ยนใหม่ทันที
9	หัวเผาถูกตัดการทำงาน และมีสัญญาณเตือนจากอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อความร้อนสูงเกิน	- การปรับตั้งอุณหภูมิยังไม่เหมาะสม - อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิแสดงค่าไม่ถูกต้อง - หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ควบคุมสกปรก - อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเสีย	- แก้ไขการปรับตั้งให้ถูกต้อง - ตรวจสอบอุณหภูมิจริง ปรับตั้งให้เหมาะสม - ทำความสะอาดหน้าสัมผัส - เปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิใหม่
10	หัวเผาถูกตัดการทำงาน และมีสัญญาณเตือนจากอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิไอเสียสูงเกิน	- ถึงอุณหภูมิที่ปรับตั้งไว้ - การปรับแต่งการเผาไหม้ยังไม่เหมาะสม - อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเสีย	- หากอุณหภูมิยังไม่เหมาะสม ให้ปรับตั้งค่าใหม่ - แก้ไขการปรับแต่งหัวเผาให้ถูกต้อง - เปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิใหม่

ตารางที่ 2-2 สาเหตุ วิธีป้องกันและแก้ไข ความผิดปกติของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน

ปัญหา								สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
ปั๊มมีของเหลวน้อยเกินไป	มอเตอร์ Overload	ความดันของเหลวด้านออกสูงเกิน	ลูกปืนร้อนจัด	ปั๊มรั่ว	ซีลของเหลวรอยออกมาที่เพลา	ปั๊มเดินไม่เรียบ มีเสียงดัง	อุณหภูมิในปั๊มสูงเกิน		
X								ทำงานที่ความแตกต่างของความดันสูง	ตรวจสอบหาจุดที่เหมาะสม
X								มีความดันย้อนกลับสูงเกินไป	ตรวจสอบความสกปรก เพิ่มขนาดใบพัด เพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์
X								ไล่อากาศจากระบบไม่หมด หรือเติมน้ำมันไม่เต็มระบบ	ไล่อากาศออกให้หมด และเติมน้ำมันให้เต็ม
X						X	X	ใบพัดทางด้านดูดอุดตัน	เอาสิ่งอุดตันออก
X								เกิดฟองอากาศภายในระบบท่อ	ตรวจสอบการติดตั้ง เพิ่มวาล์วไล่อากาศ
X						X	X	ค่า NPSH ของระบบต่ำเกินไป	ตรวจสอบระดับของเหลว ติดตั้งปั๊มให้มีระดับต่ำลง เปิดวาล์วด้านดูดให้เต็มที่ ตรวจสอบดูการอุดตันของไส้กรองด้านดูด
X								ปั๊มหมุนผิดทิศทาง	สลับเปลี่ยนเฟสสายไฟ
X								รอบมอเตอร์ต่ำเกินไป	เพิ่มความเร็วรอบ
X							X	ความสึกหรอภายในปั๊มสูงมาก	เปลี่ยนชิ้นส่วนที่สึกหรอ
	X	X					X	ความดันไหลกลับต่ำกว่ามาตรฐาน	หาจุดที่เหมาะสมที่จะทำงาน
	X							น้ำหนักจำเพาะหรือความหนืดของของเหลวสูงกว่ามาตรฐาน	เปลี่ยนแหล่งที่มาของเหลว
	X	X						ความเร็วรอบมากเกินไป	ลดความเร็วรอบ
				X				ซีลเสียหาย	เปลี่ยนซีลระหว่างเสื้อใบพัดกับฝาครอบ
					X			ซีลที่เพลาสึกหรอ	เปลี่ยนซีลที่เพลา
			X		X	X		ปั๊มและมอเตอร์ไม่อยู่ในแกนเดียวกัน	ทำการปรับตั้งแนวแกนใหม่
			X		X	X		ปั๊มบิดตัวหรือมีเสียงดังเนื่องจากการสั่นสะเทือนของระบบท่อ	ลดระยะฐานรองรับท่อ เปลี่ยนวัสดุรองรับท่อเป็นแบบป้องกันการสั่นสะเทือน ตรวจสอบนอตยึดฐานรองปั๊ม
			X					มีแรงรุนตามแนวแกนมากเกินไป	ทำความสะอาดรูรักษาสมดุลในใบพัด เปลี่ยนแหวนประคองใบพัด
			X			X		ปริมาณหรือคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นไม่ถูกต้อง	เติมน้ำมันหล่อลื่นให้เต็ม หรือเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นให้ได้คุณภาพ
			X					ช่องว่างของ Coupling ไม่ถูกต้อง	ปรับให้ได้ตามค่ามาตรฐาน
X	X							ไฟฟ้าเข้ามอเตอร์เพียง 2 เฟส	เปลี่ยนฟิวส์ที่ขาด ตรวจสอบขั้วสายไฟ
						X		Rotor ไม่สมดุล	ทำความสะอาดและสมดุล Rotor ใหม่
						X		ลูกปืนเสียหาย	เปลี่ยนใหม่
						X	X	อัตราการไหลน้อย	เพิ่มอัตราการไหล

2.3 สาเหตุของการเสื่อมสภาพของน้ำมันถ่ายเทความร้อน

สาเหตุหลักที่ทำให้น้ำมันถ่ายเทความร้อนเกิดการเสื่อมสภาพ แบ่งเป็น 2 สาเหตุใหญ่ ๆ ดังนี้

(ก) การแตกตัวของน้ำมัน

โมเลกุลน้ำมันอาจจะเกิดการแตกตัวได้เมื่อได้รับความร้อนสูงๆ เป็นเวลานานๆ จุดที่อาจเกิดการแตกตัว (Crack) จะเป็นจุดที่ให้ความร้อนแก่น้ำมัน เช่น บริเวณผิวท่อน้ำมันที่อาจจะมีเปลวไฟมาสัมผัส เมื่อปั๊มหมุนเวียนน้ำมันหยุดทำงานแต่เตาหรือห้องเผาไหม้ยังคงมีความร้อนสูงอยู่ การแตกตัวของโมเลกุลน้ำมันจะทำให้เกิดการเขม่าซึ่งจะตกค้างและเคลือบที่ผิวท่อด้านสัมผัสน้ำมัน ซึ่งจะส่งผลกระทบถึงการถ่ายเทความร้อนลดลงด้วย และเมื่อเกิดการแตกตัวของน้ำมันจะทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลง

(ข) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน Oxidation

โมเลกุลของน้ำมันรวมตัวกับออกซิเจนทำให้เกิดคราบตะกอนยางเหนียว กรด และความหนืดเพิ่มขึ้นส่งผลกระทบถึงการถ่ายเทความร้อนลดลง อายุของน้ำมันสั้น วาล์วระบายอากาศหรืออุปกรณ์ไล่อากาศในระบบจึงมีความสำคัญมากซึ่งควรติดตั้งไว้ที่ท่อน้ำมันส่วนที่สูงที่สุดของทุก Loop และข้อต่อต่างๆ ที่อากาศจะมีโอกาสไปสะสมได้นอกจากนี้ยังต้องสังเกตเกจวัดความดันด้วยเพราถ้ามีอากาศอยู่ในระบบจะทำให้เข็มของเกจวันความดันสวิง

นอกจากอากาศแล้ว น้ำก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเร่งปฏิกิริยานี้ให้เร็วขึ้น ซึ่งน้ำอาจจะเข้าไปในระบบในช่วงล้างหรือซ่อมระบบท่อน้ำมัน ดังนั้นควรกำจัดน้ำในระบบให้หมดก่อนเดินเครื่อง หรือหากพบว่าขณะเดินเครื่องมีน้ำในระบบ สามารถกำจัดได้โดยเดินเครื่องที่อุณหภูมิ 100 $^{\circ}$C หรือมากกว่าเล็กน้อย พร้อมเดินปั๊มหมุนเวียนน้ำมันไปด้วย จะทำให้น้ำมันเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำซึ่งจะสามารถระบายออกได้โดยวาล์วไล่อากาศ

2.4 การขยายตัวของท่อน้ำมันเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

ตามปกติเมื่อระบบไม่ทำงาน อุณหภูมิของท่อจะมีค่าประมาณ 30 $^{\circ}$C แต่ในขณะที่ใช้งาน อุณหภูมิของท่อจะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของสารที่อยู่ภายในท่อ เช่น น้ำมันมีอุณหภูมิ 170 $^{\circ}$C จะทำให้อุณหภูมิของท่อน้ำมันเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 30 $^{\circ}$C ซึ่งเท่ากับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม 170 $^{\circ}$C – 30 $^{\circ}$C = 140 $^{\circ}$C ซึ่งอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนี้เองจะทำให้เกิดการขยายตัว โดยการขยายตัวของท่อจะมีเฉพาะตามแนวความยาวของท่อเท่านั้น ส่วนการขยายตัวของท่อตามแนวรัศมีมีผลน้อยมาก จึงไม่ต้องคำนึงถึง

ในการติดตั้งระบบท่อส่วนใหญ่จะต้องยึดท่อเป็นช่วงๆ ต่อความยาวหนึ่งๆ หากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปในทางสูงขึ้น การขยายตัวของท่อก็จะสูงตามไปด้วย ถ้าหากจุดยึดแข็งแรงเกินไป ท่ออาจโก่งงอได้ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงควรมีการแก้ไขปัญหาการขยายตัวของท่อ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี ดังนี้

- แก้ไขโดยการติดตั้งข้อต่อรับการขยายตัว (Expansion joint)
- แก้ไขโดยการเดินทางเป็นรูปตัว U หรือรูปตัว L (Expansion loop or expansion offset)

2.5 ข้อควรระวังในการใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

- ไม่ควรหยุดเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนในขณะที่ระบบมีความร้อนสูง
- ควรปรับตั้งค่าในระบบควบคุมทั้งหมดให้เป็นไปตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิต
- ในกรณีที่มีสัญญาณเตือน ให้หาสาเหตุและควรแก้ปัญหาที่ต้นเหตุให้แล้วเสร็จก่อนเริ่มการใช้งานใหม่อีกครั้ง
- ไม่ควรต้มของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนให้มีอุณหภูมิที่สูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ เนื่องจากจะเกิดผลเสียต่อคุณภาพของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน ดังนั้นจึงควรปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด

บทที่ 3
การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษา หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

การใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลวอย่างปลอดภัย ผู้ควบคุมจะต้องทำการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ ทั้งก่อนเดินเครื่อง ขณะเดินเครื่อง และก่อนหยุดเครื่อง พร้อมปฏิบัติตามแผนตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำปีเพื่อยืดอายุการใช้งานได้ยาวนานขึ้น ตามตารางที่ 3-1

3.1 การตรวจสอบก่อนเดินเครื่อง

ผู้ควบคุมจะต้องตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- ตรวจสอบระดับน้ำมันที่ถังรับการขยายตัว
- ตรวจสอบระดับน้ำมันที่ถังเก็บ
- ตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำมันในระบบ
- เดินเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนก่อนจุดไฟ แล้วตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำมันในระบบ และสังเกตความดันน้ำมันในระบบ อุณหภูมิของน้ำมันในระบบ และอุณหภูมิปล่อง
- ตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำมันในระบบ
- ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำมัน และระบบสัญญาณเตือนภัยต่างๆ
- ตรวจสอบการตั้งค่าของเครื่องมือวัด และระบบควบคุม
- ตรวจสอบการตั้งค่าการรับภาระไฟฟ้าที่ถูกต้องของมอเตอร์
- ทำการหล่อลื่นเพลาและก้านหมุนของวาล์วทุกตัว และตรวจสอบการเปิดปิดวาล์วทุกตัว
- ตรวจสอบวาล์วทุกตัวในระบบให้อยู่ในสภาพที่ถูกต้อง
- ตรวจสอบระบบการหล่อลื่นของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน และข้อต่อต่างๆ
- ตรวจสอบการหมุนของปั๊มทุกตัว และจุดเชื่อมต่อการส่งถ่ายกำลัง
- ตรวจสอบทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขับปั๊ม
- ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันที่ปั๊มทุกตัว จุดต่อของวาล์ว และจุดต่อของเกจต่างๆ
- ภายในระบบจะต้องมีท่อและวาล์วไล่อากาศ และจะต้องติดตั้งอยู่ด้านบนของท่อ
- การสั่นและเสียงของมอเตอร์ขับปั๊มไม่ควรมีมาก ถ้ามีเสียงดังหรือสั่นมากควรหยุดเพื่อตรวจสอบหาสาเหตุโดยทันที
- อุณหภูมิของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในท่อจ่ายและท่อกลับควรมีความแตกต่างประมาณ 15-20 $^{\circ}$C

- ความดันแตกต่างในระบบไม่ควรเกิน 0.2-0.3 บาร์ ถ้าต่ำกว่านี้ห้ามเดินเครื่องเด็ดขาด
- ตรวจสอบตำแหน่งการเปิดวาล์วบายพาส
- ตรวจสอบความดันน้ำมันเชื้อเพลิง ควรมีความดันประมาณ 2.0-2.5 บาร์ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการเดือดกลายเป็นไอ ซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อปั๊มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่หัวเผา
- ทำการไล่อากาศภายในระบบน้ำมันเชื้อเพลิงให้หมด
- ตรวจสอบสภาพขดลวดไฟฟ้าที่ใช้ในการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิง
- ตรวจสอบวาล์วบายพาสที่ต่อคร่อมไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ต้องสามารถทำงานได้ในกรณีที่ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงอุดตัน

3.2 การตรวจสอบขณะเดินเครื่อง

ผู้ควบคุมจะต้องตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- ตรวจสอบระดับน้ำมันที่ถังรับการขยายตัว พร้อมจดในบันทึกรายงานประจำวัน ตามตารางที่ 3-2
- ตรวจสอบระดับน้ำมันที่ถังเก็บ พร้อมจดใบบันทึกรายงานประจำวัน ตามตารางที่ 3-2
- ตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำมันในระบบ
- ตรวจสอบความดันน้ำมันในระบบทั้งด้านดูด และด้านส่งของปั๊มหมุนเวียน พร้อมจดใบบันทึกรายงานประจำวัน ตามตารางที่ 3-2
- ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันในระบบทั้งด้านก่อนเข้าหม้อต้มฯ และด้านออกจากหม้อต้มฯ พร้อมจดใบบันทึกรายงานประจำวัน ตามตารางที่ 3-2
- ตรวจสอบอุณหภูมิที่ปล่อง พร้อมจดใบบันทึกรายงานประจำวัน ตามตารางที่ 3-2
- ตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำมันในระบบ
- ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำมัน และระบบสัญญาณเตือนภัยต่าง ๆ
- ตรวจสอบสภาพการทำงานที่ผิดปกติ หากพบต้องรีบหยุดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทันที แต่ห้ามหยุดปั๊มหมุนเวียนน้ำมันโดยเด็ดขาด จนกว่าอุณหภูมิน้ำมันในระบบจะลดลงต่ำกว่า 100 $^{\circ}$C แล้วแจ้งวิศวกรตรวจสอบก่อนการใช้งานโดยทันที

3.3 การปฏิบัติก่อนหยุดเครื่อง

ให้หยุดเฉพาะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง แต่ห้ามหยุดเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนโดยเด็ดขาด จนกว่าอุณหภูมิน้ำมันในระบบจะลดลงต่ำกว่า 100 $^{\circ}$C

ตารางที่ 3-1 ระยะเวลาการตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว

รายการที่ต้องตรวจสอบและบำรุงรักษา	1 วัน	7 วัน	1 เดือน	6 เดือน	1 ปี
1. หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน					
- ตรวจสอบหารอยรั่วที่ฝาหน้าและฝาหลัง	O				
- สภาพฉนวนกันความร้อนที่หม้อต้มฯ			O		E
2. อุปกรณ์ในระบบหมุนเวียนของเหลว					
- ความดันภายในถังรับการขยายตัว (กรณีซีลด้วยไนโตรเจน)	O				
- ระดับของเหลวที่ถังรับการขยายตัว	O				
- ระดับของเหลวที่ถังเก็บ	O				
- อุณหภูมิของเหลวในถังรับการขยายตัว	O				
- เครื่องควบคุมระดับของเหลวในถังรับการขยายตัว	O				E
- สภาพถังรับการขยายตัว				O	E
- สภาพถังเก็บของเหลว				O	E
- สภาพอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน				O	E
3. ห้องเผาไหม้ หัวเผา และระบบเชื้อเพลิง					
- หัวเผา หรือระบบป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง				O	E
- สภาพขดท่อของเหลวในห้องเผาไหม้					E
- สภาพอิฐทนไฟในห้องเผาไหม้					E
- ตรวจสอบภายในห้องเผาไหม้				O	
- ล้างทำความสะอาดห้องเผาไหม้					E
- ตรวจสอบความดันน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเผา	O				
- ตรวจสอบรอยรั่วซึมของน้ำมันเชื้อเพลิง	O				
- ตรวจสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้		E			
- ทำความสะอาดหัวฉีด		E			
- ทำความสะอาด Flame sensor		E			
- ทำความสะอาดเขี้ยวสปาร์ค		E			
- ทำความสะอาดไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง		E			
- ทำความสะอาดอุปกรณ์ของหัวเผา					E
- ระบายตะกอนก้นถังเก็บและพักน้ำมันเชื้อเพลิง				O	

รายการที่ต้องตรวจสอบและบำรุงรักษา	1 วัน	7 วัน	1 เดือน	6 เดือน	1 ปี
4. อุปกรณ์ความปลอดภัยและเครื่องมือวัด					
- เกจวัดความดันของเหลวในระบบ	O				E
- เกจวัดอุณหภูมิของเหลวในระบบ	O				E
- เกจวัดอุณหภูมิปล่อง	O				E
- สัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ			O		E
- ลิ้นนิรภัย		O			E
- ตรวจทดสอบความปลอดภัยในการใช้งาน					E
- ตรวจสอบเทอร์โมสตัท				O	
- ตรวจสอบสวิตช์ความดันแตกต่าง				O	
- ตรวจสอบลูกลอยรักษาระดับของเหลว				O	
- เครื่องยนต์สำรองขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉิน				O	E
5. เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนและมอเตอร์					
- เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนในระบบ				O	
- เครื่องเติมของเหลวเข้าระบบ				O	
- ตรวจสอบลูกปืน (ฟังจากเสียงผิดปรกติ)	O				
- ตรวจสอบรอยรั่วของชุดกันรุน	O				
- ตรวจสอบข้อต่อเพลา			O		
- ตรวจสอบนอตยึดส่วนต่างๆ ของเครื่องสูบ			O		
6. ระบบท่อและอุปกรณ์ประกอบท่อ					
- วาล์วไล่อากาศในระบบท่อทางส่งของเหลว				O	
- สภาพท่อทางของเหลว				O	E
- วาล์วปิด เปิด ของเหลวในระบบ					E
- ไส้กรองของเหลว					E
- ตรวจสอบการรั่วไหลของของเหลว			O		
- ตรวจสอบชุดรองรับการขยายตัวของท่อ			O		
- ตรวจสอบฉนวนกันความร้อนของท่อและวาล์ว			O		
- ทดสอบเปิดปิดวาล์วเพื่อไม่ให้วาล์วติดตาย			O		
7. ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน					
- คุณภาพของเหลวที่ใช้เป็นสื่อความร้อนในระบบ				E	
- ตรวจสอบความดันก๊าซเฉื่อย (ถ้ามี)	O				

หมายเหตุ:

O หมายถึง การตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และบันทึกค่าโดยผู้ควบคุม

E หมายถึง การตรวจสอบบำรุงรักษา การปรับปรุงแก้ไข การเปลี่ยนหรือซ่อม และอื่นๆ โดยวิศวกร

ตารางที่ 3-2 รายงานประจำวันในการควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

วันที่ ..... หม้อต้มฯ หมายเลข ..... ชนิดเชื้อเพลิง ..... ชื่อ-นามสกุล ผู้ควบคุมหม้อต้มฯ .....

เวลา	ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน				เชื้อเพลิงและการเผาไหม้				ระบบความปลอดภัย			
	ระดับของเหลวที่ถังรับการขยายตัว ( )	ระดับของเหลวที่ถังเก็บ ( )	อุณหภูมิของเหลวก่อนเข้าหม้อต้มฯ ( )	อุณหภูมิของเหลวหลังออกจากหม้อต้มฯ ( )	ความดันเชื้อเพลิงด้านดูด ( )	ความดันเชื้อเพลิงด้านส่ง ( )	มิเตอร์เชื้อเพลิง ( )	อุณหภูมิไอเสีย ( )	เครื่องควบคุมระดับของเหลว	เครื่องควบคุมความดันของเหลว	เครื่องควบคุมอัตราการไหลของเหลว	สัญญาณเตือนภัย

อุณหภูมิของเหลวในระบบเฉลี่ย.....
ความดันเชื้อเพลิงในระบบเฉลี่ย.....
อุณหภูมิไอเสียเฉลี่ย.....
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย.....
การรั่วไหลของของเหลวในระบบ.....
สภาพอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และระบบท่อ.....

สรุปการทำงานของหม้อต้มฯ และอุปกรณ์: ☐ ปรกติ ☐ ไม่ปรกติ มีปัญหา คือ.....
.....
.....

หมายเหตุ : ให้กรอกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง หากพบสิ่งผิดปกติต้องดับไฟในห้องเผาไหม้ทันที แต่ห้ามหยุดปั๊มหมุนเวียนน้ำมันโดยเด็ดขาด แล้วแจ้งวิศวกรเพื่อตรวจสอบก่อนใช้งาน

3.4 การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาระบบเชื้อเพลิง

ผู้ควบคุมจะต้องตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- ควรล้างทำความสะอาดและตรวจสอบหัวเผาทุกๆ 7 วัน ถ้าพบว่าหัวเผาสกปรก มีหยดน้ำมันที่ปลายหัวฉีด มีการฉีดน้ำมันที่ไม่สม่ำเสมอ หรือมีไอเสียออกมาดำผิดปรกติแม้ทำการปรับปริมาณอากาศแล้วยังไม่ดีขึ้น ควรเปลี่ยนหัวฉีดหรือหัวเผาใหม่ทันที
- ทำความสะอาดไส้กรอง และเปิดระบายสิ่งสกปรกที่ก้นตัวกรองน้ำมันทุกๆ 7 วัน ถ้าพบว่าไส้กรองน้ำมันขาดเสียหาย ควรเปลี่ยนใหม่ทันที
- ควรล้างทำความสะอาด ปรับแต่งเขี้ยวสปาร์คให้เหมาะสมทุกๆ 7 วัน
- ควรตรวจสอบ ปรับแต่งอุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิง และความดันของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนให้เหมาะสมทุกวัน
- ควรเปิดระบายเศษวัสดุหรือสิ่งเจือปนที่ตกตะกอนอยู่ก้นถังพักน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil day tank) ทุกๆ 1 ปี พร้อมกับล้างทำความสะอาดด้วยหากทำได้

3.5 การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาห้องเผาไหม้

ผู้ควบคุมจะต้องตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- ควรตรวจสอบหัวฉีดภายในหัวเผาอย่างน้อยทุกๆ 3 เดือน หรือเมื่อพบว่ามีการเผาไหม้ที่ผิดปรกติเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น หัวฉีดมีน้ำมันหยด หรืออาจตรวจสอบได้จากการวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ทำการบำรุงรักษาโดยการถอดหัวฉีดออกมาล้างทำความสะอาด และตรวจสอบสภาพด้วยสายตาอีกครั้ง
- หากหัวฉีดมีความผิดปรกติ จะทำให้ห้องเผาไหม้สกปรก ควรตรวจสอบห้องเผาไหม้อย่างน้อยทุกๆ 6 เดือน ทำการตรวจสอบโดยเปิดหัวเผาออกแล้วใช้ไฟฉายส่องดูเขม่าภายในห้องเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 3-1 ถ้ามีเขม่าให้รีบทำความสะอาดทันที
- ในการเปิดทำความสะอาดห้องเผาไหม้ ควรหยุดการใช้ห้องเผาไหม้จนอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ลดลงต่ำกว่า 80 °C แล้วเปิดฝาหน้าหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนออก ทำความสะอาดด้วยแปรงให้เสร็จก่อนที่อุณหภูมิจะลดลง เนื่องจากจะทำให้เขม่าแข็งตัวและทำความสะอาดได้ยาก
- การเปิดฝาหน้าควรทำด้วยความระมัดระวัง เพราะอาจทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เสียหายได้ เช่น อิฐทนไฟแตกร่วงหล่น ปะเก็นฉีกขาด เป็นต้น
- ห้ามใช้หินเจียรทำความสะอาดภายในห้องเผาไหม้โดยเด็ดขาด ควรใช้แปรงลวดหรือลูกปัดลวดขัดทำความสะอาดแล้วเป่าด้วยลมหรือใช้น้ำฉีด
- หากพบว่าปะเก็นหน้าหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเสียหาย ควรเปลี่ยนใหม่ทันที ไม่ควรนำกลับมาใช้อีก

- กรณีที่ไม่มีช่างที่มีความชำนาญ ไม่ควรเปิดฝาหน้าทำความสะอาดเอง ควรติดต่อหรือแจ้งช่างผู้ชำนาญเฉพาะทางเข้ามาทำความสะอาดให้ เพราะขั้นตอนในการทำความสะอาดจะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างสูง ต้องกระทำอย่างถูกต้องและแม่นยำ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นตามมา

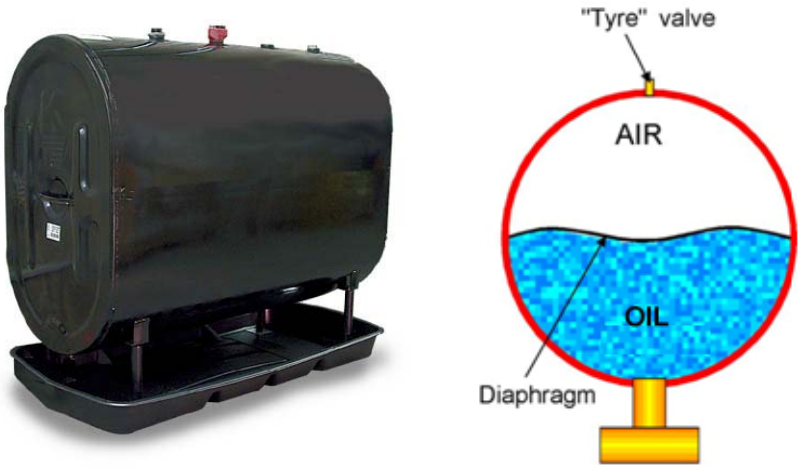
รูปที่ 3-1 เขม่าในห้องเผาไหม้

บทที่ 4
อุปกรณ์และระบบความปลอดภัย สำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ในการใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อให้ความร้อนให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดนั้น จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์และระบบความปลอดภัยให้ครบถ้วนตามที่ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549 ได้กำหนดไว้ นอกจากการติดตั้งที่ถูกต้องแล้ว ความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้อง ในการใช้งาน การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษา ก็เป็นส่วนสำคัญที่ไม่สามารถละเลยได้ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อให้ความร้อนจึงจำเป็นต้องศึกษา ทบทวนความรู้ และเพิ่มพูนประสบการณ์ เกี่ยวกับอุปกรณ์และระบบความปลอดภัยให้ละเอียดแม่นยำที่สุดก่อนที่จะดำเนินการใดๆ กับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ตนเองรับผิดชอบ

4.1 ถังรับการขยายตัว

ถังรับการขยายตัว (Expansion tank) ทำหน้าที่รองรับการขยายตัวของน้ำมันร้อนในระบบเมื่อน้ำมันอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อน้ำมันอุณหภูมิลดลง น้ำมันในถังรับการขยายตัวจะไหลออกมาเติมทำให้ระบบมีน้ำมันเต็มตลอดเวลา โดยทั่วไปเมื่อได้รับความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิใช้งานที่ 300 °C น้ำมันในระบบจะขยายตัวทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นประมาณ 20% ถังรับการขยายตัวจะต้องติดตั้งให้สูงกว่าระบบท่อน้ำมันร้อนเสมอ นอกจากนี้ถังจะต้องมีความจุเพียงพอที่จะรองรับการขยายตัวของน้ำมันร้อนได้ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ถังรับการขยายตัว

4.1.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยที่เกี่ยวกับการติดตั้งถังรับการขยายตัวสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนกำหนดไว้ดังนี้

- ปริมาณความจุของถัง
  - กรณีของเหลวในระบบทั้งหมด น้อยกว่า 1000 ลิตร ถังต้องรองรับปริมาณของเหลวที่ขยายตัวได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณของเหลวในระบบทั้งหมด
  - กรณีของเหลวในระบบทั้งหมด ตั้งแต่ 1000 ลิตรขึ้นไป ถังต้องรองรับปริมาณของเหลวที่ขยายตัวได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของปริมาณของเหลวในระบบทั้งหมด
- ต้องติดตั้งถังในตำแหน่งที่สูงกว่าท่อหรืออุปกรณ์ที่มีของเหลวและอยู่สูงสุดในระบบ ไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร ยกเว้นระบบที่ใช้ก๊าซเฉื่อยเพิ่มความดันหน้าเครื่องสูบของเหลว
- ต้องติดตั้งเครื่องควบคุมระดับของเหลวในถังรับการขยายตัว และให้ส่งสัญญาณเตือนภัย เป็นแสงหรือเสียง เมื่อระดับของเหลวต่ำกว่าปกติ
- กรณีที่มีของเหลวในระบบตั้งแต่ 1000 ลิตรขึ้นไป ต้องจัดให้มีท่อระบายของเหลวไหลล้น (Overflow pipe) จากถังรับการขยายตัวลงสู่ถังเก็บของเหลว
- ต้องติดตั้งท่อสำหรับของเหลวขยายตัว(Expansion pipe) ระหว่างจุดต่ำสุดของถังรับการขยายตัว กับ ท่อทางดูดของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน

4.1.2 การใช้งาน การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษา

การใช้งาน การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาถังรับการขยายตัว แสดงไว้แล้วในบทที่ 2 และ 3

4.2 ถังเก็บของเหลว

ถังเก็บของเหลว (Storage tank or drain tank) มีหน้าที่รองรับน้ำมันที่ล้นจากถังรับการขยายตัว ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่น้ำมันร้อนในระบบได้รับความร้อนสูงผิดปกติทำให้เกิดการขยายตัวมากจนล้นถังออกมา และยังมีหน้าที่ถ่ายน้ำมันร้อนออกจากระบบมาเก็บสำรองไว้ในกรณีมีการซ่อมบำรุงระบบ

4.2.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยเกี่ยวกับการติดตั้งและการใช้งานถังเก็บของเหลวสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนกำหนดไว้ว่า ต้องติดตั้งถังเก็บของเหลวในกรณีที่มีของเหลวในระบบตั้งแต่ 1000 ลิตรขึ้นไป และต้องติดตั้งเครื่องสูบของเหลว สำหรับเติมของเหลวเข้าสู่ระบบหรือถ่ายของเหลวออกจากระบบสู่ถังเก็บ โดยใช้สวิตช์ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบของเหลวแบบปิดเปิดด้วยมือ ห้ามเติมของเหลวเข้าสู่ระบบในขณะที่ของเหลวในระบบมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าจุดเดือดของน้ำ

4.2.2 การใช้งาน การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษา

การใช้งาน การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาถังเก็บของเหลว ได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 2 และ 3

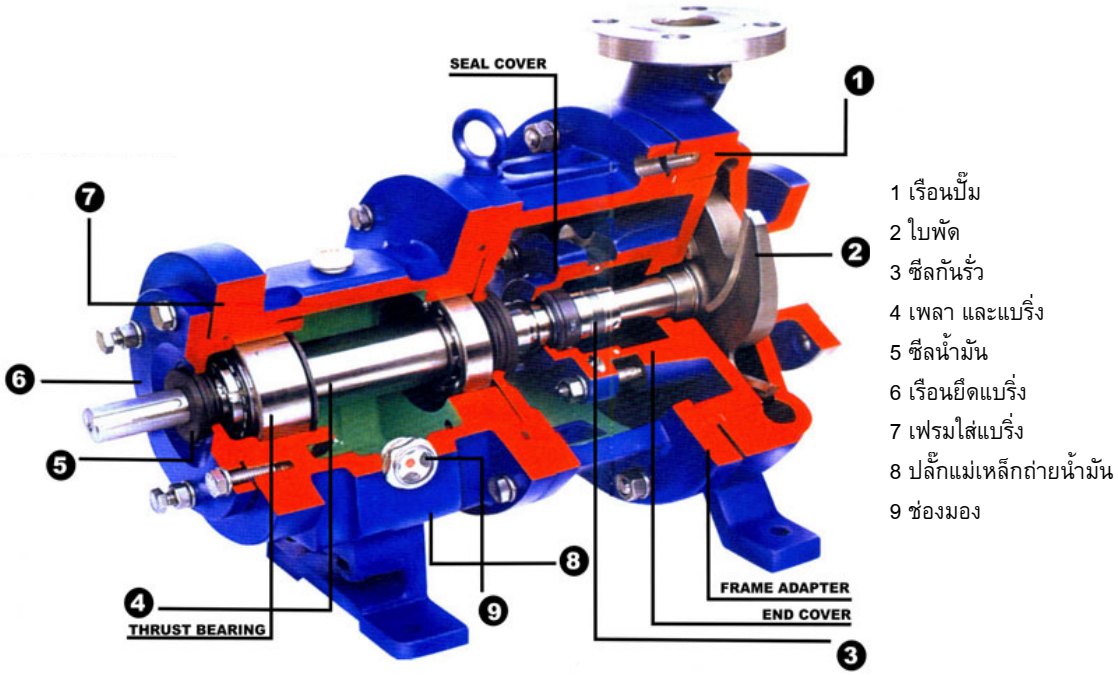
4.3 เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน

เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน (Circulating pump) ทำหน้าที่สูบของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน ให้ไหลเวียนจากหม้อต้มไปยังอุปกรณ์ใช้ความร้อน และไหลกลับมายังถังพักเพื่อนำกลับมาต้มเพื่อให้ความร้อนอีกครั้ง เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนที่ใช้งานกับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนมีหลายชนิด โดยเฉพาะเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลาย

4.3.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยที่เกี่ยวกับการติดตั้งและการใช้งานเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนกำหนดไว้ดังนี้

- ต้องติดตั้งลิ้นปิดเปิดที่ท่อทางเข้าและออกของเครื่องสูบของเหลว
- ต้องมีอัตราการไหลและความดันเพียงพอต่อการหมุนเวียนของเหลวผ่านท่อรับความร้อน โดยไม่ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของของเหลว (Film temperature) สูงเกินค่าที่ยอมได้
- ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง ต้องติดตั้งเครื่องสูบของเหลวที่ใช้กำลังจากเครื่องยนต์ อย่างน้อย 1 ชุด และต้องสามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้ทันทีเมื่อไฟฟ้าดับหรือต้องจัดให้มีระบบไฟฟ้าสำรอง สำหรับป้อนมอเตอร์เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน พร้อมทั้งจัดให้มีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับควบคุมอุณหภูมิที่ผิวของของเหลวไม่ให้สูงกว่าอุณหภูมิที่ของเหลวนั้นสามารถรองรับได้
- กรณีที่เครื่องสูบของเหลวไม่ทำงาน ต้องตัดระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 4-2 เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

4.3.2 การใช้งาน

แบ่งตามชนิดของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนได้ดังนี้

1) เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบลูกสูบ

- เหมาะสมใช้งานกับการสูบของเหลวหมุนเวียนเข้าสู่หม้อต้มฯ ที่มีความดันน้ำมันร้อนสูงมาก
- ไม่เหมาะสมใช้งานกับการสูบของเหลวหมุนเวียนแบบต่อเนื่องตลอดเวลา (Continuous feed) ที่ใช้วาล์วควบคุม (Control valve) เป็นตัวปรับอัตราการไหลของของเหลวหมุนเวียน เนื่องจากอัตราการไหลไม่ราบเรียบ

2) เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางชนิดหลายขั้นตอน

- เหมาะสมใช้งานกับการสูบของเหลวหมุนเวียนแบบต่อเนื่องตลอดเวลา (Continuous feed) ที่ใช้วาล์วควบคุม (Control valve) เป็นตัวปรับอัตราการไหลของของเหลวหมุนเวียน
- เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางชนิดหลายขั้นตอนจะเสียหายได้ง่าย ถ้ามีการอุดตันหรือของเหลวหมุนเวียนไม่ไหล เพราะโครงสร้างใบพัดและเสื้อ (Casing) ของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบนี้ มักจะขึ้นรูปจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม (Sheet metal)

3) เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบเทอร์ไบน์

- เหมาะสมใช้งานกับการสูบของเหลวหมุนเวียนแบบตัดต่อ (On/off) หรือการทำงานแบบเป็นช่วง (Intermittent)
- เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบเทอร์ไบน์สามารถทนอุณหภูมิได้สูง โดยเฉพาะในระบบหม้อต้มฯ ที่มีถังไล่อากาศ โดยทั่วไปแล้วอายุการใช้งานเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบเทอร์ไบน์จะนานกว่าเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางชนิดหลายขั้นตอน

ปัญหาเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนที่พบบ่อย ได้แก่

- ลืมปิดวาล์วที่ท่อส่งหรือท่อดูดของเหลวหมุนเวียน
- เกิดการอุดตันในท่อส่งหรือท่อดูดของเหลวหมุนเวียน
- เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนชำรุด
- เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนร้อนจัดเมื่อหยุดทำงาน มีสาเหตุจากวาล์วกันกลับที่ท่อส่งของเหลวหมุนเวียนชำรุด หรือลิ้นติดค้างเนื่องจากตะกรันหรือเศษวัสดุอื่นๆ

4.3.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

- หากเกิดปัญหาอาการสูบของเหลวหมุนเวียนไม่เข้า เนื่องจากลิ้นกันกลับมีการรั่วซึมย้อนกลับ ซึ่งเป็นอันตรายมากเนื่องจากเป็นสาเหตุทำให้น้ำมันในหม้อต้มฯ แห้ง และทำให้หม้อต้มฯ ระเบิดได้ ดังนั้นหากตรวจพบให้รีบซ่อมแซมโดยทันที
- ควรทดสอบการทำงานของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนทุกวัน และทำการบำรุงรักษาหรือทำความสะอาดอุปกรณ์ในระบบทุกปี รายละเอียดการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ปลีกย่อยในเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน แสดงได้ดังตารางที่ 4-1

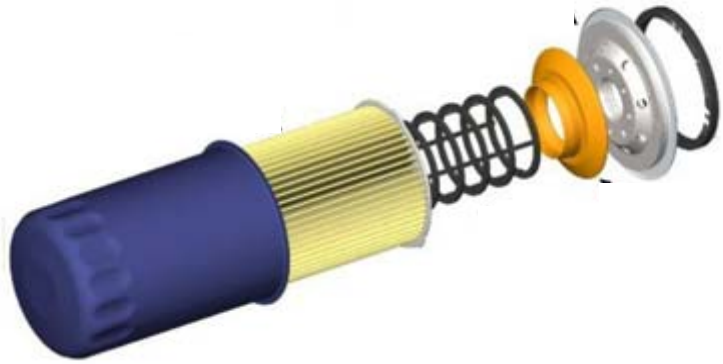
ตารางที่ 4-1 การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ปลีกย่อยในเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน	แกนหมุน (Rotor)	ตรวจสอบความผิดปกติของเสียงและการสั่นสะเทือน	ไม่มีความผิดปกติของเสียงและการสั่นสะเทือน
	ปะเก็นหรือปลอกกันซึม (Gland)	1) ถ้าเป็นซีลทางกลต้องตรวจสอบการรั่วซึมของของเหลวหมุนเวียน หรือความผิดปกติของอุณหภูมิที่สูง 2) ถ้าเป็นปะเก็นเชือก ต้องตรวจสอบความผิดปกติของอุณหภูมิที่สูง และการทำงานของซีล	1) ไม่มีการรั่วซึมและความร้อนสูงผิดปกติ 2) ไม่มีความร้อนสูงผิดปกติ
	ตลับลูกปืน (Bearing)	ตรวจสอบการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติการรั่วซึมของน้ำมันความร้อนที่ผิดปกติและสภาพการหล่อลื่น	ไม่มีการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติ ไม่มีการรั่วซึมของน้ำมัน ไม่มีความร้อนสูง ปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม
	ก้านเพลา (Shaft)	ตรวจสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity) และหนีศูนย์ (Run out)	ไม่มีการเยื้องศูนย์และหนีศูนย์
	มาตรวัดการไหลและความดัน	1) ตรวจสอบค่ากระแสและการเติมของเหลวหมุนเวียนเข้าระบบ 2) ตรวจสอบแรงดันขาออกจากปั๊ม	1) ค่ากระแสและการเติมเข้าระบบต้องอยู่ในเกณฑ์ปรกติ 2) ต้องอยู่ในเกณฑ์ปรกติ

4.4 ไส้กรอง

ไส้กรอง (Strainer) ทำหน้าที่ดักจับอนุภาคของแข็งที่ลอยปะปนมากับของเหลว เช่น ตะกรัน สนิม ผงโลหะจากการเจาะหรือเชื่อม หรือของแข็งอื่นๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ที่อยู่ในระบบหมุนเวียนของเหลวได้รับอันตรายจากอนุภาคเหล่านี้ ไส้กรองสามารถแบ่งได้ 2 แบบ ได้แก่ ไส้กรองแบบตัววาย (Y-type strainer) ดังแสดงในรูปที่ 4-3 และ ไส้กรองแบบตะกร้า (Basket type strainer) ดังแสดงในรูปที่ 4-4

รูปที่ 4-3 ไส้กรองแบบตัววาย



รูปที่ 4-4 ไส้กรองแบบตะกร้า

4.4.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยเกี่ยวกับการติดตั้งไส้กรองสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน กำหนดไว้ว่า ต้องติดตั้งไส้กรองที่ท่อทางดูดของเครื่องสูบของเหลว โดยมีขนาดไม่เล็กกว่าท่อของเหลว

4.4.2 การใช้งาน

- ควรติดตั้งไส้กรองในระบบท่อหมุนเวียนของเหลวในตำแหน่งก่อนเข้า (Upstream) อุปกรณ์สำคัญต่างๆ เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวนำความร้อน มาตรวัดอัตราการไหล เป็นต้น
- การติดตั้งไส้กรองแบบตัววายเข้ากับระบบท่อ ต้องพิจารณาถึงแนวการวางตัวของท่อ และชนิดของของไหลที่ไหลอยู่ภายในท่อด้วย ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน กรณีที่ท่อวางตัวในแนวนอนและของไหลภายในท่อเป็นของเหลว ให้ติดตั้งไส้กรองในลักษณะห้อยกระเปาะตัววายลงด้านล่าง ส่วนกรณีที่ท่อวางตัวในแนวดิ่งและของไหลภายในท่อเป็นของเหลว ให้ติดตั้งไส้กรองในลักษณะห้อยกระเปาะตัววายเฉียงลงด้านล่าง

4.4.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

หมั่นตรวจดูสภาพของไส้กรอง และทำความสะอาดไส้กรองตามระยะที่ผู้ผลิตกำหนด

4.5 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ และเครื่องอ่านค่าและควบคุมอุณหภูมิของเหลว

อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature sensor) ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน และเปลี่ยนอุณหภูมิที่วัดได้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อส่งต่อไปยังเครื่องอ่านค่าและควบคุมอุณหภูมิของเหลว (Temperature reader and controller) ซึ่งทำหน้าที่นำสัญญาณทางไฟฟ้าไปประมวลผลเพื่อแสดงเป็นตัวเลขให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบ และนำค่าที่ได้ไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ควบคุมการตัดต่อของหัวพ่นไฟในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลวแบบอัตโนมัติตามที่ได้โปรแกรมไว้ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิของเหลว ทั้งนี้เพื่อให้ทุกอุปกรณ์ทำงานสอดคล้องกันโดยมีเป้าหมายคือ อุณหภูมิของเหลวต้องคงที่ตลอดการทำงาน

4.5.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิและเครื่องอ่านค่าและควบคุมอุณหภูมิของเหลวสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนกำหนดไว้ดังนี้

- ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ ที่ท่อทางเข้าของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและที่ปล่องไอเสีย
- ต้องติดตั้งระบบตัดการเผาไหม้เชื้อเพลิงและส่งสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ ในกรณีที่อุณหภูมิของของเหลวที่ท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนสูงถึงจุดที่กำหนด สัญญาณเตือนภัยให้แสดงเป็นแสงและเสียง สำหรับวงจรแสงเตือนภัย ต้องติดตั้งให้ทำงานด้วยสวิตช์ตัดต่อแบบอัตโนมัติ โดยต้องไม่มีสวิตช์ตัดต่อการทำงานแบบปิดเปิดด้วยมือ
- ต้องทำหน้าที่ส่งสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิปล่องไอเสียสูงผิดปกติ สัญญาณเตือนภัยให้แสดงเป็นแสงและเสียง สำหรับวงจรแสงเตือนภัย ต้องติดตั้งให้ทำงานด้วยสวิตช์ตัดต่อแบบอัตโนมัติ โดยต้องไม่มีสวิตช์ตัดต่อการทำงานแบบปิดเปิดด้วยมือ

4.5.2 การใช้งาน

การใช้อุณหภูมิสูงเกิดความจำเป็นทำให้สูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ และยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อีกด้วย ดังนั้นจึงควรปรับตั้งอุณหภูมิให้เหมาะสมกับความต้องการอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานอีกทางหนึ่งด้วย

4.5.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

- ต้องการทำการตรวจสอบและทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ เครื่องอ่านค่าและควบคุมอุณหภูมิของเหลวทุก 1 เดือน โดยการทดสอบขณะใช้งาน โดยการเพิ่มอุณหภูมิของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน หากอุณหภูมิของเหลวสูงถึงจุดที่ปรับตั้ง สวิตช์จะตัดการทำงานของหัวเผา หากสวิตช์ไม่ทำงาน อุณหภูมิของเหลวจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงระดับที่ตั้งไว้ ระบบตัดการทำงานฉุกเฉินจะตัดการทำงานของทุกระบบทันที
- การบำรุงรักษา คือ ต้องทำการบำรุงรักษาหรือทำความสะอาดทุกปี ด้วยการใช้ผ้าทำความสะอาด พร้อมตรวจการชำรุดของสายไฟหรือกระจกและเข็ม ท่อที่ต่อมายังสวิตช์ควบคุมอุณหภูมิของเหลวก็ต้องทำความสะอาดด้วย
- ต้องทำการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ปลีกย่อยในระบบควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนแบบอัตโนมัติให้ครบ เพื่อให้การควบคุมอุณหภูมิของเหลวเป็นไปด้วยความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด รายละเอียดการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ปลีกย่อยในระบบควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนแบบอัตโนมัติแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ปลีกย่อยในระบบควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนแบบอัตโนมัติ

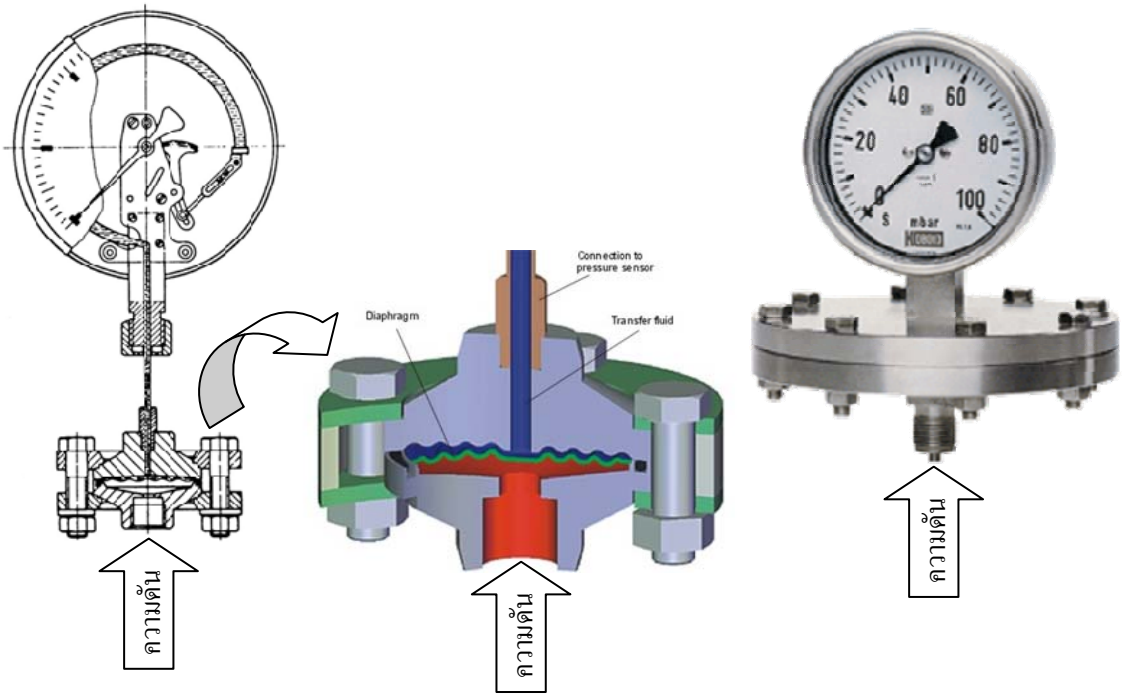
อุปกรณ์ที่ตองตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนแบบเปิด-ปิด (On-off type temperature controller)	จุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้า	1) ตรวจสอบการหลุดหลวมของตะปูควง 2) ตรวจสอบ ฝุ่นความชื้น คราบสนิมและการผุกร่อน	1) ไม่มีการหลุดหลวม 2) ไม่มีฝุ่น ความชื้น คราบสนิม และการผุกร่อน
	หลอดคาปิลารี (Capillary tube)	ตรวจสอบการเสียหายของหลอดคาปิลารี และการรั่วซึมของของเหลวภายใน	ไม่มีความเสียหายของหลอดคาปิลารีและการรั่วซึมของของเหลวภายใน
	ระบบตัดเชื้อเพลิง	ถ้าเป็นอุปกรณ์กำหนดอุณหภูมิน้ำร้อนต้องตรวจสอบสภาพการทำงานถ้าจำเป็นให้ปรับลดอุณหภูมิ	เพื่อหยุดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วและให้ระบบป้องกันร้องเตือน
อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนแบบสัดส่วน (Proportional type temperature controller)	ตัวต้านทานแปรค่าได้ (Potentiometer)	1) ตรวจสอบการหลุดขาด การลุกไหม้ การเปรอะเปื้อนบนตัวปัด (Wiper) และผิวของขดลวด 2) ตรวจสอบระยะระหว่างตัวปัดและขดลวด 3) ตรวจสอบการเคลื่อนไหวของตัวปัด เมื่ออุณหภูมิไม่คงที่	1) ไม่มีการหลุดขาด การลุกไหม้ การเปรอะเปื้อนบนตัวปัด (Wiper) และผิวของขดลวด 2) อยู่ในสภาพที่เหมาะสม 3) ต้องเคลื่อนไหวได้อย่างไม่ติดขัด
	จุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้า	1) ตรวจสอบการหลุดหลวมของตะปูควง 2) ตรวจสอบฝุ่นความชื้น คราบสนิมและการผุกร่อน	1) ไม่มีการหลุดหลวม 2) ไม่มีฝุ่น ความชื้น คราบสนิม และการผุกร่อน
	ส่วนตรวจจับอุณหภูมิ	ต้องตรวจสอบความเสียหายของหลอดคาปิลารี และการรั่วซึมของของเหลวภายใน	ไม่มีความเสียหายของหลอดคาปิลารีและการรั่วซึมของของเหลวภายใน
	ท่อไส้ไก่ (Siphon tube)	ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันร้อนบริเวณจุดยึดด้วยตะปูควง	ต้องไม่มีการรั่วซึม

4.6 มาตรวัดความดันของเหลว

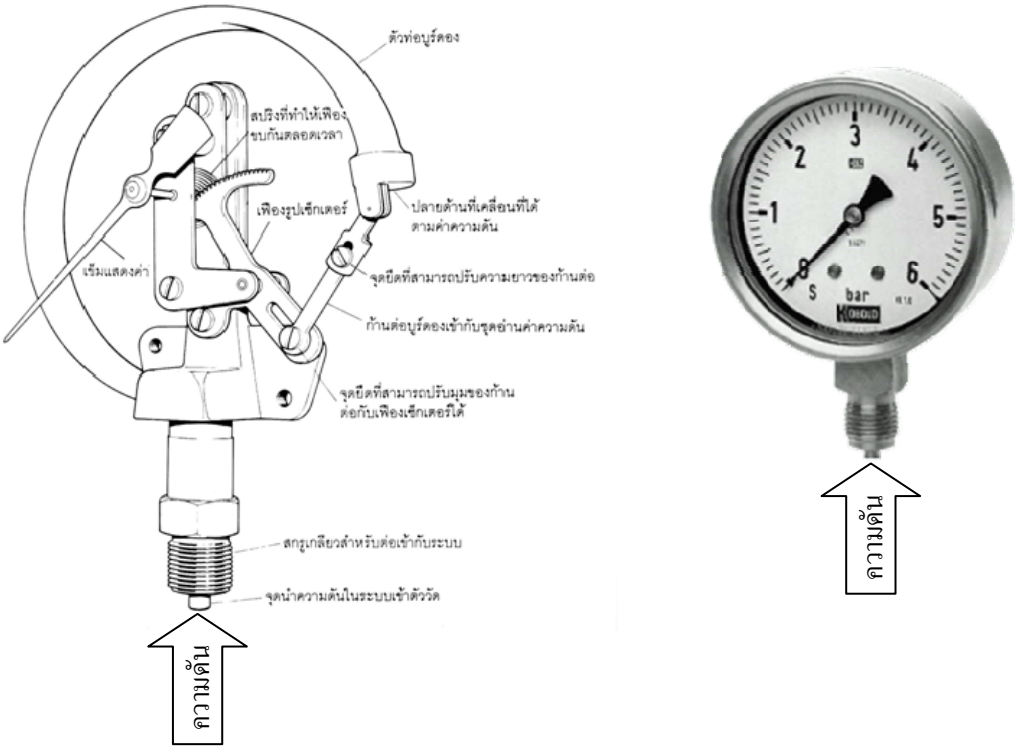
มาตรวัดความดันของเหลว (Pressure indicator or pressure gauge) คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดและแสดงค่าความดันของของเหลวที่ไหลผ่านบริเวณที่ติดตั้งมาตรวัด เพื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงสถานะของความดันภายในหม้อต้มระบบท่อน้ำมันร้อน หรือระบบอื่นๆ ที่ต้องการ มาตรวัดความดันแบ่งได้ 2 ประเภทตามลักษณะการทำงาน ได้แก่

1) มาตรวัดความดันเชิงกล

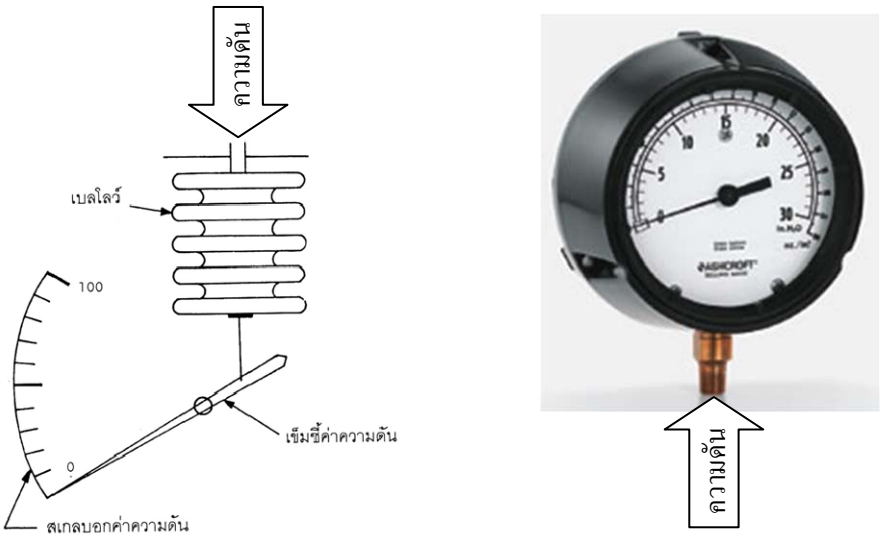
มาตรวัดความดันเชิงกล (Mechanical pressure gauge) ทำงานโดยอาศัยการขยายตัวของกลไกที่ติดตั้งอยู่ภายในมาตรวัด แสดงค่าความดันผ่านทางหน้าปัดแบบเข็มและตัวเลขพร้อมสเกล นิยมใช้มากที่สุดในระบบหม้อต้มฯ เนื่องจากเป็นแบบที่มีโครงสร้างง่าย ราคาถูก วัดความดันได้ครอบคลุมถึงย่านสูงๆ ความเที่ยงตรงดีเมื่อเทียบกับราคา สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 แบบ คือ แบบไดอะแฟรม (Diaphragm) แบบบูร์ดอง (Bourdon) และแบบเบลโลว์ (Bellow) กลไกภายใน และลักษณะภายนอกของมาตรวัดความดันเชิงกลแต่ละแบบแสดงในรูปที่ 4-5 ถึง 4-7



รูปที่ 4-5 มาตรวัดความดันแบบไดอะแฟรม



รูปที่ 4-6 มาตรวัดความดันแบบบูร์ดอง



รูปที่ 4-7 มาตรวัดความดันแบบเบลโลว์

2) มาตรวัดความดันแบบไฟฟ้า

มาตรวัดความดันแบบไฟฟ้า (Electrical pressure gauge) ทำงานโดยการแปลงค่าความถี่ที่สร้างโดยขึ้นทรานส์ดิวเซอร์ (Transducer) เป็นค่าความดันและแสดงให้ผู้ใช้ได้ทราบผ่านทางหน้าปัดแบบเข็มหรือแบบตัวเลขดิจิตอล ภายในทรานส์ดิวเซอร์ประกอบด้วยไดอะแฟรมและผลึกควอร์ตสำหรับกำเนิดสัญญาณความถี่ทางไฟฟ้า ซึ่งความถี่ทางไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามความดันที่เปลี่ยนแปลงไป

เนื่องจากทรานส์ดิวเซอร์เปลี่ยนความดันเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ข้อดีของการใช้มาตรวัดความดันแบบไฟฟ้า คือ สามารถติดตั้งมาตรวัดและตัวแสดงค่าความดันห่างจากจุดวัดความดันได้ไกล ตลอดจนสามารถนำสัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้ไปใช้ร่วมกับระบบควบคุมทางไฟฟ้าอื่นๆ ต่อได้ทันที นอกจากนี้ยังมีค่าความผิดพลาดในการวัดน้อยถึง 0.01% ตลอดอายุการใช้งานหลายสิบปี กลไกภายใน และลักษณะภายนอกของทรานส์ดิวเซอร์และมาตรวัดความดันแบบไฟฟ้าแสดงได้ดังรูปที่ 4-8

รูปที่ 4-8 มาตรวัดความดันแบบไฟฟ้า

4.6.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยเกี่ยวกับการติดตั้งและการใช้งานมาตรวัดความดันของเหลวสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนกำหนดไว้ว่า ต้องมีการติดตั้งมาตรวัดความดันที่ท่อทางเข้าและท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยมาตรวัดความดันต้องอ่านค่าได้อย่างน้อย 1.5 เท่าของความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด ต้องติดตั้งที่ท่อทางดูด ระหว่างเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนกับไส้กรองโดยมาตรวัดความดัน และต้องอ่านค่าได้ทั้งค่าความดันและค่าสุญญากาศ

4.6.2 การใช้งาน

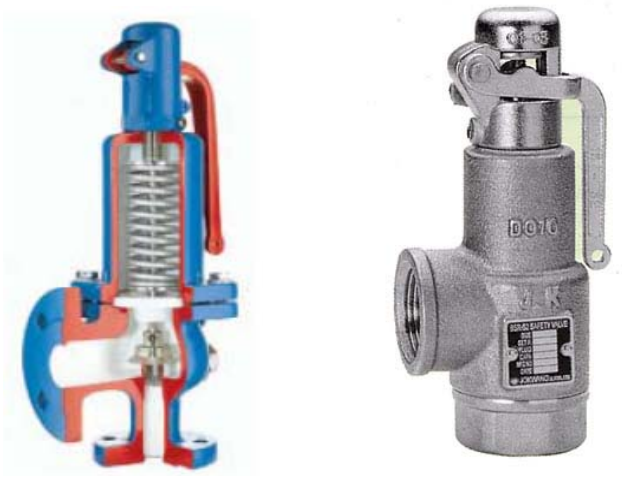
- สเกลตัวเลขที่หน้าปัทม์ควรอ่านค่าได้ระหว่าง 1.5-2 เท่า ของค่าความดันใช้งานสูงสุด
- บนหน้าปัดต้องมีเครื่องหมายแสดงระดับความดันอันตรายไว้ให้เห็นได้ชัดเจน
- ติดตั้งเกจวัดความดันไว้ใกล้หม้อต้มฯ มากที่สุด
- ติดตั้งเกจวัดความดันไว้บริเวณที่ผู้ควบคุมหม้อต้มฯ มองเห็นได้ชัดเจน
- หม้อต้มฯ ที่อุณหภูมิของน้ำมันร้อนสูงกว่า 208 °C ท่อไส้ไก่หรืออุปกรณ์อื่นๆ ห้ามใช้อุปกรณ์ที่ทำมาจากทองแดงและทองเหลือง

4.6.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

ต้องมีการสอบเทียบเกจวัดความดันของหม้อต้มฯ อย่างน้อยปีละครั้งเพื่อความเที่ยงตรง

4.7 ลิ้นนิรภัย

ลิ้นนิรภัย (Safety relief valve) เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในหม้อต้มฯ ลิ้นนิรภัยจะเปิดขึ้นเพื่อระบายของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกหากความดันในหม้อต้มฯ หรือในระบบท่อ เกินพิกัดที่ตั้งไว้ และจะปิดเปิดลงเมื่อความดันของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนลดลงต่ำกว่าพิกัดที่ตั้งไว้ ดังนั้นลิ้นนิรภัยจึงทำหน้าที่รักษาระดับความดันไม่ให้เกินกว่าพิกัดที่ตั้งไว้ เป็นการป้องกันการระเบิดด้วยเหตุอันเนื่องมาจากความดันของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเกินพิกัด ทำให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้งาน ลิ้นนิรภัยที่นิยมใช้เป็นแบบสปริงดันกลับ ดังแสดงในรูปที่ 4-9



รูปที่ 4-9 ลิ้นนิรภัยแบบสปริงดันกลับ

4.7.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยที่เกี่ยวกับการติดตั้งลิ้นนิรภัยสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อความร้อนกำหนดไว้ว่า ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องสูบของเหลวที่ท่อทางเข้าของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องติดตั้งลิ้นนิรภัย (Safety relief valve) ที่ท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และท่อทางออกของลิ้นนิรภัยให้ต่อเข้าสู่ถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว รวมทั้งต้องไม่มีลิ้นปิดเปิดที่ท่อทางเข้าและออกของลิ้นนิรภัย และการติดตั้งลิ้นนิรภัยดังกล่าวต้องอยู่ในระดับที่สูงกว่าถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว

4.7.2 การใช้งาน

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบ่าลิ้นไม่ควรเล็กกว่า 15 มิลลิเมตร
- ท่อทางออกของลิ้นนิรภัยต้องไม่เล็กกว่าท่อทางเข้า
- ในกรณีที่ต้องต่อท่อออกจากลิ้นนิรภัยควรใช้ Dip pan เพื่อตัดไม่ให้น้ำหนักของท่อกดลงที่ตัวลิ้นนิรภัย และท่อที่ต่อออกไปต้องยึดให้มั่นคงแข็งแรง

4.7.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

- สำรวจสภาพของลิ้นนิรภัยด้วยสายตาว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่ และทดลองดึงลวดยกลิ้นนิรภัยด้วยว่าทำงานได้คล่องหรือไม่
- ลิ้นนิรภัยต้องทดสอบสภาพการใช้งานอยู่เสมอ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง
- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ภายในและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับลิ้นนิรภัยสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังรายละเอียดในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ภายในและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับลิ้นนิรภัย

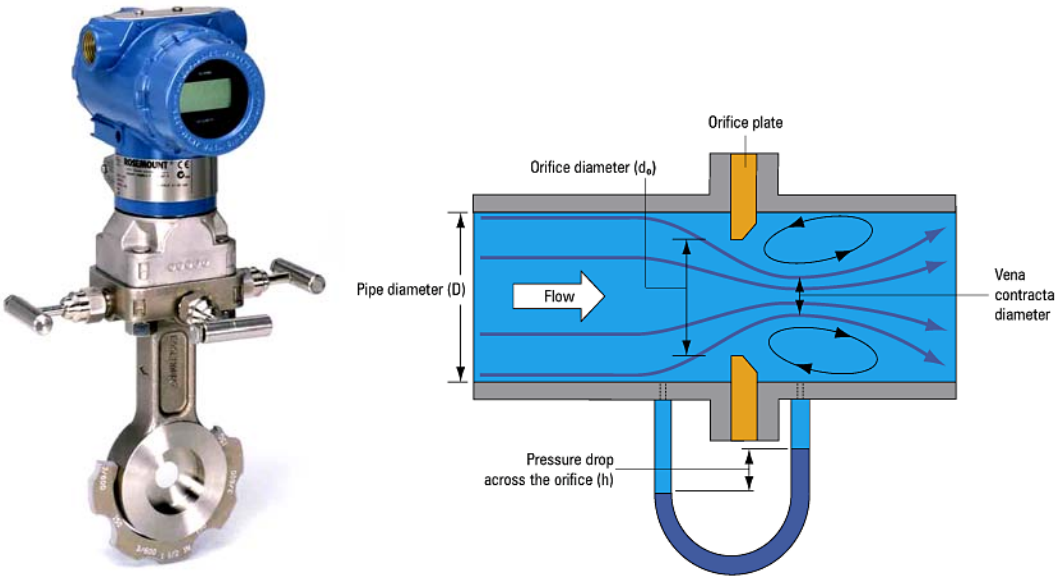
อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
ลิ้นนิรภัย	วาล์ว	ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันร้อน	ไม่มีการรั่วซึม
	สปริง	ตรวจสอบการแตกหัก คราบสนิมและการเปรอะเปื้อน	ไม่มีการแตกหัก คราบสนิมและรอยเปรอะที่สังเกตได้
	ชิ้นส่วนที่อยู่กับที่	ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันร้อน การหลุดหลวมของตะปูควง คราบสนิมและการเปรอะเปื้อน	ไม่มีการรั่วซึม การหลุดหลวม คราบสนิมและรอยเปรอะที่สังเกตได้
	ท่อระบายของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน	ตรวจสอบสภาพของฉนวนความร้อน การรั่วซึมของน้ำมันร้อน และการอุดตัน	ไม่มีน้ำมันร้อนหยด หรือความเสียหายที่ฉนวนความร้อน ไม่มีการรั่วซึมของน้ำมันร้อน ไม่มีการอุดตันของท่อ

- กรณีที่พบความผิดปกติของการทำงานของลิ้นนิรภัย ในช่วงทดสอบก่อนหยุดเดินหม้อต้มฯ จะต้องมีการดำเนินการแก้ไขโดยช่างผู้ชำนาญงาน ดังต่อไปนี้
  - ตรวจสอบ Valve nozzle และ Disk seat ทำการบดบ่าวาล์วตามคำแนะนำของผู้ผลิต
  - ตรวจสอบชิ้นส่วนภายในของวาล์ว ดูสภาพ การกัดกร่อน สึกกร่อน และรอยขีดข่วน แก้ไขหรือเปลี่ยนตามคำแนะนำของผู้ผลิต
  - ตรวจสอบส่วนประกอบของสปริงวาล์ว ถึงการสึกกร่อน แตกร้าว ความยืดหยุ่นของสปริง

- ตรวจสอบแกนวาล์ววาล์วว่าไม่คดงอ เสียรูป รวมทั้งเกลียวปรับสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ
- ตรวจสอบท่อออกของน้ำมันร้อน และท่อระบายน้ำว่ามีความปลอดภัย สามารถขยายตัวหดตัวได้ปกติ
- ทดสอบการทำงานของวาล์วภายใต้ความดันใช้งาน ปรับให้ทำงานตามที่ออกแบบ บันทึกค่าความดันที่วาล์วเปิด

4.8 เครื่องวัดการไหลของของเหลว

เครื่องวัดการไหลของของเหลว (Flow meter) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและแสดงค่าอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลผ่านท่อบริเวณที่ทำการติดตั้งเครื่องวัด อัตราการไหลบ่งบอกถึงปริมาตรของของเหลวที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดใดๆ ในหนึ่งหน่วยเวลา ดังนั้นอัตราการไหลจึงมีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา เช่น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ลิตรต่อวินาที เป็นต้น เครื่องวัดอัตราการไหลสามารถแบ่งตามลักษณะและกลไกในการวัด โดยเฉพาะเครื่องวัดอัตราการไหลแบบวัดความดันแตกต่างเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 4-10 เครื่องวัดอัตราการไหลแบบวัดความดันแตกต่าง

4.8.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนกำหนดไว้ว่า ต้องติดตั้งเครื่องวัดการไหลของของเหลวที่ท่อทางออกของท่อรับความร้อนทุกท่อของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เครื่องวัดการไหลของของเหลวต้องส่งสัญญาณให้ตัดระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงและส่งสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ เมื่อการไหลของของเหลวของท่อรับความร้อนท่อใดท่อหนึ่งต่ำถึงจุดวิกฤต และในกรณีที่ของเหลวในระบบมีอัตราการไหลต่ำกว่าร้อยละ 90 ของอัตราการไหลออกแบบ ต้องส่งสัญญาณให้เครื่องควบคุมการทำงานของระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงทำงานที่ตำแหน่งไฟอ่อนเท่านั้น

4.8.2 การใช้งาน

- ติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวให้ถูกต้องตามทิศทางการไหลของของเหลวที่ต้องการวัดอัตราการไหล
- จัดวางแนวการติดตั้งของเครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวให้ถูกต้องตามที่ผู้ผลิตกำหนด
- หุ้มฉนวนกันความร้อนรอบบริเวณหัววัด หรือบริเวณที่มีการเจาะท่อเพื่อติดตั้งหัววัดให้มิดชิด

4.8.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

ตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำมันร้อน ที่ไหลผ่านเครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวโดยสม่ำเสมอ หากอัตราการไหลลดลง ให้รีบตรวจสอบตำแหน่งที่ติดตั้งหัววัดว่ามีการอุดตัน หรือยังทำงานได้ตามปรกติหรือไม่ เพื่อป้องกันการระเบิดของท่อและอุปกรณ์ข้างเคียง

4.9 ฉนวนกันความร้อน

ฉนวนป้องกันความร้อน (Thermal Insulation) หมายถึง วัสดุที่ต้านทานหรือป้องกันมิให้พลังงานความร้อนส่งผ่านจากผนังด้านที่มีอุณหภูมิสูงไปยังผนังด้านที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ไม่ให้ความร้อนจากหม้อต้มฯ หรือท่อน้ำมันร้อนออกสู่ภายนอกได้ จุดประสงค์ของการใช้ฉนวน เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิสูงไยังแหล่งอุณหภูมิต่ำกว่า หรือกล่าวอีกในหนึ่งคือใช้ฉนวนกันความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิน้ำมันร้อน เนื่องจากท่อน้ำมันร้อนที่หุ้มฉนวนกันความร้อน จะสามารถลดพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากผิวท่อได้มากกว่า 95% เมื่อเทียบกับท่อน้ำมันร้อนที่ไม่ได้หุ้มฉนวนกันความร้อน นอกจากนี้การใช้ฉนวนยังช่วยลดการใช้พลังงานและยังช่วยป้องกันอันตรายจากการสัมผัสของผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งยังมีประโยชน์ในการป้องกันการเกิดไอน้ำกลั่นตัวบนผิวโลหะ เช่น ในระบบทำความเย็น เป็นต้น ในระบบความร้อนจะพบว่าท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนที่มีความหนาเหมาะสม จะสูญเสียความร้อนน้อยกว่าท่อและอุปกรณ์ที่ไม่ได้หุ้มฉนวน หรือหุ้มฉนวนหนาเกินไปค่อนข้างมาก ตามปกติวัสดุกันความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 500 $^{\circ}$C เรียกว่า ฉนวนความร้อน ถ้าอุณหภูมิใช้งานสูงกว่านี้จะเรียกว่า วัสดุกันความร้อน วัสดุที่ใช้ทำฉนวนกันความร้อนมีทั้งแบบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ การกันความร้อนเกิดขึ้นได้โดยอากาศที่แทรกอยู่ตามช่องว่างในโครงสร้าง ลักษณะคล้ายฟองน้ำของตัววัสดุฉนวน วัสดุที่ใช้ทำฉนวนแบ่งออกเป็น 5 ชนิดหลัก ได้แก่

1) Flake insulation

ฉนวนชนิดนี้มีลักษณะเป็นปุย เม็ดเล็กๆ เพื่อแยกอากาศ ทำให้ความร้อนผ่านไปได้ยาก เช่น ไมก้า

2) Fibrous insulation

ฉนวนชนิดนี้มีทั้งเป็นสารอินทรีย์ เช่นไม้ หรือชานอ้อย และทำจากสารอนินทรีย์ เช่น ใยแก้ว (Glass wool or fiber glass) (รูปที่ 4-25) ใยหิน (Rock wool) (รูปที่ 4-26) ใยเซรามิก (Ceramic wool) อลูมินา (Alumina) และ แอสเบสตอส (Asbestos) เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำฉนวนมีคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการ

เป็นฉนวนที่แตกต่างกัน เช่นค่าการนำความร้อน และอุณหภูมิสูงสุดของฉนวนที่ทนได้ คุณสมบัติทั้งสองประการนี้ยังเป็นตัวแปรของราคาที่แตกต่างกันด้วย คุณสมบัติของฉนวนที่ทำจากใยแก้วมีดังต่อไปนี้

(ก) คุณสมบัติทางกายภาพ

- เป็นวัสดุสีเหลืองหรือขาว
- รูปร่าง ความหนา สัดส่วนคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง หยุ่นตัวได้ถึง 90%
- ไม่ติดไฟ ไม่ดูดซึมน้ำ และความชื้น
- น้ำหนักเบา ความหนาแน่น 10-48 kg/m^3 สำหรับแบบม้วนและแผ่น ถ้าเป็นท่อสำเร็จรูป ความหนาแน่น 56-100 kg/m^3
- เป็นเนื้อเดียวกัน ประกอบด้วยใยแก้วเล็กๆ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 4-9 ไมครอน และยาวแต่ละเส้น 150-220 mm

(ข) คุณสมบัติทางเคมี

- ทนต่อกรด ด่าง และการกัดกร่อนของสารต่างๆ ได้ดี
- ไม่มีสารคลอไรด์ปน และไม่เป็นพิษต่อคน
- ไม่ละลายน้ำและสารเคมีอื่น
- ไม่เกิดเชื้อรา และไม่ถูกทำลายด้วยแมลงและสัตว์
- คุณสมบัติทางเคมีไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการใช้งาน

(ค) คุณสมบัติทางฉนวน

- ใยแก้วไม่มีเรซินทนความร้อน ได้สูงถึง 540 $^{\circ}C$
- ใยแก้วเหลืองชนิดมีเรซินทนความร้อนได้ตั้งแต่ -150 $^{\circ}C$ ถึง 350 $^{\circ}C$
- ใยแก้วขาวมีเรซิ่นทนความร้อนได้ถึง 370 $^{\circ}C$
- มีค่าความต้านทานความร้อน 27-32 m K/W ต่อความหนา 25.4 mm
- มีค่าการนำความร้อน 0.031-0.037 W/m-K

รูปที่ 4-11 ฉนวนใยแก้ว

ส่วนคุณสมบัติของฉนวนที่ทำจากใยหินมีดังต่อไปนี้

(ก) คุณสมบัติทางกายภาพ

- เป็นวัสดุสีน้ำตาลปนเขียวอ่อน
- รูปร่าง ความหนา สัดส่วนคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง
- ไม่ติดไฟ ทนอุณหภูมิสูง 800 °C เป็นเวลา 30 นาที และไม่ดูดซับน้ำ
- น้ำหนักเบาปานกลาง ความหนาแน่น 48-400 kg/m^3
- ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ประกอบด้วยใยหินเล็กๆ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นหินประมาณ 5-10 ไมครอน และยาวแต่ละเส้น 50-100 mm

(ข) คุณสมบัติทางเคมี

- ทนต่อกรด ด่าง และการกัดกร่อนของสารต่างๆ ได้พอสมควร
- มีสารคลอไรด์ได้ไม่เกิน 10 ppm ตาม ASTM D-512
- ไม่ละลายน้ำและไม่ดูดซับน้ำ
- คุณสมบัติทางเคมีไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการใช้งาน

(ค) คุณสมบัติทางฉนวน

- ใยหินไม่มีสารเรซิ่นทนความร้อนได้สูงถึง 1000 °C
- ใยหินม้วนและแผ่นทนความร้อนได้ 100-550 °C
- ใยหินสำเร็จรูปทนความร้อนได้ถึง 100-550 °C
- มีค่าการนำความร้อน 0.044-0.165 W/m-K

รูปที่ 4-12 ฉนวนใยหิน

พึงสังเกตว่า ใยแก้วและใยหินมีความแตกต่างกันที่โครงสร้างของเส้นใย ใยแก้วเกิดจากเส้นใยที่ยาวกว่าจึงแข็งแรงกว่า สามารถลดความหนาแน่นลงได้ต่ำ ตั้งแต่ 10-48 kg/m^3 ในขณะที่เส้นใยหินเป็นเส้นใยสั้น จำเป็นต้องเพิ่มความหนาแน่นตั้งแต่ 48-400 kg/m^3 เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับฉนวน

3) Granular insulation

ฉนวนชนิดนี้ทำจากวัสดุพวกโฟมต่างๆ และแคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate) ดังแสดงในรูปที่ 4-27 เป็นต้น คุณสมบัติของฉนวนที่ทำจากแคลเซียมซิลิเกต มีดังต่อไปนี้

(ก) คุณสมบัติทางกายภาพ

- สามารถใช้งานได้ถึงอุณหภูมิสูงสุด 650 $^{\circ}$C
- ความหนาแน่น 190-230 kg/m^3
- ความแข็งแรงต่อการดัดโค้งเข้ารูป 354 kN/m^2
- ความแข็งแรงต่อแรงอัดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิดังตารางที่ 4-4
- มีค่าการนำความร้อนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิดังตารางที่ 4-5

(ข) คุณสมบัติทางเคมี

- ทนต่อกรด ด่าง และการกัดกร่อนของสารต่างๆ ได้ดี
- ไม่มีสารคลอไรด์ปน และไม่เป็นพิษต่อคน
- ไม่ละลายน้ำและสารเคมีอื่น
- ไม่เกิดเชื้อรา และไม่ถูกทำลายด้วยแมลงและสัตว์
- คุณสมบัติทางเคมีไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการใช้งาน

(ค) คุณสมบัติทางฉนวน

- ประกอบด้วยเนื้อทรายและปูนเป็นตัวประกอบ จึงเป็นเซลแบบเปิดที่มีที่ว่างของรูอากาศระหว่างเซล เป็นตัวฉนวนได้ดี
- ทนอุณหภูมิได้สูง 650 $^{\circ}$C
- มีค่าการนำความร้อน 0.052-0.085 W/m-K
- มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 0.84 kJ/kg-K

ตารางที่ 4-4 ความแข็งแรงต่อแรงอัดของฉนวนที่ทำจากแคลเซียมซิลิเกต

อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	ความหนาลด (%)	แรงอัด (kN/m^3)
400	1.5	690
500	1.6	690
600	1.7	620

ตารางที่ 4-5 ค่าการนำความร้อนของฉนวนที่ทำจากแคลเซียมซิลิเกต

อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	ค่าการนำความร้อน (W/m-K)
50	0.052
100	0.056
150	0.061
200	0.066
250	0.072
300	0.078
350	0.085

รูปที่ 4-13 ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต

4) Cellular insulation

ฉนวนชนิดนี้ทำจากพวกแก้ว ยาง และพลาสติก

5) Reflective insulation

ฉนวนชนิดนี้ทำจากแผ่นโลหะบางๆ หรือฟอยด์ซึ่งทำจากอลูมิเนียม หรือ Stainless steel เพื่อที่จะสะท้อนความร้อนให้ย้อนกลับ เช่น ฟิล์มกรองแสง อลูมิเนียมฟอยด์

สามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติและจุดเด่นในการใช้งานของฉนวนแต่ละชนิดได้ดังแสดงในตารางที่ 4-6

4.9.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยเกี่ยวกับฉนวนกันความร้อนสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน กำหนดไว้ว่า ต้องจัดให้มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ตัวหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ท่อส่งของเหลว อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอุณหภูมิเกินกว่า 85 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของผิวฉนวนต้องไม่สูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ในขณะใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติและจุดเด่นในการใช้งานของฉนวนแต่ละชนิด

ชนิดของฉนวน	ประเภท	อุณหภูมิใช้งานที่ปลอดภัย ($^{\circ}$C)	ค่าการนำความร้อนสูงสุด (W/m-K)	จุดเด่น
แอสเบสตอส (Asbestos)	- ฉนวนทรงกระบอก - ฉนวนแผ่น - ผ้าห่มทนความร้อน - เชือกฉนวน	550 350 400	0.053-0.056 0.048-0.053 0.055-0.065	ติดตั้งสะดวก เหมาะสมกับบริเวณที่สั่นสะเทือน สามารถถอดได้ เหมาะสมกับวาล์ว และหน้าแปลน
ใยหิน (Rock wool)	- ฉนวนแผ่น - ฉนวนทรงกระบอก - ฉนวนแถบ	400-600	0.039-0.048	เหมาะสมกับอุณหภูมิสูงใช้เป็นฉนวนของหม้อต้มฯ ถัง ท่อ และทางไฟ เป็นต้น
Diatomaceous earth	- ใส่เส้นใยพืช - ใส่แอสเบสตอส	250 500	0.062-0.097 0.083-0.097	ใช้เป็นฉนวนแบบปั้นขึ้นรูปได้ตามต้องการ
ใยแก้ว (Glass wool)	- ฉนวนแผ่น แบบ 8K-24K แบบ 10K-96K แบบ 96K - ฉนวนทรงกระบอก - ฉนวนแถบ	300-350	 0.054-0.040 0.057-0.036 0.040 0.037 0.045	เป็นวัสดุฉนวนที่นิยมใช้กันมากที่สุด ค่าการนำความร้อนต่ำ ความสามารถในการรักษาอุณหภูมิดี
แคลเซียมซิลิเกต	- ฉนวนแผ่น - ฉนวนทรงกระบอก	650	0.053 0.065	มีความแข็งแรงมาก แต่ถ้าทำเป็นแบบสำเร็จรูปการติดตั้งและความทนทานไม่ดี
Pearlite	- ฉนวนแผ่น - ฉนวนทรงกระบอก	650	0.053	

4.9.2 การใช้งาน

1) การเลือกใช้ฉนวนป้อนกันความร้อน

ฉนวนป้องกันความร้อนเป็นวัสดุที่ช่วยลดการสูญเสียความร้อนในระบบหมุนเวียนของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน และยังทำให้ระบบท่อและผิวนอกรอบๆ อุปกรณ์ที่ใช้น้ำมันร้อนไม่ร้อนจนเกินไป ลดอันตรายจากการที่คนหรือพนักงานไปจับหรือแตะต้องท่อหรืออุปกรณ์ ฉนวนป้องกันความร้อนที่ใช้มีหลายชนิดหลายราคา ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของฉนวนและลักษณะงานที่จะนำไปใช้ หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ฉนวนป้องกันความร้อนมีดังต่อไปนี้

- มีค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity, k) ต่ำหรือค่าความต้านทานความร้อน (Thermal resistance, R) สูง
- ไม่ติดไฟหรือลุกติดไฟ สามารถทนอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดสำหรับฉนวนชนิดนั้นๆ ได้
- ไม่ซับหรืออมน้ำ และทนต่อความชื้น ต้านทานต่อมด แมลง หนู ได้เป็นต้น
- ทนต่อแรงดึง แรงอัด และการสั่นสะเทือน โดยไม่เสื่อมสภาพหรือแปรรูป
- ติดตั้งสะดวก ดูแลรักษา และซ่อมแซมง่าย
- มีสภาพความเป็นฉนวนคงที่ ไม่กัดกร่อน หรือมีอายุการใช้งานยาวพอสมควร
- มีช่วงอุณหภูมิการใช้งานที่กว้าง
- ลดความมีเสียงดังภายในลงได้
- ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
- มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา ราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย

2) ข้อควรคำนึงในการหุ้มฉนวน

ในการหุ้มฉนวนท่อและอุปกรณ์ความร้อนต่าง จำเป็นต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้เป็นสิ่งแรกได้แก่

- ความชื้นของบรรยากาศและที่ตั้งของงาน ฉนวนที่นำมากันความร้อนที่อุณหภูมิต่ำๆ ต้องคำนึงถึงความชื้นด้วย เพราะอาจจะเกิดหยดน้ำรอบฉนวนที่ติดตั้งได้
- การขยายตัวเนื่องจากความร้อนและการหดตัวของฉนวน โดยตรงรอยต่อของวัสดุฉนวนที่มีความยาวมากๆ จะเกิดช่องว่างขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของท่อ วิธีแก้ปัญหาของช่องว่างนี้ทำได้โดยการใส่ฉนวนใยแก้วเสริมอยู่ที่ทุกรอยต่อของวัสดุฉนวน
- การวางแนวต่อตามความยาวของท่อและถัง สำหรับฉนวนสำเร็จรูปที่มีรอยต่อตามยาวควรให้รอยต่อทั้งสองชนสนิทกันพอดี ไม่ควรทิ้งให้เป็นช่องว่าง การวางตำแหน่งของรอยต่อมักจะต่อที่ตำแหน่ง 4 นาฬิกา ถ้าเป็นการหุ้มฉนวนสองชั้น รอยต่อชั้นในมักจะต่อที่ตำแหน่ง 2 นาฬิกา ส่วนรอยต่อชั้นนอกมักจะต่อที่ตำแหน่ง 4 นาฬิกา
- มีการป้องกันน้ำจากภายนอก เช่น น้ำฝน เป็นต้น
- ควรหุ้มฉนวนตามวาล์ว หน้าแปลน และข้องอต่างๆ เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้จะสูญเสียความร้อนหากปล่อยทิ้งไว้ไม่หุ้มฉนวน วิธีป้องกันคือทำเป็นกล่องสำเร็จรูปที่เปิดปิดได้
- ควรรักษาความหนาและแนวป้องกันความร้อน
- การสูญเสียความร้อนไปกับอุปกรณ์แขวนหรือติดตั้ง

ท่อและอุปกรณ์ความร้อน แม้ได้รับการติดตั้งฉนวนกันความร้อนอย่างถูกต้อง และสมบูรณ์แบบแล้วก็ตาม ความร้อนยังสูญเสียได้จากท่อและอุปกรณ์ไปเพียงแต่น้อยลงหรือน้อยที่สุด แต่คงไม่อาจป้องกันมิให้การสูญเสียเลย เนื่องจาก

- ความร้อนจากน้ำมันร้อนสูญเสียโดยการถ่ายเทไปยังอุปกรณ์และท่อโดยการพาความร้อน
- ความร้อนจากผิวด้านในของท่อหรืออุปกรณ์เคลื่อนที่มายังผิวด้านนอกของท่อโดยการนำความร้อน
- ความร้อนที่ผิวด้านนอกของท่อหรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ผ่านวัสดุฉนวนกันความร้อนโดยการนำความร้อนมายังผิวด้านนอกของวัสดุฉนวน
- ที่ผิวด้านนอกสุดของวัสดุฉนวนจะมีวัสดุหุ้มทับอีกชั้นหนึ่ง ความร้อนผ่านไปยังผิวนอกด้วยการนำความร้อนเช่นกัน
- ความร้อนจากวัสดุหุ้มทับสูญเสียไปสู่อากาศภายนอกด้วยการแผ่รังสี

3) การติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน

เนื่องจากวัสดุฉนวนมีทั้งแบบเป็นผล เป็นแผ่นหรือท่อและเป็นม้วน การติดตั้งก็มีกรรมวิธีที่แตกต่างกันออกไป

- ชนิดเป็นผง ผู้ใช้ต้องนำมาผสมเอง เช่น Diatomaceous Earth หรือ แคลเซียมซิลิเกตผง กรรมวิธีการติดตั้งค่อนข้างยุ่งยาก ต้องอาศัยความสามารถหรือความชำนาญของผู้ติดตั้งในการหล่อให้ได้ขนาดของงาน ที่สำคัญคือต้องรักษาความหนาของฉนวนให้เท่ากันตลอด และเมื่อติดตั้งแล้วอาจแตกร้าวหรือหดตัวเนื่องจากต้องผสมน้ำ เมื่อแห้งเป็นธรรมดาจะเกิดการหดตัวได้จึงเป็นการยากมากทีเดียว
- ชนิดเป็นแผ่นหรือท่อสำเร็จรูป เช่น ใยแก้วที่ทำเป็นท่อสำเร็จรูปสามารถแกะออกได้เลย หรือฉนวนแคลเซียมซิลิเกตหากเป็นแบบ 2 ฝา หรือมากกว่า สามารถนำมาประกบกันได้เลย สะดวกและง่าย เป็นที่นิยมใช้กันมาก
- ชนิดเป็นผืนหรือม้วน ใช้กับงานที่เป็นถังหรือกระบอกใหญ่ เช่น หม้อต้มฯ ถังยืนหรือนอน เป็นชนิดที่ติดตั้งง่าย ปูทับกัน อาศัยตัวยึดที่เตรียมไว้เป็นช่วงๆ เพื่อรักษารูปให้อยู่ตลอดไป

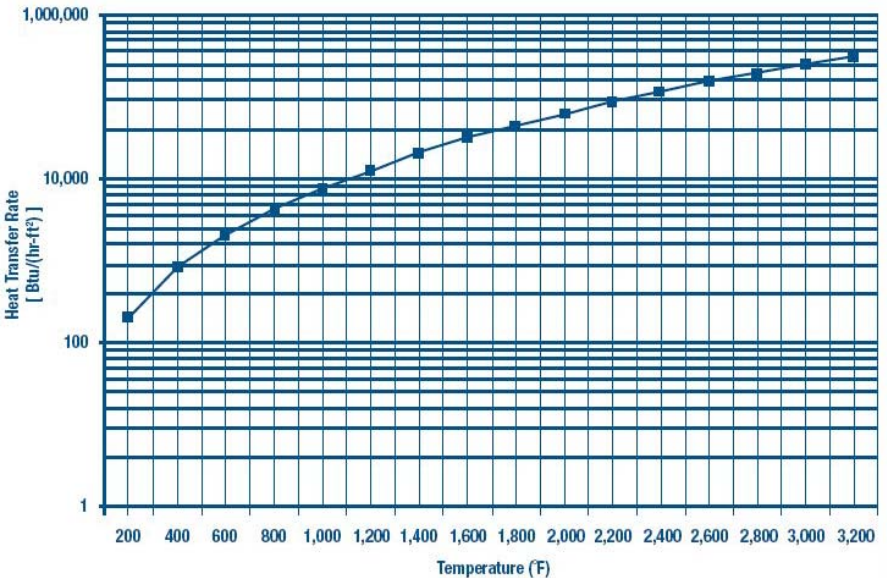
ในการติดตั้ง ควรพิจารณาดูว่าจะต้องมีแผ่นสังกะสีหรืออลูมิเนียม มาหุ้มป้องกันฉนวนหรือไม่ ฉนวนที่มีกำลังเชิงกลต่ำ อาจจะถูกกดจนเสียรูปทรงได้ จึงสมควรถูกหุ้ม แต่ถ้าเป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่ภายในและไม่มีใครมาทำความเสียหายได้ ก็อาจจะไม่ต้องหุ้มโลหะ แต่ก็ต้องพิจารณาอีกว่า ฉนวนจะตกท้องช้างหรือไม่ แล้วหาวิธีรัดหรือรองรับให้ดี ฉนวนที่ติดตั้งกลางแจ้งต้องป้องกันไม่ให้โดนฝน

4) การลดการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว

การสูญเสียความร้อนที่พื้นผิวโดยการแผ่รังสี และการนำความร้อน ถ้าพื้นที่ผิวมีระดับความต้านทานความร้อนต่ำแล้ว จะเกิดการสูญเสียความร้อนที่พื้นที่ผิวอย่างแน่นอน ยกตัวอย่าง เช่น บริเวณผิวของ

ท่อเหล็ก และข้อต่อต่างๆ (Fitting) ส่วนการสูญเสียความร้อนแบบการนำความร้อนจะเกิดการสูญเสียอย่างมากที่อุณหภูมิต่ำ ในทางตรงกันข้ามจะเกิดการสูญเสียความร้อนแบบแผ่รังสีเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ แต่หากปริมาณพื้นที่ผิวทำความร้อนในโรงงานน้อย การสูญเสียความร้อนทางพื้นผิวจะไม่นำมาพิจารณา

อุปกรณ์ที่มีพื้นผิวร้อน จะเผชิญกับการสูญเสียอันเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ เช่น เมื่ออุปกรณ์ดังกล่าวทำงานที่อุณหภูมิ 2,200 $^{\circ}$F พื้นผิวร้อนจะแผ่รังสีความร้อนไปยังพื้นผิวที่เย็นกว่าด้วยอัตราการแผ่รังสีความร้อนเท่ากับ 30,000 BTU/hr-ft^2 และอัตราการแผ่รังสีความร้อนนี้จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute temperature) ของพื้นผิวร้อนยกกำลังสี่ ดังแสดงในรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแผ่รังสีความร้อนและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของพื้นผิวร้อน

4.9.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

- สามารถตรวจสอบการเสื่อมสภาพของฉนวนกันความร้อนด้วยวิธีง่ายๆ ไม่ต้องอาศัยเครื่องมือวัดใดๆ คือ ตรวจสอบโดยใช้แตะสัมผัสด้วยฝ่ามือ ทำความรู้สึกว่าร้อนแค่ไหน ถ้าแตะสัมผัสนิ่งไว้ได้ถึง 5-10 วินาที ถือว่าใช้ได้ แต่ถ้าแตะสัมผัส 2-3 วินาทีแล้วรู้สึกร้อนจนทนไม่ไหวต้องชักมือออก แสดงว่าฉนวนเสื่อมสภาพ
- หมั่นทำความสะอาดฝุ่น แมลง หยากไย่ บนผิวโลหะครอบฉนวนหม้อต้มฯ
- ถ้าโลหะครอบฉนวนมีการเปื่อยเป็นสนิม ต้องรีบตรวจสอบการรั่วของตัวหม้อต้มฯ บริเวณด้านใต้ผิวฉนวนกันความร้อนนั้น ว่ามีการรั่วซึมของตัวหม้อต้มฯ หรือไม่ และทำการแก้ไข เพราะการรั่วซึมนั้นอาจจะเป็นการแตกร้าวของโครงสร้างหม้อต้มฯ ทำให้หม้อต้มฯ อาจจะระเบิดได้
- ทำการเปลี่ยนโลหะครอบฉนวน หรือเปลี่ยนฉนวนใหม่

- ถ้าเป็นโลหะครอบฉนวนที่ทาสี ให้พ่นสีทนความร้อนใหม่ให้หม้อต้มฯ ดูเรียบร้อย และเพื่อเป็นจุดบ่งชี้ของบริเวณการรั่วซึมของตัวหม้อต้มฯ ในอนาคต
- ตรวจสอบสภาพฉนวนกันความร้อนที่คอเตา (Burner throat)
- ตรวจสอบสิ่งสกปรก (Slag) ที่เกาะหรือเกิดอยู่บนผิวของฉนวนกันความร้อน
- ตรวจสอบและแก้ไขหากพบฉนวนกันความร้อนหลุดหรือหักจากตำแหน่งต่างๆ

4.10 อุปกรณ์ไล่ก๊าซ

อากาศหรือก๊าซที่เข้าไปในระบบหมุนเวียนของเหลวจะทำให้ประสิทธิภาพของการส่งผ่านความร้อนลดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากอากาศเป็นฉนวนความร้อน การไล่อากาศออกจากระบบด้วยอุปกรณ์ไล่ก๊าซ (Air venting) จะช่วยให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้นและประหยัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของหัวเผาและหม้อต้มฯ

4.10.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนกำหนดไว้ว่า ต้องติดตั้งอุปกรณ์ไล่ก๊าซที่ระบบท่อ ในบริเวณที่มีก๊าซสะสม

4.10.2 การใช้งาน

- ติดตั้งและจัดวางแนวการติดตั้งอุปกรณ์ไล่ก๊าซให้ถูกต้องตามที่ผู้ผลิตกำหนด และคำนึงถึงทิศทางที่ต้องการไล่ก๊าซออกจากระบบด้วย
- หุ้มฉนวนกันความร้อนรอบท่อที่ต่อเข้าสู่อุปกรณ์ไล่ก๊าซ
- ต่อท่อระบายก๊าซจากอุปกรณ์ไล่ก๊าซไปปล่อยทิ้งยังบริเวณที่ไม่สร้างความรำคาญให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน

4.10.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

ตรวจสอบสภาพและการทำงานของอุปกรณ์ไล่ก๊าซอย่างสม่ำเสมอ และบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่แนะนำโดยผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด

4.11 บันไดและทางเดิน

บันไดและทางเดินสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่ออำนวยความสะดวกและป้องกันการเกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานในขณะตรวจสอบสภาพการทำงานของหม้อต้มฯ และอุปกรณ์ข้างเคียงต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ในระดับที่สูงจากพื้นดินมากๆ ตลอดจนอำนวยความสะดวกและป้องกันการเกิดอันตรายในขณะทำการตรวจวัดค่าต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และระดับน้ำ จากมาตรวัดที่ติดตั้งอยู่ในระดับที่สูงจากพื้นดินมากๆ ลักษณะของบันไดและทางเดินแสดงได้ดังรูปที่ 4-15

รูปที่ 4-15 บันไดและทางเดิน

4.11.1 ข้อบังคับตามกฎหมายความปลอดภัย

กฎหมายความปลอดภัยของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนกำหนดไว้ว่า ต้องติดตั้งบันไดและทางเดินพร้อมราวจับและขอบกันตก สำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือถังรับการขยายตัวที่สูงเกิน 3 เมตร

4.11.2 การใช้งาน

จับราวบันไดและราวทางเดินทุกครั้งขณะใช้งาน

4.11.3 การตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษา

ตรวจสอบสภาพบันได ทางเดิน และราวจับด้วยสายตา พิจารณารอยเชื่อมทุกจุดว่ามีการหลุด เคลื่อน แตกหักออกจากกันหรือไม่ นอกจากนี้ให้พิจารณาการเกิดสนิมด้วย หากมีการชำรุดต้องรีบซ่อมแซมทันที

บทที่ 5
ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน หรือน้ำมัน (Thermal oil or thermal fluid) เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน มีอายุการใช้งานประมาณ 3-5 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของน้ำมัน โดยทั่วไปต้องมีการนำน้ำมันในระบบไปตรวจสอบสภาพทุกๆ 6 เดือน น้ำมันที่ใช้ในระบบถ่ายเทความร้อนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

(ก) Mineral oil เป็นน้ำมันที่ได้จากขบวนการกลั่นน้ำมัน และเติมสารเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เหมาะจะนำไปใช้ที่อุณหภูมิ 0-315 ^{o}C มีจำหน่ายหลายบริษัท เช่น Mobil Therm 605 หรือ Esso Therm 500 เป็นต้น รายละเอียดคุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนแสดงได้ดังตารางที่ 5-1 ถึง 5-10

(ข) Synthetic fluid เป็นน้ำมันที่ได้จากขบวนการสังเคราะห์ เหมาะจะนำไปใช้กับงานอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (Below freezing point) จนถึงงานที่มีอุณหภูมิสูง (อาจสูงกว่า 375 ^{o}C)

ตารางที่ 5-1 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน

Trade name	Density kg/m^3		Flash point ^{o}C	Kinematic viscosity m^2 / s x10^6		SP.HT kJ/kg-K	
	20 ^{o}C	250 ^{o}C		20 ^{o}C	250 ^{o}C	20 ^{o}C	250 ^{o}C
Mobil Therm 605	868	720	185	75	1.88	1.88	2.71
Esso Therm 500	858	716	215	80	1.93	1.93	2.80
Shell Therm 23	868	724	232	57	1.88	1.88	2.72
Shell Therm 27	869	725	220	80	1.88	1.88	2.71

Trade name or typical characteristics	Caltex Texatherm	BP Transcal N
Density (15 ^{o}C), kg/L	0.812	0.872
Flash Point, ^{o}C	224	221
Fire Point, ^{o}C	-	243
Auto-ignition Temperature, ^{o}C	335	350
Kinematic Viscosity (40 ^{o}C), cSt	43.3	30
Kinematic Viscosity (100 ^{o}C), cSt	6.8	5.1

ตารางที่ 5-2 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน Therminol® 55 Heat Transfer Fluid

คุณสมบัติ	ค่า
Operating Range	-25 °C to 290 °C (-15 °F to 550 °F)
Appearance	Clear yellow liquid
Composition	Synthetic hydrocarbon mixture
Moisture Content, Maximum	250 ppm
Flash Point (ASTM D-92)	177 °C (350 °F)
Fire Point (ASTM D-92)	218 °C (425 °F)
Autoignition Temperature (ASTM E-659)	343 °C (650 °F)
Kinematic Viscosity, at 40 °C	19.0 cSt
Kinematic Viscosity, at 100 °C	3.5 cSt
Density at 25 °C	868 kg/m^3 (7.25 lb/gal)
Specific Gravity (60 °F/60 °F)	0.876
Coefficient of Thermal Expansion at 200 °C	0.000961/°C (0.000534/°F)
Average Molecular Weight	320
Pour Point	-54 °C (-65 °F)
Pumpability, at 2000 mm^2/s (cSt)	-28 °C (-19 °F)
Pumpability, at 300 mm^2/s (cSt)	-8 °C (17 °F)
Minimum Temperatures for Fully Developed Turbulent Flow (Re = 10000)	
10 ft/sec, 1-in tube	67 °C (152 °F)
20 ft/sec, 1-in tube	45 °C (114 °F)
Transition Region Flow (Re = 2000)	
10 ft/sec, 1-in tube	24 °C (75 °F)
20 ft/sec, 1-in tube	11 °C (52 °F)
Boiling Range, 10%	340 °C (644 °F)
Boiling Range, 90%	390 °C (734 °F)
Normal Boiling Point	351 °C (664 °F)
Heat of Vaporization at Max. Use Temp 290°C	228 kJ/kg (98.1 Btu/lb)
Optimum Use Range	-25 °C to 290 °C (-15 °F to 550 °F)
Extended Maximum Use Temperature	315 °C (600 °F)
Maximum Film Temperature	335 °C (635 °F)
Pseudocritical Temperature	512 °C (953 °F)
Pseudocritical Pressure	13.2 bar (191 psia)
Pseudocritical Density	258 kg/m^3 (16.1 lb/ft^3)

ตารางที่ 5-3 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน Therminol® 66 Heat Transfer Fluid

คุณสมบัติ	ค่า
Operating Range	0 °C to 345 °C (30 °F to 650 °F)
Appearance	Clear, pale yellow liquid
Composition	Modified terphenyl
Moisture Content, Maximum	150 ppm
Flash Point (ASTM D-92)	184 °C (363 °F)
Fire Point (ASTM D-92)	212 °C (414 °F)
Autoignition Temperature (ASTM E-659)	374 °C (705 °F)
Kinematic Viscosity, at 40 °C	29.6 cSt
Kinematic Viscosity, at 100 °C	3.8 cSt
Density at 25 °C	1005 kg/m^3 (8.39 lb/gal)
Specific Gravity (60 °F/60 °F)	1.012
Coefficient of Thermal Expansion at 200 °C	0.000819/°C (0.000455/°F)
Average Molecular Weight	252
Pour Point	-32 °C (-25 °F)
Pumpability, at 2000 mm^2/s (cSt)	-3 °C (27 °F)
Pumpability, at 300 mm^2/s (cSt)	11 °C (52 °F)
Boiling Range, 10%	348 °C (658 °F)
Boiling Range, 90%	392 °C (738 °F)
Normal Boiling Point	359 °C (678 °F)
Maximum Film Temperature	375 °C (705 °F)

ตารางที่ 5-4 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน Therminol® FF Flush Fluid

คุณสมบัติ	ค่า
Appearance	Dark amber liquid
Composition	Synthetic hydrocarbon
Moisture Content	200 ppm
Flash Point (ASTM D-92)	>250 °F (120° C)
Fire Point (ASTM D-92)	>270 °F (130° C)
Boiling Range (ASTM D20)	420 °F – 550 °F (215 °C – 287 °C)
Viscosity, at 25 °C	2-5 cSt
Density at 25°C	0.96 - 0.98 g/cm^3

ตารางที่ 5-5 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน ESSOTHERM 500

คุณสมบัติ	ค่า
Viscosity, ASTM D 445	
cSt @ 40 ºC	30.4
cSt @ 100 ºC	5.4
Pour Point, ºC, ASTM D 97,	max -6
Flash Point, ºC, ASTM D 92	230
Neutralisation Number, ASTM D 974, mg KOH/g,	max 0.05
Specific Gravity, ASTM D 4057	0.857
Micro-Conradson Residue, wt%, D 4530	0.05 max

ตารางที่ 5-6 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน Mobiltherm 600 Series

คุณสมบัติ	ค่า	
Mobiltherm 600 Series	603	605
Viscosity, ASTM D 445		
cSt @ 40 ºC	20.2	30.4
cSt @ 100 ºC	4.2	5.4
Pour Point, ºC, ASTM D 97	-6	-6
Flash Point, ºC, ASTM D 92	190 (min)	230
Specific Gravity @15 ºC kg/l, ASTM D 4052	-	0.857
Micro-Conradson Residue, wt %, D4530	0.05 (max)	0.05 (max)

ตารางที่ 5-7 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน Texatherm

คุณสมบัติ	ค่า	
ISO Grade	32	46
Autoignition Temperature, °C	350	360
Flash Point, COC, °C	212	224
Pour Point, C	-12	-9
Viscosity,		
mm^2/s @ 40 °C	30.6	43.3
mm^2/s@ 100 °C	5.3	6.5
Viscosity Index	102	99

ตารางที่ 5-8 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน Shell Thermia Oil B

คุณสมบัติ	ค่า
Kinematic Viscosity @, (IP 71)	
0°C cSt	229
40°C cSt	25.0
100°C cSt	4.65
200°C cSt	1.2
300°C cSt	0.5
Viscosity Index, (IP 226)	100
Density @ 15°C kg/l, (IP 365)	0.868
Flash Point °C, (Pensky-Martens Closed Cup), (IP 34)	220
Flash Point °C, (Cleveland Open Cup), (IP 36)	232
Fire Point °C, (ISO 2592)	255
Pour Point °C, (IP 15)	-18
Initial Boiling Point °C Above	355
Coefficient of Thermal Expansion per °C	0.00076
Autogenous Ignition Temperature °C	375
Neutralisation Number mg KOH/g, (IP 139)	0.05

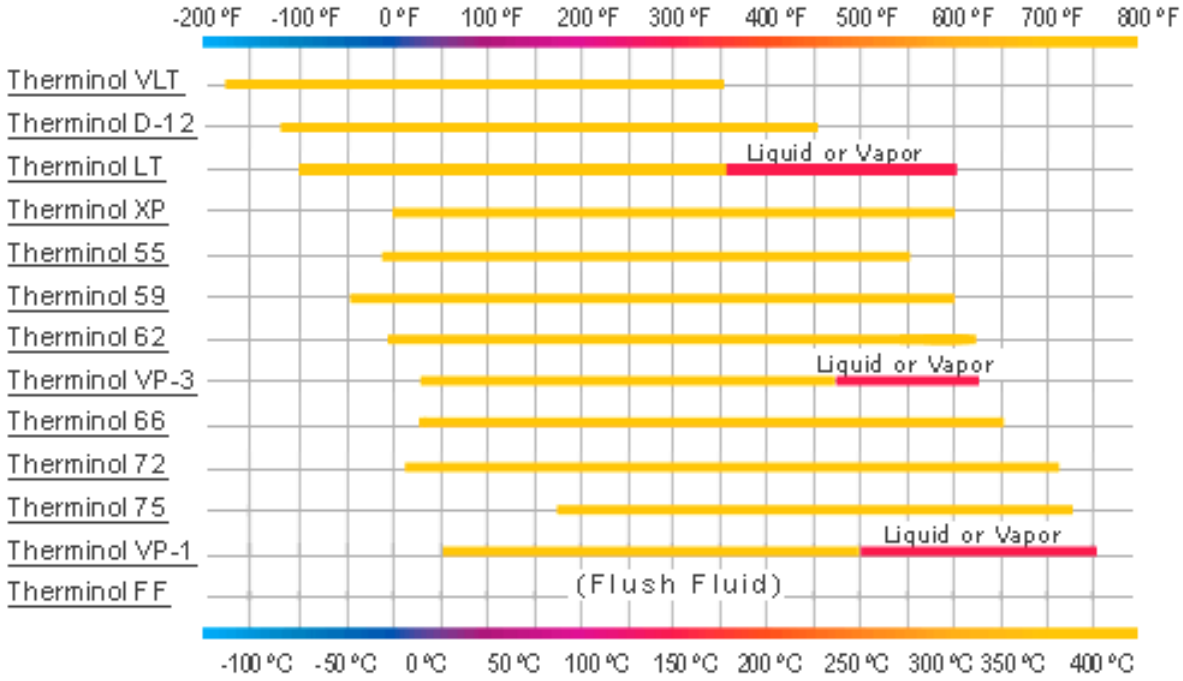
ตารางที่ 5-9 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน BP Heat Transfer Fluids

คุณสมบัติ	ค่า		
Key properties	Transcal N	Transcal S-AB	Transcal SA
Product type	Mineral oil base	Synthetic base	Synthetic base
Specific gravity @15 °C	0.870	0.877	1.033
KV @40oC (cSt)	30.0	17.9	15.2
KV @100oC (cSt)	5.1	3.4	3.0
Flash point PMCC (°C)	210	181	194
Flash point COC (°C)	221	198	-
Fire point (°C)	243	218	206
Pour point (°C)	-9	-60	<-21
Auto ignition temp (°C)	350	350	385
Bulk operating temp (°C)	-10-320	-35-300	0-350

ตารางที่ 5-10 คุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน Paratherm HE

คุณสมบัติ	ค่า
Optimum Use Range	150 °F to 600 °F (66 °C to 316 °C)
Flash Point (coc) ASTM-D-92	440 °F (227 °C)
Fire Point (coc) ASTM-D-92	500 °F (260 °C)
Autoignition ASTM-D-2155	700 °F (371 °C)
Atmospheric Boiling Point, 10% Fraction, ASTM-D-1160	779 °F (415 °C)
Vapor Pressure, psia @	
300 °F	0.00039
400 °F	0.0097
500 °F	0.1350
600 °F	0.8700
Coefficient of Thermal Expansion	0.000592/°F 0.001066/°C
Heat of Vaporization (Calculated)	77.19 Btu/lb
Heat of Combustion	19,550 Btu/lb
API Gravity ASTM D-287	31.7
Specific Gravity @ 15 °C ASTM-D-1298	0.8651
Density, lb/gal @ 60 °F (16 °C)	7.22
Viscosity, cSt @ 40 °C ASTM-D-445	40.25
Pour Point (Crystal Point) ASTM-D-97	5 °F (-15 °C)
HE-L/PTM Fluid	-35 °F
Pumpability: Centrifugal @ 2,000 cSt, nominal	20 °F (-7 °C)
Color ASTM-D-1500	1.0
Molecular Weight ASTM-D-2502	445 g/mole
Corrosivity (3hr Cu Strip @ 100 °C) ASTM-D-130	1A
Total Sulphur (Mass %) J-140	0.002
Total Acid Number (T.A.N.) ASTM-D-974	0.01
Dielectric Strength @ 20 °C, nominal	>30 KV/cm
Refractive Index ASTM-D-1747	1.4722

ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน Therminol® Heat Transfer Fluid มีช่วงอุณหภูมิทำงานที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 ช่วงอุณหภูมิทำงานของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน Therminol® Heat Transfer Fluid

คุณสมบัติน้ำมันที่เป็นสื่อนำความร้อนที่ดีมีดังต่อไปนี้

- จุดเดือดสูง
- จุดเยือกแข็งต่ำ
- มีเสถียรภาพดีไม่แตกตัวขณะร้อน
- มีความหนืดต่ำ ในช่วงการใช้งาน
- ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนที่ดี
- ไม่กัดกร่อน วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ
- ไม่เป็นพิษ ปลอดภัยต่อผู้ใช้ทั้งน้ำมันใหม่และน้ำมันที่ใช้แล้ว
- ละลายออกซิเจนได้ต่ำ
- มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยต่ำ
- ถ้ารั่วมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย
- มีขายแพร่หลายในตลาด และราคาไม่แพง
- หาได้ง่ายและขนย้ายสะดวก
- การระเหยต่ำ

หากคุณสมบัติของน้ำมันร้อนหรือของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเกิดการเปลี่ยนแปลงไป จะเกิดผลตามมาดังแสดงในตารางที่ 5-11

ตารางที่ 5-11 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันร้อน

คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลงแบบ	ผลกระทบ
ความหนืด (Kinematic viscosity)	ลดลง	เกิดการ Cracking ในโครงสร้าง
	เพิ่มขึ้น	เกิดการ Polymerization
จุดวาบไฟ (Flash point)	ลดลง	เกิดการ Cracking ในโครงสร้าง
ค่าความเป็นกรด (TAN)	เพิ่มขึ้น	เกิดการ Oxidation และน้ำมันเสื่อมคุณภาพ
ปริมาณคาร์บอนตกค้าง (สิ่งเจือปน)	เพิ่มขึ้น	เกิดการสลายตัว ภายหลังเกิดการ Cracking และ Polymerization ในโครงสร้างเป็นเวลานาน

บทที่ 6
เชื้อเพลิงและการปรับแต่งหัวเผา

การปรับแต่งหัวเผาของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้และการดูแลควบคุมหม้อต้มฯ ที่ถูกต้องและเหมาะสมนั้น ผู้ควบคุมหม้อต้มฯ จะต้องมีความรู้ในการปฏิบัติการในด้านการบำรุงรักษาและการปรับแต่งหัวเผาที่ดีและถูกต้อง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดตามที่หม้อต้มฯ ได้ถูกออกแบบไว้ อันจะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง และลดการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้สู่บรรยากาศลง การควบคุมดูแลการเผาไหม้ของหัวเผาอย่างถูกต้องสม่ำเสมอและการใช้ความพยายามอย่างเต็มที่เพื่อลดการสูญเสียพลังงานในกระบวนการเผาไหม้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำเนินการด้านการประหยัดพลังงาน โดยการทำให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะถูกนำไปใช้ในการผลิตของเหลวร้อนมากที่สุด การควบคุมดูแลการเผาไหม้ควรเริ่มจากปัจจัยพื้นฐานที่อยู่ภายใต้ขอบเขตซึ่งสามารถปฏิบัติได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีราคาสูงก็สามารถทำได้มากพอสมควรด้วยการสังเกตสีของเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งหากทำการควบคุมดูแลการเผาไหม้อย่างถูกต้องแล้วก็จะเป็นประโยชน์ต่อทั้งความปลอดภัย การประหยัดพลังงาน และการป้องกันมลพิษสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

6.1 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงเป็นสารที่มีส่วนประกอบของธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน เป็นส่วนใหญ่เมื่อเผาไหม้กับออกซิเจนในอากาศจะให้พลังงานความร้อนออกมาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเชื้อเพลิงประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจน จึงเรียกว่า เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon fuel) ในเชื้อเพลิงอาจจะมีกำมะถันปนอยู่เล็กน้อย สามารถแบ่งประเภทเชื้อเพลิงตามสถานะได้ 3 ประเภท คือ

1) เชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ถ่านหิน ไม้ฟืน ถ่าน ชานอ้อย แกลบ เป็นต้น

2) เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน น้ำมันโซล่า น้ำมันเตา เป็นต้น

3) เชื้อเพลิงก๊าซ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นต้นกำลังผลิตความร้อนให้แก่หม้อน้ำบางเครื่องด้วย รายละเอียดของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีดังต่อไปนี้

6.1.1 เชื้อเพลิงแข็ง

เชื้อเพลิงแข็ง (Solid fuel) สามารถแบ่งตามลักษณะที่มาได้ 3 ประเภทย่อย ได้แก่

1) เชื้อเพลิงแข็งจากธรรมชาติ

เชื้อเพลิงแข็งจากธรรมชาติ (Natural solid fuel) ประกอบด้วย

(ก) ไม้ฟืน (Wood) $C_{41}H_{63}O_{27}N_{0.8}$ ค่าความร้อนจะเปลี่ยนไปตามชนิดของไม้และความชื้น โดยมีกำมะถันปนอยู่น้อยมาก

(ข) ถ่านพีท (Peat) เป็นถ่านผงร่วนๆ จะพบได้ในบริเวณหนองบึง เป็นขั้นตอนแรกของการเกิดถ่านหิน ซึ่งไม่พบในประเทศไทย

(ค) ถ่านหิน (Coal) เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากมีค่าความร้อนสูงและมีปริมาณมากกระจายอยู่ทั่วโลก แบ่งออกได้ 4 ประเภทใหญ่ ๆตามองค์ประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอนคงที่และสารระเหยง่าย ได้แก่

(1) แอนทราไซต์ (Anthracite coal) $C_{94}H_3O_3N_{0.3}S_{0.3}$ เป็นชั้นยอดสุดของถ่านหิน มีปริมาณคาร์บอนตั้งแต่ 90% ขึ้นไป มีสารระเหยไวไม่มาก เผาไหม้เกือบไม่มีควัน มีเปลวไฟน้อยมาก ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 6-1 (ก)

(2) บิทูมินัส (Bituminous coal) $C_{85}H_5O_{10}N_{0.3}S_{0.3}$ เป็นถ่านหินชั้นดีรองลงมา มีความชื้นน้อยประมาณ 4-6% มีปริมาณคาร์บอนประมาณ 75-90% มีความแข็งแกร่งทนต่อการขนถ่ายและเก็บสำรอง เวลาเผาไหม้จะให้เปลวไฟสีเหลือง ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 6-1 (ข)

(3) ซับบิทูมินัส (Subbituminous coal) $C_{75}H_5O_{20}N_{0.3}S_{0.3}$ คุณภาพคล้ายบิทูมินัส แต่เป็นรองเล็กน้อยและมีปริมาณคาร์บอนต่ำกว่า ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 6-1 (ค)

(4) ลิกไนต์ (Lignite) $C_{70}H_5O_{25}N_{0.7}S_{0.6}$ เป็นถ่านหินชั้นแย่ที่สุด มีความชื้นสูงถึง 40% ปริมาณคาร์บอน 60% ขึ้นไป เมื่อแห้งจะแตกเปราะง่ายไม่เหมาะแก่การเก็บไว้นาน ๆ ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 6-1 (ง)

(ก) แอนทราไซต์

(ข) บิทูมินัส

(ค) ซับบิทูมินัส

(ง) ลิกไนต์

รูปที่ 6-1 ถ่านหินประเภทต่าง ๆ

2) เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตขึ้นมา

เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตขึ้นมา (Prepared solid fuel) ประกอบด้วย

(ก) ถ่านไม้ (Wood charcoal) ได้จากการเผาไม้ฟืนในที่ๆ จำกัดปริมาณอากาศที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 280 °C ค่าความร้อนขึ้นกับชนิดของไม้

(ข) ถ่านโค้ก (Coke) เป็นถ่านหินพวกบิทูมินัส มีสีดำไม่เป็นเงา พรุน เผาไหม้มีสารระเหยเถ้า และกำมะถัน ไม่มีควัน มีปริมาณคาร์บอนสูงถึง 85-90%

(ค) ถ่านอัด (Briquette coal) ผลิตจากการนำเอาผงฝุ่นของถ่านลิกไนต์ มาอัดด้วยความดันสูงจนเป็นก้อนหรือแท่ง อาจมีสารยึดเหนี่ยวพวกน้ำมัน ดินเหนียว และอื่นๆ ข้อดีคือไม่มีการสูญเสียเชื้อเพลิงผ่านช่องตะกรับเตา และเป็นการเพิ่มค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้วย

(ง) ถ่านผง (Pulverized coal) ถ่านลิกไนต์หรือถ่านหินเกรดต่ำๆ ที่มีปริมาณขี้เถ้าสูง มักจะนำมาทำให้แห้งแล้วบดเป็นผง ใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อน้ำในโรงงานผลิตซีเมนต์ (Cement kiln)

3) เชื้อเพลิงแข็งที่เป็นผลพลอยได้จากเศษวัสดุจากการเกษตร

เชื้อเพลิงแข็งที่เป็นผลพลอยได้จากเศษวัสดุจากการเกษตร (Biomass) เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถผลิตได้เองในประเทศ ไม่มีวันหมด บางครั้งมีการเผาทิ้งโดยไม่เกิดประโยชน์แต่กลับก่อมลพิษทางอากาศแทน วัสดุทางการเกษตรสามารถนำมาเผาไหม้ในหม้อน้ำสำหรับผลิตไอน้ำได้ ในขณะนี้ได้มีการส่งเสริมให้มีการนำวัสดุทางการเกษตร มาเป็นพลังงานให้กับหม้อน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 10 MW (Very small power producer, VSPP) เชื้อเพลิงวัสดุทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิงที่ประชาชนมักจะไม่ต่อต้าน เพราะประชาชนในพื้นที่คุ้นเคยพบเห็นหรือเป็นผู้ผลิตวัสดุทางการเกษตรเอง หม้อน้ำเชื้อเพลิงวัสดุทางการเกษตรจึงมีปัญหาน้อยกว่าการติดตั้งหม้อน้ำเชื้อเพลิงถ่านหินที่ประชาชนมักจะต่อต้านมาก เชื้อเพลิงแข็งที่เป็นผลพลอยได้จากเศษวัสดุจากการเกษตรประกอบด้วย

(ก) แกลบ (Paddy husk) ค่าความร้อนประมาณ 13.4-14.65 MJ/kg (3,200-3,500 kcal/kg) ที่ความชื้น 9-11% ปริมาณขี้เถ้า 18-19% ขี้เถ้าแกลบส่วนใหญ่จะเป็นซิลิกาออกไซด์มีความคมมาก ท่อของหม้อน้ำจะสึกหรอเร็วกว่าปรกติ

(ข) ขี้เลื่อย (Sawdust) มีความชื้น 7.5% ค่าความร้อน 14.65 MJ/kg (4,630 kcal/kg) มีปริมาณขี้เถ้า 6.2%

(ค) กากอ้อย (Bagasse) มีความชื้น 50% ค่าความร้อนสูงประมาณ 9.42 MJ/kg (2,250 kcal/kg) และค่าความร้อนต่ำประมาณ 7.53 MJ/kg (1,800 kcal/kg)

(ง) กากปาล์ม กากนุ่น เปลือกละหุ่ง เป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำมันพืช มักนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อน้ำในโรงงาน

ในหม้อน้ำอุตสาหกรรมที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก ยังมีการใช้เชื้อเพลิงแข็งกันน้อย แต่ปัจจุบันเริ่มจะมีการใช้เชื้อเพลิงแข็งในหม้อน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไปตลอด สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการใช้เชื้อเพลิงแข็งมีดังต่อไปนี้

- การทำความเข้าใจกับประชาชนในพื้นที่ ซึ่งเป็นเรื่องใหญ่ที่สุดในการติดตั้งหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งโดยเฉพาะถ่านหิน เพราะประชาชนมักจะต่อต้านการตั้งหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เนื่องจากกลัวผลกระทบจากมลภาวะทางอากาศ สำหรับหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงวัสดุทาง

การเกษตร ถ้าติดตั้งหม้อน้ำในพื้นที่การเกษตร ประชาชนมักจะไม่ต่อต้าน เพราะประชาชนในพื้นที่เป็นผู้ผลิตวัสดุทางการเกษตรเอง เรื่องการทำความเข้าใจกับประชาชนในพื้นที่ เป็นเรื่องรายละเอียดอ่อน บางครั้งจะไม่สามารถจัดการบริหารความเสี่ยงนี้ได้

- ความสม่ำเสมอในการจัดส่งเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงแข็งหลายๆ ชนิดเริ่มขาดแคลน บางช่วงเวลาอาจขาดตลาด ไม่สามารถจัดซื้อได้ หรือมีราคาแพงมาก เนื่องจากมีผู้ใช้งานเชื้อเพลิงดังกล่าวมากขึ้น แม้แต่ถ่านหิน ซึ่งส่วนใหญ่นำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย อาจจะขาดแคลนได้ในฤดูมรสุม
- โรงเก็บเชื้อเพลิงแข็ง ประเทศไทยอยู่ในเขตพื้นที่มรสุมที่มีฝนตกได้ทั้งปี โดยเฉพาะในฤดูฝนที่อาจมีฝนตกทุกวัน หากไม่มีโรงเก็บจะทำให้เชื้อเพลิงแข็งเปียกชื้นเชื้อเพลิงแข็งที่เปียกชื้นที่ถูกป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้ จะไม่เผาไหม้หมด อาจเกิดสารระเหยที่ลุกไหม้ได้ สะสมอยู่ในห้องเผาไหม้จำนวนมาก จนเกิดการระเบิดขึ้นในห้องเผาไหม้ จนหม้อน้ำเสียหายได้ ดังนั้นแม้ว่าจะเป็นหม้อน้ำเชื้อเพลิงแข็ง ตัวหม้อน้ำก็ควรจะมีฝานิรภัย (Explosion door) ป้องกันหม้อน้ำเสียหายถ้ามีระเบิดในห้องเผาไหม้ขึ้น โดยปรกติหม้อน้ำแต่ละเครื่องจะมีข้อกำหนดความชื้นสูงสุดของเชื้อเพลิงแข็งที่จะเผาไว้ ดังนั้นควรสร้างโรงเก็บเชื้อเพลิงแข็งที่มีหลังคาป้องกันฝนได้
- เชื้อเพลิงถ่านหินจากบางแห่งที่มีกำมะถันสูง อาจเกิดการลุกไหม้ขึ้นเองของถ่านหินได้ในโรงเก็บ จึงควรระวังและมีการเตรียมระบบท่อฉีดพ่นน้ำ ไม่ให้ถ่ายหินลุกติดไฟขึ้นเองได้ในโรงเก็บ และควรติดตั้งระบบท่อดับเพลิงไว้ด้วย
- เชื้อเพลิงแข็งที่มีขนาดเม็ดเชื้อเพลิงเล็กๆ เป็นฝุ่นผง ก็อาจเกิดเหตุการณ์ระเบิดขึ้นได้ (Dust explosion) ในยุ้งเก็บเชื้อเพลิง ดังนั้นการออกแบบระบบ ควรระมัดระวังอย่างรอบคอบ แม้ผู้ออกแบบติดตั้งจะมีความชำนาญแล้วก็ตาม

6.1.2 เชื้อเพลิงเหลว

เชื้อเพลิงเหลว (Liquid fuel) เป็นผลผลิตที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ (Crude oil) แบ่งได้ 3 ประเภท ตามลำดับที่กลั่นตัวออกจากหอกลั่น ได้แก่

1) น้ำมันเบนซิน

น้ำมันเบนซิน มีช่วงจุดเดือด 35-180 °C ไม่นิยมนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำ เนื่องจากราคาแพง นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานพาหนะ

2) น้ำมันก๊าด

น้ำมันก๊าด มีช่วงจุดเดือด 150-275 °C ไม่นิยมนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำเช่นกัน

3) น้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซล มี 2 ประเภท คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และน้ำมันดีเซลหมุนช้า ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และเรียกสั้นๆ ว่า น้ำมันดีเซล มีช่วงจุดเดือด 225-350 °C รายละเอียดของน้ำมันดีเซลมีดังต่อไปนี้

- น้ำมันดีเซลมีค่าความร้อน 36,000 Btu/L หรือ 9,100 kcal/L หรือ 10,200 kcal/kg
- น้ำมันดีเซลมีคุณสมบัติใสและสะอาด
- เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลจะมีใช้น้อยในหม้อน้ำ เพราะราคาน้ำมันดีเซลในปัจจุบันมีราคาสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำมันเตา (ประมาณ 2 เท่า)
- หม้อน้ำที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มักจะใช้ในหม้อน้ำขนาดเล็กกำลังผลิตไอน้ำไม่ควรเกิน 1,000 kg/hr เช่น ในธุรกิจอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น
- ผู้เลือกใช้งานหม้อน้ำดีเซล มักจะเลือกใช้งานเพราะมีความกังวลในปัญหาเรื่องมลพิษทางอากาศที่มีน้อยกว่าการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง
- เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลสะอาดและทำความสะอาดง่ายกว่าน้ำมันเตา ถ้ามีการรั่วไหลของน้ำมันเมื่อเทียบกับน้ำมันเตา
- เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลมีความหนืดต่ำ ไม่ต้องการอุ่นน้ำมัน ก็สามารถพ่นออกจากหัวพ่นไฟได้ทันที
- ระบบท่อน้ำมันดีเซลสามารถออกแบบเป็นระบบท่อเดี่ยวได้ โดยไม่ต้องมีท่อน้ำมันเวียนกลับถัง
- น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันใสที่สามารถไหลเองได้ด้วยแรงโน้มถ่วง สามารถออกแบบระบบท่อน้ำมันให้ไหลด้วยแรงโน้มถ่วง ไปที่หัวพ่นไฟได้เองโดยไม่ต้องมีปั๊มน้ำมันส่งไป

4) น้ำมันเตา

น้ำมันเตาถือเป็นผลผลิตจากหอกลั่นปิโตรเลียมที่หนักที่สุด มีจุดเดือดเกิน 350 °C ซึ่งไม่ระเหยกลายเป็นไอในหอกลั่น เรียกว่า กากกลั่น (Residual) นำมาผลิตเป็นน้ำมันเตาเกรดต่างๆ โดยใช้น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันก๊าดมาผสมกับกากกลั่นซึ่งมีความหนืดมาก น้ำมันเตาเกรดใสจะมีอัตราส่วนของน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันก๊าดมากกว่าน้ำมันเตาเกรดที่หนืดกว่า น้ำมันเตามีทั้งหมด 4 เกรด ได้แก่

(ก) น้ำมันเตา A (LFO 600) หรือ FO1 หรือ FO2 จัดเป็นน้ำมันเตาใส (Light fuel oil) มีค่าความร้อนเฉลี่ย 38.18 MJ/L มีสีดำ สกปรกและมีความหนืดสูง ต้องการอุ่นให้มีความหนืดลดลงก่อน จึงจะสามารถพ่นออกไปเผาไหม้ได้ มักจะใช้งานกับหม้อน้ำขนาดกลาง กำลังผลิตไอน้ำไม่เกิน 5,000 kg/h แม้ว่าน้ำมันเตา A จะมีราคาถูกลงกว่าน้ำมันดีเซล แต่มีราคาสูงกว่าน้ำมันเตา C เล็กน้อย

(ข) น้ำมันเตา B (MFO 1200) หรือ FO3 จัดเป็นน้ำมันเตาข้นปานกลาง (Medium fuel oil) มีค่าความร้อนเฉลี่ย 39.52 MJ/L มีสีดำ สกปรกและมีความหนืดสูง ต้องการอุ่นให้มีความหนืดลดลงก่อน จึงจะสามารถพ่นออกไปเผาไหม้ได้ ปัจจุบันน้ำมันเตาเกรดนี้ไม่มีจำหน่ายในประเทศไทย

(ค) น้ำมันเตา C (MFO 1500) หรือ FO4 จัดเป็นน้ำมันเตาข้นปานกลาง (Medium fuel oil) มีค่าความร้อนเฉลี่ย 41.28 MJ/L มีสีดำ สกปรกและมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันเตา A ต้องการการอุ่นให้มีความหนืดลดลงก่อนด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่าน้ำมันเตา A เล็กน้อยจึงจะสามารถพ่นออกไปเผาไหม้ได้ น้ำมันเตา C ใช้งานกับหม้อน้ำเชื้อเพลิงเหลวมากที่สุด เนื่องจากมีราคาจะต่ำที่สุดในเชื้อเพลิงเหลวด้วยกัน น้ำมันเตา C พอที่จะควบคุมมลพิษทางอากาศให้อยู่ในข้อกำหนดของทางราชการได้ หากใช้หัวพ่นไฟแบบที่เหมาะสม แต่ไม่ควรที่จะใช้งานกับหม้อน้ำที่มีหัวพ่นไฟแบบหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน

(ง) น้ำมันเตา D (HFO 2500) หรือ FO5 หรือ FO6 จัดเป็นน้ำมันเตาข้น (Heavy fuel oil) มีค่าความร้อนเฉลี่ย 43.45 MJ/L มีราคาถูกกว่าน้ำมันเตาเกรด C เล็กน้อย แต่มีหม้อน้ำบางเครื่องเท่านั้นที่มีหัวพ่นไฟที่จะสามารถเผาไหม้น้ำมันเตา D ได้ดี ปัจจุบันได้มีการเลิกการจำหน่ายน้ำมันเตา D แล้ว

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเชื้อเพลิงเหลวมีดังต่อไปนี้

- มีจำนวนหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวมากที่สุดในประเทศไทย เมื่อเทียบกับหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น
- หม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติง่ายและสะดวก
- การขนส่งเชื้อเพลิงเหลวมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น
- เชื้อเพลิงเหลวใช้พื้นที่เก็บเชื้อเพลิงน้อยเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น
- เชื้อเพลิงเหลวมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงสูง แต่ราคาเชื้อเพลิงแพงเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น ยกเว้นหม้อน้ำไฟฟ้า
- เชื้อเพลิงมีโอกาสเกิดมลภาวะจากเขม่าควัน ถ้าเป็นน้ำมันเตาจะมีสารกำมะถันสูงกว่าเชื้อเพลิงอื่น
- ใช้งานในหม้อน้ำได้เกือบทุกขนาดขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงเหลว
- การผลิตไอน้ำใช้เชื้อเพลิงเหลวประมาณ 70 ลิตร ต่อไอน้ำ 1,000 กิโลกรัม

6.1.3 เชื้อเพลิงก๊าซ

เชื้อเพลิงก๊าซ (Gaseous fuel) เป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซ บางประเภทอาจมีการอัดด้วยความดันจนมีสถานะเป็นของเหลว ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการบรรจุลงถังเก็บและการขนส่ง อย่างไรก็ตามต้องมีการระเหยให้กลับมามีสถานะเป็นก๊าซก่อนการนำไปใช้งานต่อไป สามารถแบ่งประเภทของก๊าซธรรมชาติจากลักษณะที่มาได้ 2 ประเภท คือ

1) เชื้อเพลิงก๊าซจากธรรมชาติ

เชื้อเพลิงก๊าซจากธรรมชาติ (Natural gaseous fuel) มีแหล่งกำเนิดอยู่สองแบบ คือ จากบ่อก๊าซธรรมชาติ (Natural gas field) และจากบ่อน้ำมันดิบ (Associated gas field) ซึ่งก๊าซธรรมชาติจากทั้งสองแหล่งกำเนิดต่างมีก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบใหญ่ที่สำคัญ เมื่อส่งเข้าโรงแยกก๊าซธรรมชาติเพื่อแยกออกเป็นเชื้อเพลิงก๊าซชนิดต่างๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมตามคุณลักษณะและคุณค่าของก๊าซชนิดนั้นๆ สามารถแบ่งเชื้อเพลิงก๊าซจากธรรมชาติได้ 5 ชนิด ได้แก่

(ก) ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas, NG) ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน และมีจุดเดือดต่ำมากถึง -161 $^{\circ}C$ จึงต้องขนส่งผ่านท่อ เชื้อเพลิงก๊าซเป็นเชื้อเพลิงสะอาด ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด แต่มีก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซอีเทน ($C2H_6$) เป็นองค์ประกอบใหญ่ เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำแล้วมีราคาต่ำกว่าการผลิตเป็นไอน้ำด้วยการใช้น้ำมันเตา C ประมาณ 25% ก๊าซธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรม จะมีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่บนเส้นทางผ่านของท่อก๊าซ ซึ่งปัจจุบันส่งให้โรงไฟฟ้าบางปะกง โรงไฟฟ้าพระนครใต้ และโรงงานปูนซีเมนต์ไทยท่าหลวง แก่งคอย โรงงานเซรามิกที่หินกอง สระบุรี เป็นต้น ส่วนใหญ่หม้อน้ำต้องการก๊าซที่มีความดันที่หัวเผาต่ำมาก ดังนั้นการจ่ายก๊าซให้ที่หน่วยจ่ายก๊าซหน้าโรงงานจะจ่ายก๊าซที่มีความดัน 400 kPa และทำการลดความดันก่อนเข้าหม้อน้ำที่ความดัน 200 kPa จากนั้นหัวเผาของหม้อน้ำจะมีระบบลดความดันก๊าซ จากความดัน 200 kPa ลงมาให้เหมาะสมกับหัวเผาของหม้อน้ำในแต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อ

(ข) ก๊าซธรรมชาติเหลว (Liquefied natural gas, LNG) ได้จากการลดอุณหภูมิก๊าซธรรมชาติลง จนมีอุณหภูมิประมาณ -164 ^{o}C ก๊าซธรรมชาติจะควบแน่นเป็นของเหลว มีปริมาตรลดลง 600 เท่า เหมาะแก่การขนส่ง เมื่อจะนำมาใช้ประโยชน์จะต้องทำให้ระเหยเป็นก๊าซก่อน

(ค) ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed natural gas, CNG) ผลิตขึ้นโดยการนำเอาก๊าซธรรมชาติในข้อ (ก) มาอัดด้วยความดันประมาณ 20,680 kPa (3,000 psi) มีความหนาแน่นประมาณ 140 kg/m^3 ใช้เป็นเชื้อเพลิงยานพาหนะได้

(ง) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied petroleum gas, LPG) หรือก๊าซหุงต้ม คือ ก๊าซโพรเพน (C_3H_8) หรือก๊าซบิวเทน (C_4H_{10}) หรือก๊าซโพรเพนผสมก๊าซบิวเทนในอัตราส่วนต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพที่ผลิต เช่น ปัจจุบันในไทยใช้อัตราส่วนผสมก๊าซโพรเพน 70% และก๊าซบิวเทน 30% ความหนาแน่นของก๊าซเหลวประมาณ 0.51-0.55 กิโลกรัมต่อลิตร โดยมีสภาพเป็นของเหลวภายใต้แรงอัดประมาณ 689-1,379 kPa (100-200 psi) ซึ่งจะระเหยเป็นก๊าซเมื่อนำใช้ในการสันดาป ในการผลิตไอน้ำจะใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวประมาณ 55 กิโลกรัมต่อไอน้ำ 1 ตัน ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานในการผลิตไอน้ำเมื่อเทียบกับน้ำมันเตา C แล้วถือว่าใกล้เคียงกัน อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าบ้างเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับราคาของน้ำมันดิบและก๊าซในตลาดโลก

(จ) เบนซินธรรมชาติ (Natural gasoline liquid, NGL) เป็นส่วนที่หนักกว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว ประกอบด้วยเพนเทน (C_5H_{12}) และองค์ประกอบที่หนักกว่า มีสภาพเป็นของเหลวในอุณหภูมิปรกติ ส่วนใหญ่จะส่งเข้าโรงกลั่นน้ำมันผลิตเป็นน้ำมันเบนซิน หรือใช้เป็นสารละลาย (Solvent) ในงานบางชนิด

เชื้อเพลิงก๊าซจากธรรมชาติราคาถูกกว่าน้ำมันดีเซลมาก แต่ถูกกว่าน้ำมันเตาไม่มากนัก เชื้อเพลิงก๊าซจากธรรมชาติเผาไหม้ง่าย มีประสิทธิภาพสูง และมีมลภาวะต่ำ แต่อาจเกิดการระเบิดได้ง่ายถ้ามีการรั่วไหลของเชื้อเพลิงก๊าซ

2) เชื้อเพลิงก๊าซที่ผลิตขึ้น

เชื้อเพลิงก๊าซที่ผลิตขึ้น (Prepared gaseous fuel) ที่เป็นที่รู้จักและนิยมผลิตขึ้นมา คือ ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ (H_2O) ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำมีดังนี้

- ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงราคาต่ำ ที่ได้จากการหมักน้ำเสียหรือขยะ โดยจุลินทรีย์ย่อยของเสียเกิดเป็นก๊าซเชื้อเพลิงขึ้น ของเสียที่จุลินทรีย์สามารถย่อยเป็นก๊าซเชื้อเพลิงใช้งานได้ เช่น เศษ หรือน้ำเสียจากโรงงานผลิตอาหาร แป้ง หรือแม้แต่น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์
- ปริมาณและความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไม่แน่นอน แปรเปลี่ยนตามปริมาณ ชนิดของอาหาร จุลินทรีย์ สิ่งแวดล้อม และประสิทธิภาพของบ่อหมัก หรือถังหมัก

- ก๊าซชีวภาพที่ใช้ในโรงงานส่วนใหญ่ จะใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริม เนื่องจากประมาณก๊าซชีวภาพไม่เพียงพอและไม่สม่ำเสมอ แต่ก๊าซชีวภาพมีราคาต้นทุนต่ำ
- หม้อน้ำที่ใช้ก๊าซชีวภาพจึงมักเป็นหัวพ่นไฟแบบ 2 ชนิดเชื้อเพลิง (Dual fuel burner) เพื่อป้องกันการดับของหัวพ่นไฟเมื่อก๊าซชีวภาพไม่พอใช้งาน
- ในการจัดการเตรียมหรือดัดแปลงหัวพ่นไฟของหม้อน้ำ ให้สามารถเผาไหม้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะต้องเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่จะผลิตได้ ค่าความร้อน และองค์ประกอบทางเคมี (Biogas composition) ของก๊าซชีวภาพให้กับทางผู้ผลิตหัวพ่นไฟหรือหม้อน้ำ เพราะองค์ประกอบทางเคมี และค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่จะใช้เผาไหม้ มีความแปรเปลี่ยนไปตามขบวนการหมักก๊าซ
- นอกจากนี้วัสดุโครงสร้างของหัวเผา ตัวเร่งก๊าซ (Gas booster) และท่อก๊าซ จะต้องสามารถทนการกัดกร่อนของกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ทำปฏิกิริยากับความชื้น (H_2O)
- ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพประมาณ 21-23 MJ/m^3

6.1.4 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า (Electrical energy) ไม่ถือเป็นประเภทหนึ่งของเชื้อเพลิง (Fuel) แต่ถือเป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงาน (Energy) ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานต้นกำลังในการผลิตความร้อนให้แก่หม้อน้ำแบบที่ใช้ขดลวดไฟฟ้าในการผลิตไอน้ำ ข้อดีและข้อเสียของหม้อน้ำที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่

- หม้อน้ำไฟฟ้าใช้งานสะดวก ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติง่าย
- ไม่มีมลภาวะทางไอเสีย
- ไม่มีปล่องไฟ
- ไม่ต้องมีที่เก็บเชื้อเพลิง
- แต่หม้อน้ำไฟฟ้าจะมีค่าเชื้อเพลิงแพงที่สุด เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น
- หม้อน้ำไฟฟ้าจึงเหมาะที่ใช้งานขนาดเล็ก ผลิตไอน้ำไม่มาก
- หม้อน้ำไฟฟ้าทั่วไปมีขนาดกำลังผลิต 10-2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และผลิตไอน้ำที่มีความดันไม่เกิน 2 MPa

6.1.5 คุณสมบัติและค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

จากเชื้อเพลิงทั้งสามประเภทที่กล่าวมาข้างต้น สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท ในการนำมาใช้กับหม้อน้ำอุตสาหกรรมได้ดังตารางที่ 6-1

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ดี ต้องมีลักษณะและคุณภาพเป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ซึ่งในปัจจุบันได้มีข้อกำหนดสำหรับน้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และก๊าซปิโตรเลียมเหลว ดังประกาศต่อไปนี้

- ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2553 ดังแสดงในตารางที่ 6-2

- ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเตา พ.ศ. 2547 ดังแสดงในตารางที่ 6-3
- ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2547 ดังแสดงในตารางที่ 6-4

ค่าความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง วัดปริมาณความร้อนนี้ได้โดยทำให้ก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์นั้นเย็นลงจนถึงอุณหภูมิบรรยากาศ ซึ่งมีหน่วยเป็น kJ/kg, kJ/L หรือ kJ/m^3 ขึ้นอยู่กับว่าเชื้อเพลิงแต่ละประเภทสามารถใช้การวัดปริมาตรหน่วยใดสะดวกที่สุด

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแบ่งออกเป็นค่าความร้อนสูง (Higher heating value, HHV) คือ ค่าความร้อนที่รวมความร้อนที่ได้รับจากการควบแน่นของไอน้ำที่ปล่องไอเสีย และค่าความร้อนต่ำ (Lower heating value, LHV) คือ ค่าความร้อนที่ไม่คำนึงถึงความร้อนที่ได้รับจากการควบแน่นของไอน้ำ เป็นค่าที่ใช้กันในการคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้งานได้จริง ค่าความร้อนต่ำสามารถคำนวณได้จาก

$$LHV = HHV - m_w h_{fg} = HHV - 9m_{H2}h_{fg}$$

โดยที่ m_w คือ มวลของไอน้ำในสารที่ได้จากการเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยของเชื้อเพลิง

h_{fg} คือ ค่าความร้อนแฝงของการระเหยกลายเป็นไอหรือการควบแน่นของไอน้ำที่ความดันย่อยในสารที่ได้จากการเผาไหม้

m_{H2} คือ มวลของไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง 1 กิโลกรัม ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเชื้อเพลิงในห้องทดลอง เพื่อต้องการหาสัดส่วนร้อยละของ C, H, O, N, S และเถ้า)

ถ้าทราบองค์ประกอบของเชื้อเพลิง (C, H, O และ S) จะหาค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิงได้จากสมการของดูลอง (Dulong's equation) ในหน่วย MJ/kg

$$HHV = 33.917C + 143[H - (O/8)] + 9.094S$$

ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ หาได้จาก

$$Q_C = \dot{m}_F \cdot LHV$$

เมื่อ Q_C คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้, MJ/hr

$\dot{m}_F$ คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิง, kg/hr หรือ L/hr หรือ m^3/hr

LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง, MJ/kg หรือ MJ/L หรือ MJ/m^3

พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในหม้อน้ำอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 6-5

ตารางที่ 6-1 การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

หัวข้อ		เชื้อเพลิงแข็ง	เชื้อเพลิงเหลว	เชื้อเพลิงก๊าซ
คุณสมบัติทั่วไป	ค่าความร้อนต่อน้ำหนัก	ปานกลาง-ต่ำ	สูง	ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง
	คุณภาพเชื้อเพลิง	ผันแปรมาก โดยเฉพาะความชื้นและสิ่งเจือปน	สม่ำเสมอ	คงที่
	ปริมาณขี้เถ้า	ต่ำ-สูงมาก	น้อยมาก	ไม่มี
การเผาไหม้และการควบคุม	ปริมาณอากาศส่วนเกิน	ปานกลาง-สูง	น้อย-ปานกลาง	ไม่ต้องใช้-ต่ำ
	การควบคุมการเผาไหม้	ควบคุมลำบาก	ควบคุมได้ง่าย	ควบคุมง่ายมาก
	การปรับอัตราการป้อนเชื้อเพลิง	พอกระทำได้ แต่ตอบสนองช้า	กระทำได้ง่ายและการตอบสนองเร็ว	กระทำได้ง่ายและตอบสนองเร็วมาก
	การป้อนเชื้อเพลิงอัตโนมัติ	ยุ่งยาก	สามารถทำได้	สามารถทำได้
	อุปกรณ์เผาไหม้	ขนาดเล็ก ไม่ซับซ้อน	ขนาดเล็ก	ขนาดค่อยข้างใหญ่
	ประสิทธิภาพการเผาไหม้	ต่ำ	สูง	สูงสุด
ไอเสียและมลพิษ	ไอเสีย	อาจมีเขม่าควัน และมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ค่อนข้างสะอาด	สะอาด
	อุปกรณ์กำจัดและป้องกันมลพิษ	ต้องใช้	อาจต้องใช้	ไม่ต้องใช้
ขนาดของอุปกรณ์ในระบบเผาไหม้		ขนาดเล็ก-ใหญ่มาก	ขนาดเล็ก-ปานกลาง	ขนาดเล็ก-ปานกลาง
ความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน		อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ หรือโรงไฟฟ้า	อุตสาหกรรมทั่วไป	อุตสาหกรรมทั่วไป
การขนส่งและการจัดเก็บ		เปลืองเนื้อที่ในการเก็บและขนส่ง เก็บในที่เปิดได้	ขนส่งง่าย เก็บง่าย และต้องใช้ถัง	ขนส่งยุ่งยาก การเก็บต้องใช้ภาชนะพิเศษ
โอกาสในการเกิดอันตราย		อาจเกิดลุกไหม้ได้เองขณะกองเก็บ	มีไม่มาก	อาจเกิดระเบิดได้
ราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วยความร้อน		ถูกที่สุด	ค่อนข้างแพง	ถูก

ตารางที่ 6-2 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล (พ.ศ. 2553)

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	น้ำมันดีเซล			วิธีทดสอบ[1]
		หมุนเร็ว		หมุนช้า	
		ธรรมดา	บี 5		
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °C	ไม่ต่ำกว่า	0.81	0.81	-	ASTM D 1298
	และ				
(Specific gravity at 15.6/15.6 °C)	ไม่สูงกว่า	0.87	0.87	0.920	
2. จำนวนซีเทน (Cetane number) หรือ					ASTM D 613
ดัชนีซีเทน (Calculated cetane index)					ASTM D 976
ก่อนวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555	ไม่ต่ำกว่า	47	47	45	
ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555	ไม่ต่ำกว่า	50	50	45	
3. ความหนืด, เซนติสโตกส์ (Viscosity, cSt)					ASTM D 445
3.1 ณ อุณหภูมิ 40 °C (at 40 °C)	ไม่ต่ำกว่า	1.8	1.8	-	
	และ				
	ไม่สูงกว่า	4.1	4.1	8.0	
หรือ					
3.2 ณ อุณหภูมิ 50 °C (at 50 °C)	ไม่สูงกว่า	-	-	6.0	
4. จุดไหลเท, °C (Pour point, °C)	ไม่สูงกว่า	10	10	16	ASTM D 97
5. กำมะถัน, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulfur, %wt.)					
ก่อนวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555	ไม่สูงกว่า	0.035	0.035	1.5	ASTM D 4294
ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555	ไม่สูงกว่า	0.005	0.005	1.5	ASTM D 2622
6. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	หมายเลข 1	-	ASTM D 130
7. เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน, กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Oxidation stability, g/m^3)	ไม่สูงกว่า	-	25	-	ASTM D 2274
8. กากถ่าน, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon residue, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	-	ASTM D 189
9. น้ำและตะกอน, ร้อยละโดยปริมาตร (Water and sediment, %vol.)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	0.3	ASTM D 2709
10. เถ้า, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.01	0.01	0.02	ASTM D 482
11. จุดวาบไฟ, °C (Flash point, °C)	ไม่ต่ำกว่า	52	52	52	ASTM D 93

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	น้ำมันดีเซล			วิธีทดสอบ[1]
		หมุนเร็ว		หมุนช้า	
		ธรรมดา	บี 5		
12. การกลั่น, °C (Distillation, °C)					ASTM D 86
อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ (90% recovered)	ไม่สูงกว่า	357	357	-	
13. โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Polycyclic aromatic hydrocarbon, %wt.)					ASTM D 2425
ก่อนวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555	-	-	-	-	
ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555	ไม่สูงกว่า	11	11	-	
14. สี (Colour)					
14.1 ชนิดของสี (Hue)		เหลือง	แดง	น้ำตาล	
14.2 ความเข้มของสี (Intensity)	ไม่ต่ำกว่า	-	เทียบเท่าสีมาตรฐาน[2]	4.5	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว[3]
	และ ไม่สูงกว่า	4.0		7.5	น้ำมันดีเซลหมุนช้า[4] น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5[5]
15. ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน, ร้อยละโดยปริมาตร (Methyl ester of fatty acid, %vol.)	ไม่ต่ำกว่า	1.5	4	-	EN 14078
	และ ไม่สูงกว่า	2	5		
16. คุณสมบัติการหล่อลื่น รอยขีดข่วน, ไมโครเมตร (Lubricity, wear scar, μm)	ไม่สูงกว่า	460	460	-	CFC F-06-96
17. สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน				

หมายเหตุ: 1 วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดนี้

2 สีมาตรฐานเตรียมได้จากการนำน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 ที่มีความเข้มของสี (ก่อนการย้อม) วัดตามมาตรฐาน ASTM D 1500 เท่ากับ 2.0 มาย้อมด้วยสีแดงที่เป็นสารประกอบจำพวก 2-naphthalenol [(phenylazo) phenyl] azoalkyl derivatives ปริมาณ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

3 และ 4 เปรียบเทียบความเข้มของสีตามมาตรฐาน ASTM D 1500

5 เปรียบเทียบความเข้มของสีกับน้ำมันมาตรฐานที่เตรียมขึ้นใหม่โดยใช้สีละลายในน้ำมันก่อนการย้อมสีให้มีปริมาณเท่ากับที่กำหนด แล้วนำมาบรรจุแยกกันในภาชนะที่ใช้ในการวัดสีตามวิธีทดสอบ ASTM D 1500 แล้วตรวจพินิจด้วยตา หรือ ตามมาตรฐาน ASTM D 2392

ตารางที่ 6-3 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเตา (พ.ศ. 2547)

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	น้ำมันเตา					วิธีทดสอบ
		ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3	ชนิดที่ 4	ชนิดที่ 5	
1. ปริมาณกำมะถัน, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur content, %wt.)	ไม่สูงกว่า	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5	ASTM D 4294
2. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °C (Specific gravity at 15.6/15.6 °C)	ไม่สูงกว่า	0.985	0.990	0.995	0.995	0.995	ASTM D 1298
3. ความหนืด, เซนติสโตกส์ (Viscosity, cSt)							ASTM D 445
ณ อุณหภูมิ 50 °C	ไม่ต่ำกว่า	7	81	181	231	-	
	ไม่สูงกว่า	80	180	230	280	-	
ณ อุณหภูมิ 100 °C	ไม่ต่ำกว่า	-	-	-	-	3	
	ไม่สูงกว่า	-	-	-	-	30	
4. จุดวาบไฟ, °C (Flash point, °C)	ไม่ต่ำกว่า	60	60	60	60	60	ASTM D 93
5. จุดไหลเท, °C (Pour point, °C)	ไม่สูงกว่า	24	24	30	30	57	ASTM D 97
6. ปริมาณความร้อน, แคลอรีต่อกรัม (Gross heat of combustion, cal/g)	ไม่ต่ำกว่า	10,000	9,900	9,900	9,900	9,900	ASTM D 240
7. เถ้า, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash content, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	ASTM D 482
8. น้ำและตะกอน, ร้อยละโดยปริมาตร (Water and sediment, %vol.)	ไม่สูงกว่า	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	ASTM D 1796
9. สี (Colour)	ไม่ต่ำกว่า	8.0	-	-	-	-	ASTM D 1500

หมายเหตุ: วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดนี้

ตารางที่ 6-4 ลักษณะและคุณภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (พ.ศ. 2547)

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ
1. ความดันไอ ณ อุณหภูมิ 37.8 °C, กิโลปาสคาล (Vapour pressure at 37.8 °C, kPa)	ไม่สูงกว่า	1,380	ASTM D 1267
2. การกลั่น, °C (Distillation, °C) อุณหภูมิของจุดเดือด เมื่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวระเหยไปในอัตราส่วนร้อยละ 95 โดยปริมาตร (95% Evaporated)	ไม่สูงกว่า	2.2	ASTM D 1837
3. ปริมาณเพนเทนและสารอื่นที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าเพนเทนต่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยปริมาตร, ร้อยละโดยปริมาตร (Pentane and composition content, %vol.)	ไม่สูงกว่า	2.0	ASTM D 2163
4. การกัดกร่อน (Corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	ASTM D 1838
5. ปริมาณกำมะถัน, ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก (Sulphur content, ppm by wt.)	ไม่สูงกว่า	140	ASTM D 2784
6. ปริมาณกากหลังการระเหยของก๊าซปิโตรเลียมเหลว 100 มล., มิลลิลิตร (Residue, ml)	ไม่สูงกว่า	0.05	ASTM D 2158
7. ปริมาณน้ำ (Water content)		ไม่มี	ตรวจพินิจด้วยสายตา
8. สารที่ให้กลิ่นซึ่งไวต่อความรู้สึก (Odorant)		มี	ตรวจด้วยวิธีดมกลิ่น

หมายเหตุ: วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดนี้

ตารางที่ 6-5 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

ประเภทเชื้อเพลิง	ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อนสูง	หน่วย	ค่าความร้อนต่ำ	หน่วย
เชื้อเพลิงแข็ง	ถ่านหินบิทูมินัส	26.37	MJ/kg		
	ถ่านหินลิกไนต์	10.47	MJ/kg		
	ขี้เลื่อย	10.88	MJ/kg		
	ชานอ้อย	7.53	MJ/kg		
	กระลืนยักษ์	16,780	kJ/kg		
	ยูคาลิปตัส	18,870	kJ/kg		
	กระถินเทพา	20,170	kJ/kg		
	เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	18,821	kJ/kg		
	ปีกไม้ยางพารา	19,579	kJ/kg		
	ซังข้าวโพด	15,580	kJ/kg		
	แกลบ	12,393	kJ/kg		
	กะลามะพร้าว	15,945	kJ/kg		
	ทางปาล์ม	14,777	kJ/kg		
	กะลาปาล์ม	10,126	kJ/kg		
	กากมันสำปะหลัง	14,407	kJ/kg		
	เปลือกมันสำปะหลัง	14,591	kJ/kg		
	ขี้เหล็ก	25,080	kJ/kg		
	ประดู่	20,920	kJ/kg		
	สะเดา (เทียม)	16,700	kJ/kg		
	สะเดา (บ้าน)	18,000	kJ/kg		
เชื้อเพลิงเหลว	น้ำมันเตากำมะถันต่ำ	42.72	MJ/L	40.11	MJ/L
		44.50	MJ/kg	41.78	MJ/kg
	น้ำมันเตากำมะถันสูง	41.18	MJ/L	38.67	MJ/L
		42.90	MJ/kg	40.28	MJ/kg
	น้ำมันดีเซล	38.60	MJ/L	36.24	MJ/L
		45.95	MJ/kg	43.14	MJ/kg
	น้ำมันเบนซิน	34.48	MJ/L	32.38	MJ/L
		46.59	MJ/kg	43.76	MJ/kg
เชื้อเพลิงก๊าซ	ก๊าซธรรมชาติ	38.45	MJ/m^3	34.33	MJ/m^3
		51.27	MJ/kg	45.77	MJ/kg
	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	26.50	MJ/L	23.67	MJ/L
		50.00	MJ/kg	44.66	MJ/kg
พลังงานไฟฟ้า	ไฟฟ้า	3.60	MJ/kWh	3.60	MJ/kWh

หมายเหตุ: ค่าความร้อนจริงของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดอาจแตกต่างจากค่าในตารางเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของเชื้อเพลิงและกรรมวิธีในการหาค่าความร้อน

6.2 การเผาไหม้

พลังงานที่ใช้ทั้งหมดในโลกปัจจุบันกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (ทั้งที่เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล และไม่ใช่เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ชีวมวล) อาศัยขบวนการเผาไหม้เป็นหลักเพื่อแปรรูปเป็นความร้อนหรืองานมาใช้ประโยชน์ การควบคุมดูแลการเผาไหม้ของหม้อน้ำอย่างถูกต้องสม่ำเสมอเพื่อลดการสูญเสียพลังงานในกระบวนการเผาไหม้เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการดำเนินการด้านการประหยัดพลังงานและยังสามารถช่วยลดมลพิษต่อสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

การเผาไหม้ คือ ปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่าปฏิกิริยาออกซิไดส์ ระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจน ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะให้ความร้อนจำนวนมากออกมา (Exothermic reaction) องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการเผาไหม้ คือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน ความร้อน และปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดนี้จะต้องเกิดขึ้นพร้อมในเวลาเดียวกันจึงจะทำให้มีการเผาไหม้ขึ้นได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วออกซิเจนนั้นจะได้มาจากอากาศที่อยู่ภายในบริเวณของการเผาไหม้ หลักการเบื้องต้นของกระบวนการเผาไหม้แสดงได้ดังรูปที่ 6-2 โดยทั่วไปเชื้อเพลิงที่ใช้มักจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน หรือมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อเกิดการเผาไหม้ปฏิกิริยาจะเป็นดังนี้

$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 94{,}050$ kcal/kmol

(ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการสันดาปอย่างสมบูรณ์ของคาร์บอน)

$H_2 + ½O_2 \longrightarrow H_2O + 68{,}320$ kcal/kmol

(การเกิดน้ำจากการสันดาปอย่างสมบูรณ์ของไฮโดรเจน)

และถ้าเชื้อเพลิงมีกำมะถันเจือปนอยู่ในเชื้อเพลิงจะเกิดปฏิกิริยา

$S + O_2 \longrightarrow SO_2 + 70{,}960$ kcal/kmol

หากปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาข้างต้น มีความสมดุลกับปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน และกำมะถัน อย่างพอดี จะเรียกว่าอากาศที่ใช้ในการสันดาปนี้ว่า **อากาศที่มีปริมาณออกซิเจนตามทฤษฎี (Theoretical air)** ซึ่งในกรณีของเชื้อเพลิงแข็งหรือเชื้อเพลิงเหลว ปริมาณอากาศที่ใช้จริงที่มีปริมาณออกซิเจนตรงตามทฤษฎีสามารถหาได้จาก

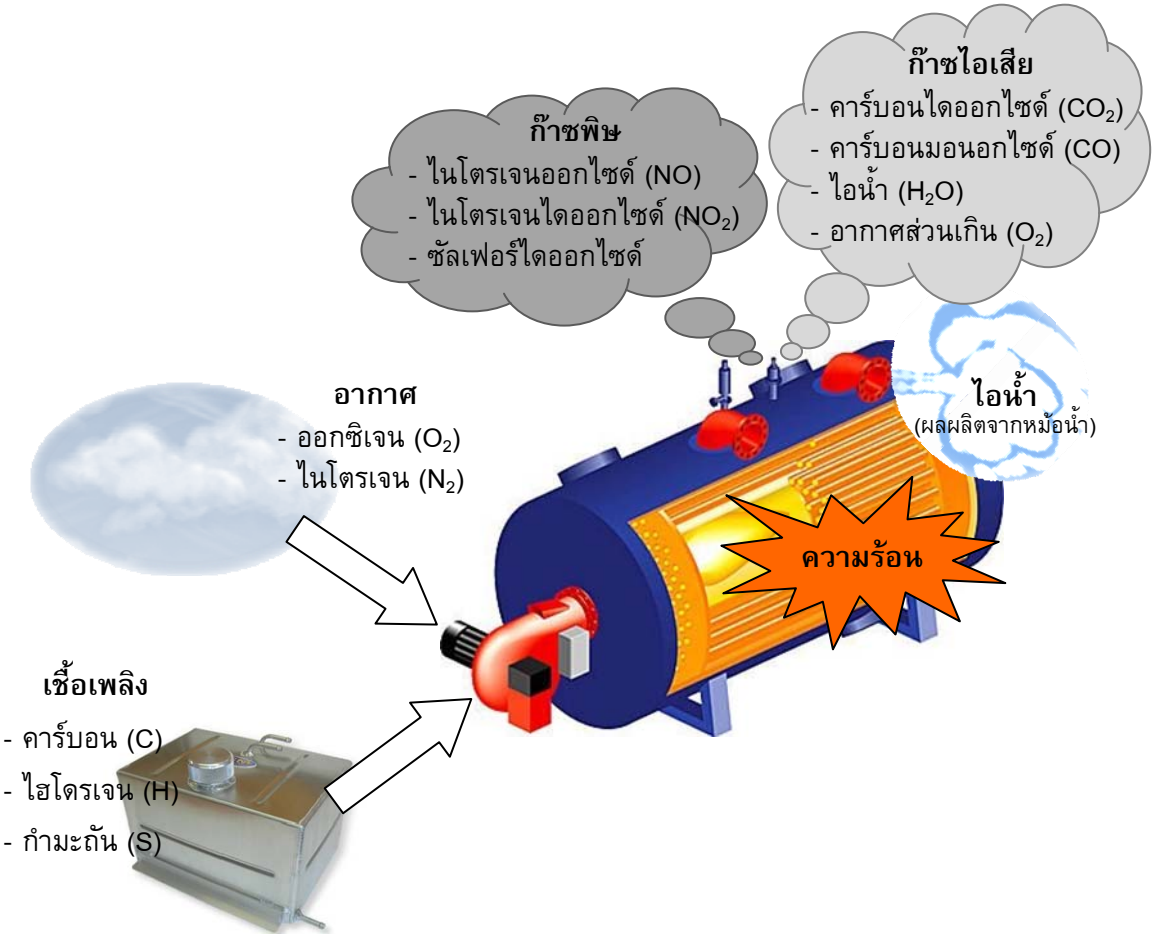
$$A_o = 8.89C + 26.7(H - O/8) + 3.33S$$

โดยที่ A_o คือ ปริมาณอากาศที่มีปริมาณออกซิเจนตามทฤษฎี, kg

C, H, O, และ S คือ มวลของธาตุขององค์ประกอบที่อยู่ในเชื้อเพลิง, kg

ส่วนกรณีของเชื้อเพลิงก๊าซ ปริมาณอากาศที่ใช้จริงที่มีปริมาณออกซิเจนตรงตามทฤษฎีสามารถหาได้จาก

$$A_o = (1/0.21)(0.5H_2 + 0.5CO + 2CH_4 + 3.5C_2H_4 + 3C_2H_4 + 6.5C_4H_{10} - O_2)$$



รูปที่ 6-2 หลักการเบื้องต้นของกระบวนการเผาไหม้

ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะควบคุมให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยใช้ปริมาณอากาศเท่ากับที่ต้องการตามทฤษฎีได้ เนื่องจาก

- การผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ทุกโมเลกุล
- การเผาไหม้อากาศกับเชื้อเพลิงต้องการเวลาในการเกิดปฏิกิริยา
- คุณสมบัติของเชื้อเพลิงในการเกิดปฏิกิริยา
- ระบบการเผาไหม้

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น หากป้อนอากาศเข้าเผาไหม้ในปริมาณที่พอดีกับค่าทางทฤษฎีแล้ว เป็นการยากที่จะทำให้ออกซิเจนทุกตัวผสมผสานกับธาตุต่างๆ ในเชื้อเพลิงได้หมดและทั่วถึงกัน จึงเป็นผลให้เกิดการเผาไหม้ในลักษณะอากาศไม่เพียงพอ ปฏิกิริยาการสันดาปข้างต้นจึงเปลี่ยนเป็น

$C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO + 26{,}410$ kcal/kmol

(ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เกิดจากการสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ของคาร์บอน)

ปฏิกิริยาในขั้นตอนแรกจะได้ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นก๊าซพิษออกมา และมีความร้อนบางส่วนหายไปจากปฏิกิริยานี้ อย่างไรก็ตามก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์สามารถเผาไหม้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้หากมีออกซิเจนเพิ่มเติมเข้ามาในปฏิกิริยาขั้นที่สอง

$CO + ½O_2 \longrightarrow CO_2 + 67{,}640$ kcal/kmol

(ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการสันดาปอย่างสมบูรณ์ของคาร์บอนมอนนอกไซด์)

ส่วนเชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการสันดาปกับออกซิเจนจะเกิดเป็นควันของคาร์บอน ก๊าซไฮโดรเจน หรือก๊าซไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ซึ่งเท่ากับเป็นการสูญเสียเชื้อเพลิงทิ้งออกไป

การเผาไหม้ที่อากาศไม่เพียงพอนี้ จะให้พลังงานความร้อนออกมาน้อยกว่าการเผาไหม้สมบูรณ์ เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ เขม่า และควันสีดำ ในทางปฏิบัติการเผาไหม้จริงๆ จำเป็นต้องป้อนอากาศให้เกินกว่าความต้องการในเชิงทฤษฎี อากาศส่วนนี้เรียกว่า **อากาศส่วนเกิน (Excess air)** อย่างไรก็ตาม การป้อนอากาศมากจนเกินไปจะเกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนออกไปกับก๊าซไอเสียอย่างมาก เพราะออกซิเจนและไนโตรเจนในอากาศที่เกินมานี้มิได้ทำปฏิกิริยาใดๆ ในการเผาไหม้นอกจากจะดูดพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้และพาออกทิ้งยังปล่องระบายไป

โดยทั่วไปเชื้อเพลิงก๊าซต้องการอากาศส่วนเกินน้อย โดยอยู่ระหว่าง 5-10% โดยปริมาตร เนื่องจากการผสมกันระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงก๊าซดีและเร็ว ส่วนเชื้อเพลิงเหลวต้องการอากาศส่วนเกินระหว่าง 15-20% โดยปริมาตร และเชื้อเพลิงแข็งต้องการอากาศส่วนเกินระหว่าง 15-60% โดยปริมาตร ขึ้นอยู่กับลักษณะการเผาไหม้ (ขนาดเม็ดเชื้อเพลิงแข็ง หรือระบบการเผาไหม้) ปริมาณอากาศส่วนเกินที่เหมาะสมตามเชื้อเพลิงและระบบการเผาไหม้แสดงในตารางที่ 6-6

ตารางที่ 6-6 ปริมาณอากาศส่วนเกินที่เหมาะสมตามเชื้อเพลิงและระบบการเผาไหม้

ชนิดเชื้อเพลิง	ชนิดของหัวเผาหรือห้องเผาไหม้	อากาศส่วนเกิน
ถ่านหินบดละเอียด	- ห้องเผาไหม้แบบผนังเปียกทุกด้าน	15-20%
	- ห้องเผาไหม้ผนังเปียกบางส่วน	15-40%
ถ่านหิน	- ห้องเผาไหม้ที่ใช้เครื่องป้อนถ่านหินแบบกระจาย	30-60%
	- ห้องเผาไหม้ที่ใช้เครื่องป้อนถ่านหินแบบตะแกรงสั่น	30-60%
	- ห้องเผาไหม้ที่ใช้เครื่องป้อนถ่านหินแบบสายพานตะแกรง	15-50%
	- ห้องเผาไหม้ที่ใช้เครื่องป้อนถ่านหินด้านล่าง	20-50%
ไม้	ห้องเผาไหม้ทุกประเภท	20-25%
ชานอ้อย	ห้องเผาไหม้ทุกประเภท	25-35%
น้ำมัน	- หัวเผาน้ำมัน	5-10%
	- หัวเผาที่ใช้เชื้อเพลิงหลายชนิด และหัวเผาแบบเปลวไฟแบน	10-20%
ก๊าซธรรมชาติ	- หัวเผาก๊าซ	5-10%
	- หัวเผาที่ใช้เชื้อเพลิงหลายชนิด	7-12%

6.3 หัวเผา

หัวเผาเป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ป้อนเชื้อเพลิงเหลวหรือเชื้อเพลิงก๊าซ และอากาศเข้าผสมกัน ก่อให้เกิดการเผาไหม้ในอัตราที่เหมาะสม และได้เป็นพลังงานความร้อนออกมา ในกรณีหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งทั่วไปจะไม่มีการใช้หัวเผา แต่จะใช้ห้องเผาไหม้แทน ส่วนในกรณีที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง และสามารถบดโม่ถ่านหินให้มีขนาดเล็กเท่าผงแป้งได้ จะสามารถเลือกใช้หัวเผาถ่านหิน (Coal burner) ได้ การแบ่งชนิดหัวเผาต้องทำการแบ่งจากชนิดเชื้อเพลิงเป็นอันดับแรก โดยสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มหลักได้แก่ หัวเผาเชื้อเพลิงเหลว และหัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซ

6.3.1 หัวเผาเชื้อเพลิงเหลว

หัวเผาเชื้อเพลิงเหลวหรือน้ำมัน (Liquid fuel burner) ทุกประเภทจะมีขั้นตอนการทำงานที่สำคัญเหมือนกัน 2 ขั้นตอน คือ Filming ซึ่งเป็นขั้นตอนทำให้น้ำมันก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มบางมากๆ (Oil film) และ Disintegration คือขั้นตอนทำให้แผ่นน้ำมันบางที่เกิดจากขั้นตอนแรกแตกกระจายเป็นอนุภาคเล็กๆ (Oil droplet) โดยอาศัยความไม่เสถียรที่มีอยู่ในตัวของแผ่นน้ำมันบางเองหรือโดยใช้ของไหลอื่นมาทำให้แตกตัว สำหรับหัวเผาเชื้อเพลิงเหลวหรือน้ำมันสามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ

1) หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน (Pressure atomized burner) ทำงานได้โดยอาศัยความดันของน้ำมันเพื่อฉีดให้เป็นฝอย หัวเผาแบบนี้เหมาะสำหรับหม้อน้ำขนาดใหญ่ เช่น ในเรือเดินสมุทรและในโรงจักรไฟฟ้า หัวเผาชนิดนี้ทำงานโดยการปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้ความดันสูง (70-300 psi) และมีความหนืดต่ำประมาณ 50-120 sec Redwood No.1 (ส่วนใหญ่จะต้องมีการอุ่นน้ำมันให้ร้อนเพื่อลดความหนืดก่อนที่จะป้อนเข้าหัวเผา) ผ่านไปยังรูเล็กๆ เพื่อให้ได้ผลของการเผาไหม้ที่ดี น้ำมันจะถูกอัดผ่านช่องทางเล็กๆ ใน Swirl chamber ทำให้ฝอยน้ำมันที่ออกมามีความเร็วทั้งที่พุ่งไปข้างหน้าและความเร็วหมุนรอบตัว (Rotational velocity) โดยมีทิศสวนทางกับการหมุนเหวี่ยงของอากาศที่ป้อนเข้าเผาไหม้ เพื่อให้ได้การคลุกเคล้า (Mixing) ที่ดี ทำให้ฝอยละเอียดของน้ำมันระเหยเป็นไอได้รวดเร็ว การผสมกันระหว่างน้ำมันกับอากาศเกิดขึ้นอย่างดียิ่งขึ้น ส่งผลทำให้ได้การเผาไหม้สมบูรณ์และสะอาด หัวเผาแบบนี้ใช้งานได้สะดวกเพราะสามารถปรับความดันและอัตราการไหลของน้ำมันได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือรูของหัวเผามักจะมีฝุ่นผงหรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ไปอุดตันบ่อย จึงต้องทำความสะอาดบ่อย และทำความสะอาดไส้กรองน้ำมันด้วย ลักษณะ หลักการทำงาน และอุปกรณ์ของหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมันแสดงได้ดังในรูปที่ 6-3

หัวฉีดที่ใช้ในหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน สามารถแบ่งตามลักษณะการไหลของน้ำมันผ่านหัวฉีดได้เป็น 2 แบบ คือ

(ก) หัวฉีดแบบไม่มีน้ำมันไหลกลับ (Non-oil return or non-recirculation nozzle)

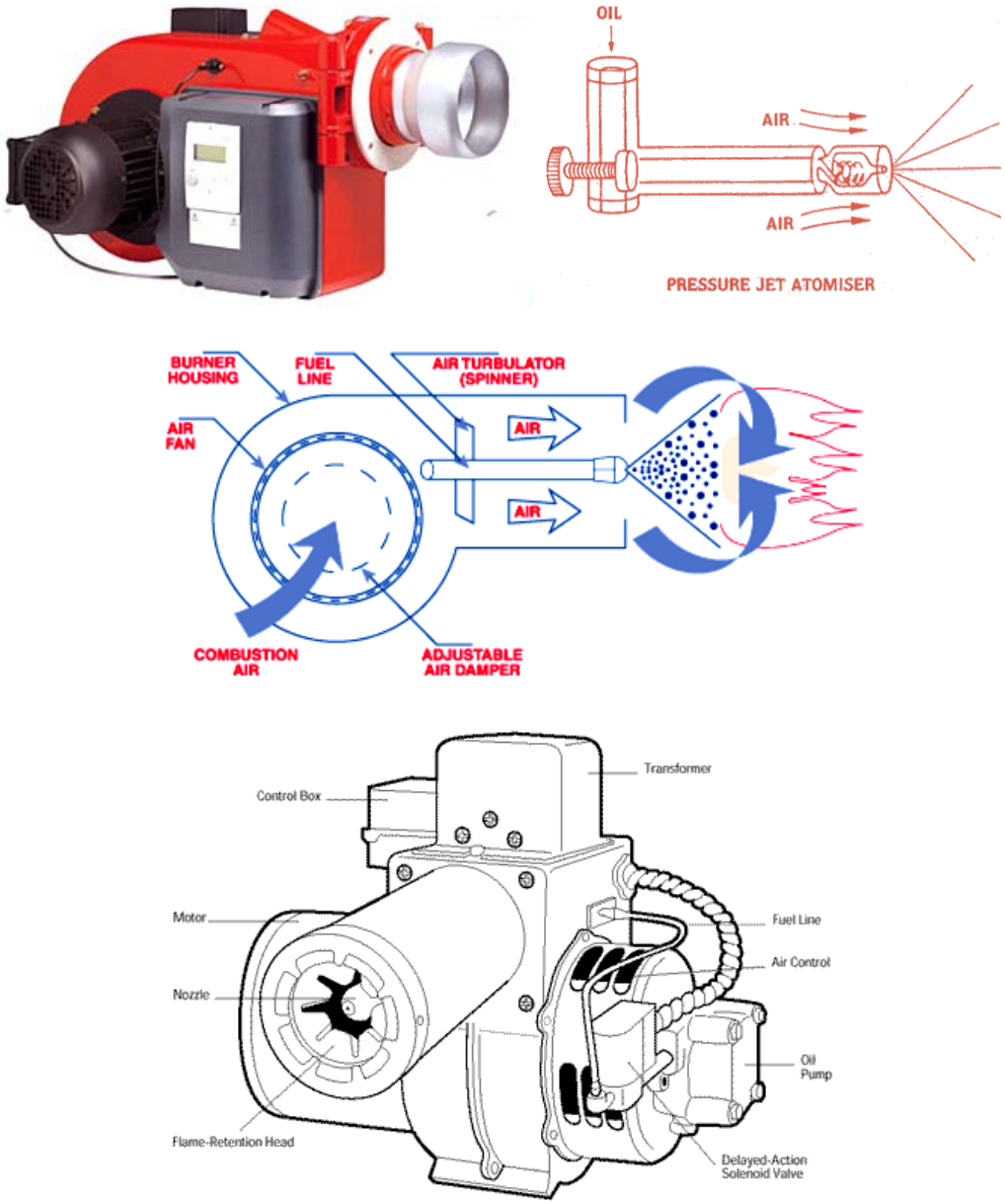
(ข) หัวฉีดแบบมีน้ำมันไหลกลับ (Oil return or recirculation nozzle)

ข้อดีของหัวเผาแบบใช้ความดันน้ำมัน ได้แก่

- โครงสร้างเรียบง่าย ใช้งานง่ายและราคาถูก
- มีหลายขนาดให้เลือกเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- สามารถปรับรูปร่างของเปลวไฟได้

ส่วนข้อเสียของหัวเผาแบบใช้ความดันน้ำมัน ได้แก่

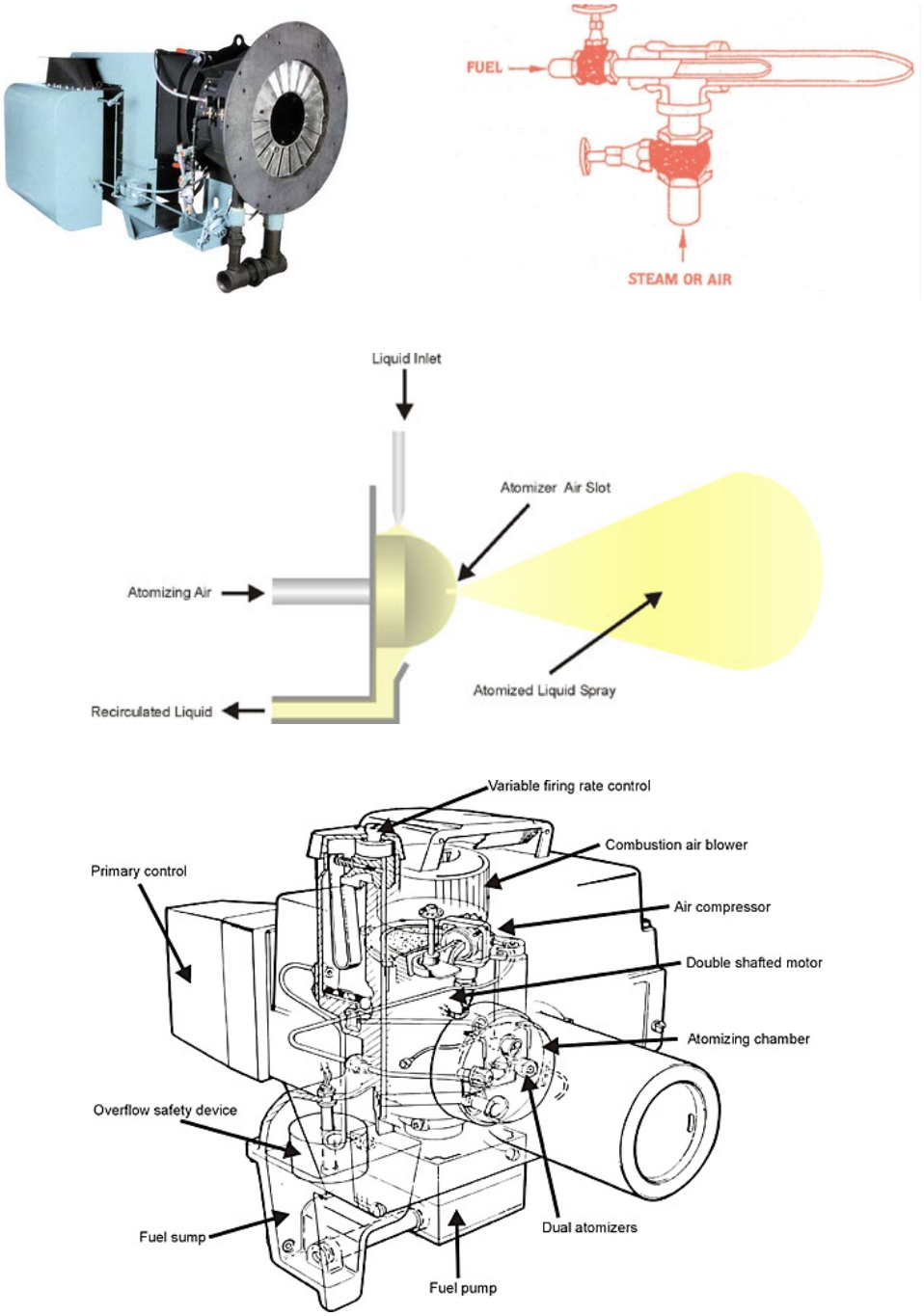
- ให้ค่าสัดส่วน Turn-down ต่ำ (อัตราส่วนของการสิ้นเปลืองน้ำมันสูงสุดกับต่ำสุด) ดังนั้นถ้าจะให้ภาระการสันดาปเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงกว้าง จำเป็นต้องเพิ่มจำนวน Atomizer ให้มากขึ้น
- ทำงานในลักษณะ On-off เท่านั้น และใช้งานในสภาวะภาระทางความร้อนไม่เปลี่ยนแปลง
- ใช้ปั๊มน้ำมันความดันสูง และต้องการอุณหภูมิในการอุ่นน้ำมันที่สูง
- น้ำมันที่สกปรกจะทำให้หัวเผาอุดตันจึงต้องมีการกรองน้ำมันอย่างละเอียด
- เกิดความเสียหายได้ง่ายระหว่างการทำความสะอาด



รูปที่ 6-3 หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน

2) หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำหรืออากาศ

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำหรืออากาศ (Steam or air atomized burner) หรือที่เรียกว่าหัวเผาแบบของไหลคู่ (Twin-fluid atomized burner) เป็นหัวเผาที่ใช้ลมหรือไอน้ำเพื่อฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอย หลักการทำงานของหัวเผาแบบนี้คือจะมีน้ำมันไหลผ่านในท่อขนาดเล็กซึ่งวางเรียงตัวกันอยู่ด้านในของท่อใหญ่ โดยมีอากาศหรือไอน้ำภายใต้ความดันสูงไหลผ่านในท่อด้านนอก ที่ปลายท่อทั้งสอง น้ำมันและอากาศหรือไอน้ำ จะถูกเป่าให้กระทบกันจึงทำให้น้ำมันแตกตัวเป็นฝอยเล็กๆ ลักษณะ หลักการทำงาน และอุปกรณ์ของหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำหรืออากาศแสดงได้ดังรูปที่ 6-4



รูปที่ 6-4 หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำหรืออากาศ

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำหรืออากาศแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทตามความดันของลมหรือไอน้ำที่ใช้ในการเป่ากระทบให้น้ำมันเป็นฝอย ดังนี้

(ก) หัวเผาแบบความดันต่ำ (Low pressure burner)

ใช้อากาศความดันประมาณ 1.08 บาร์ ปริมาณของอากาศที่เป่ากระทบเท่ากับ 25-40% ของอากาศที่ต้องการใช้เพื่อทำให้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เหมาะสำหรับหม้อน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง

(ข) หัวเผาแบบความดันปานกลาง (Medium pressure burner)

ใช้อากาศความดันระหว่าง 1.25-2.00 บาร์ ในการเป่ากระทบ ปริมาณอากาศที่ใช้เป่ากระทบเท่ากับ 3-5% ของอากาศทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ หัวเผาประเภทนี้ส่วนใหญ่จะนำมาใช้กับเตาถลุงโลหะ

(ค) หัวเผาแบบความดันสูง (High pressure burner)

ใช้อากาศที่มีความดันประมาณ 2.00-4.45 บาร์ ปริมาณอากาศที่ใช้เป่ากระทบเท่ากับ 2-3% ของอากาศทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

ข้อดีของหัวเผาแบบใช้ไอน้ำหรืออากาศ ได้แก่

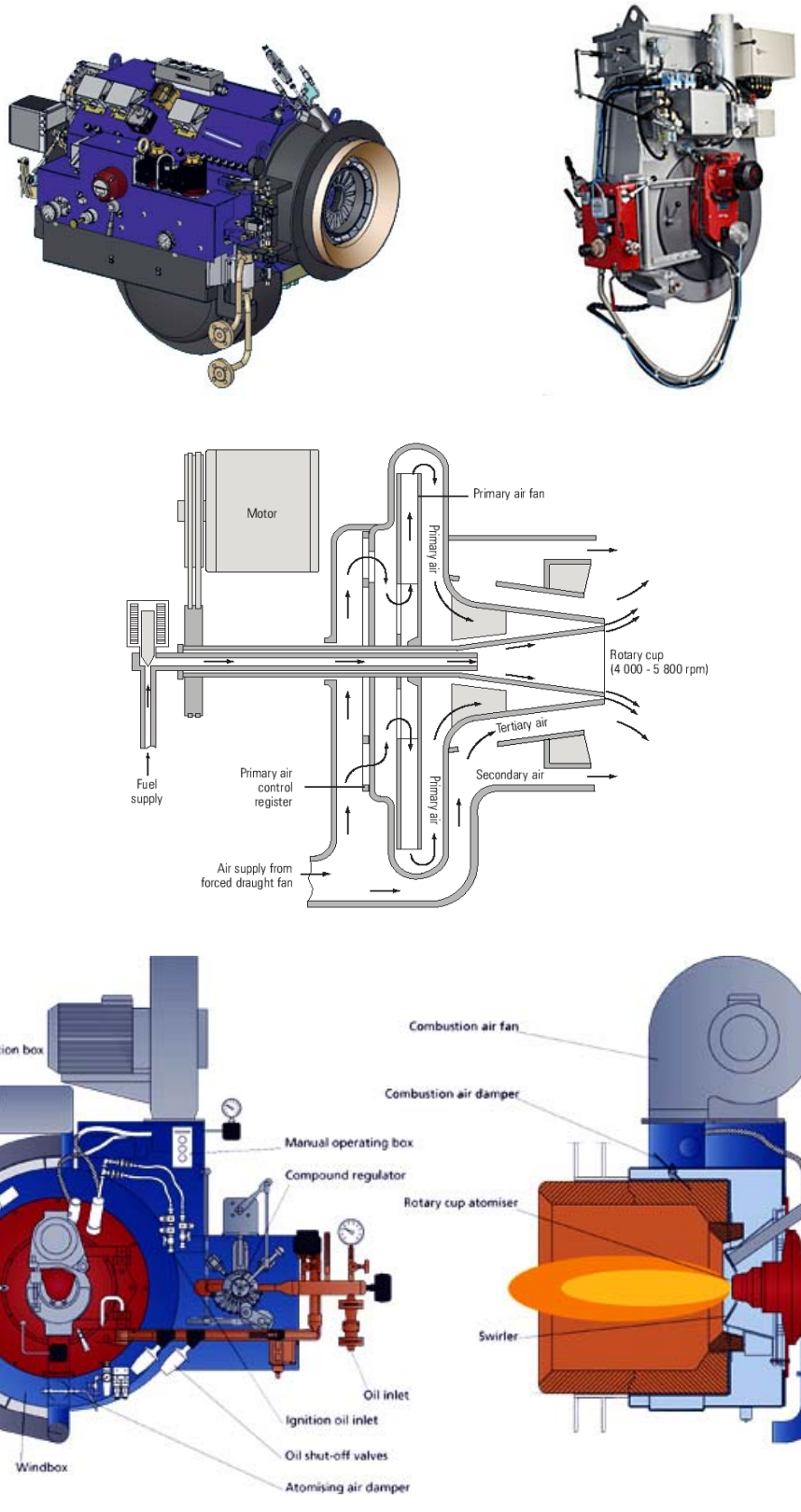
- มีโครงสร้างที่แข็งแรง
- ให้ค่าเทิร์นดาวน์เรโช (Turn down ratio) สูง คือ 4:1
- ใช้น้ำมันความดันต่ำ
- ให้ขนาดของ Droplet เล็กกว่า
- ให้การผสม (Mixing) ระหว่าง Droplet กับอากาศดีกว่า
- ตอบสนองต่อภาระทางความร้อน (Thermal load) ได้เร็วกว่า
- ในกรณีซึ่งของไหลที่ทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันเป็นไอน้ำจะสามารถช่วยลดการก่อตัวของคาร์บอนลงได้ โดยที่ประสิทธิภาพของการเผาไหม้เกือบจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อใช้ปริมาณของไอน้ำต่ำกว่า 9% ของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้

ส่วนข้อเสีย คือค่าใช้จ่ายแพงกว่าเนื่องจากมีการใช้พลังงานเพื่ออัดอากาศหรือไอน้ำ

3) หัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน

หัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน (Rotary cup burner) อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อกระจายน้ำมันให้เป็นฝอย การทำงานของหัวเผาชนิดนี้คือ น้ำมันจะถูกป้อนทางท่อด้านในของกรวยที่กำลังหมุนรอบแกนด้วยความเร็วรอบประมาณ 3,500-4,000 รอบต่อนาที แรงหนีศูนย์กลางจะทำให้น้ำมันจะถูกเหวี่ยงไปแนบกับผนังด้านในถ้วยแผ่ออกเป็นแผ่นบาง และถูกสะบัดออกจากปากถ้วยมาพบกับอากาศปฐมภูมิ (Primary air) ที่หมุนเหวี่ยงออกมาจากหัวฉีดอากาศ (Air nozzle) ที่อยู่รอบถ้วยในทิศตรงกันข้ามกับการหมุนเหวี่ยงของน้ำมัน ทำให้ฟิล์มน้ำมันถูกตีแผ่และกระจายออกมาเป็นฝอยละเอียด จากนั้นจึงระเหยเป็นไอ และติดไฟทันที อากาศส่วนแรกนี้ถูกใช้ไปประมาณ 15-20% ของอากาศทั้งหมด ส่วนอากาศทุติยภูมิ (Secondary air) จะไหลทางด้านข้างของหัวเผา หัวเผาแบบนี้เหมาะที่จะใช้กับน้ำมันที่มีความหนืดสูง เช่น น้ำมันเตา เป็นต้น ซึ่ง

ในบางกรณีอาจไม่จำเป็นต้องอุ่นน้ำมันให้ร้อนก่อน ลักษณะ หลักการทำงาน และอุปกรณ์ของหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุนแสดงดังรูปที่ 6-5



รูปที่ 6-5 หัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน

ข้อดีของหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน ได้แก่

- มีความเชื่อถือได้สูง ใช้งานได้สะดวก
- สามารถใช้ได้กับอัตราการป้อนน้ำมันซึ่งไม่คงที่ได้ โดยสามารถให้ละอองน้ำมันที่ละเอียดสม่ำเสมอกันตลอดช่วงอัตราการป้อนน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไป
- สามารถปรับอัตราการป้อนน้ำมันได้สูง หรือให้ค่าสัดส่วน Turn-down สูง คือ 10:1 โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนของหัวเผา
- ไม่มีปัญหาเรื่องอุดตันของน้ำมันเพราะท่อทางไหลในตัวหัวเผามีขนาดใหญ่
- ความดันป้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ ง่ายต่อการทำงาน
- สามารถควบคุมขนาดของหยดเชื้อเพลิง (Oil droplet) ได้ง่าย เพียงแต่ควบคุมความเร็วรอบของถ้วยหมุน เพราะขนาดเฉลี่ยของหยดเชื้อเพลิงเป็นสัดส่วนผกผันกับความเร็วรอบของการหมุนของถ้วย

ส่วนข้อเสียของหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน ได้แก่

- การบำรุงรักษาซับซ้อนยุ่งยากและราคาแพง
- ต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อหมุนถ้วย
- การสึกหรอมักเกิดที่ขอบถ้วย ทำให้น้ำมันแตกเป็นฝอยละเอียดไม่สม่ำเสมอ
- อาจเกิดตะกอนน้ำมันสะสมภายในถ้วย จึงจำเป็นต้องถอดออกทำความสะอาดบ่อยๆ

หัวเผาเชื้อเพลิงเหลวที่ใช้ในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่แล้วนำเข้าจากประเทศต่างๆ หลายประเทศ และมีหลากหลายยี่ห้อ ซึ่งสามารถสรุปยี่ห้อตามชนิดของหัวเผาได้ดังนี้

(ก) หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน มียี่ห้อ Weishaupt/Monarch, Olympia, Elco Klockner, Bentone, Baltur Riello, Oertli, Nuway, Ray Henchel, และ Wanson (Thermo Pac) เป็นต้น

(ข) หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้อากาศ มียี่ห้อ Cleaver Brooks, Kewanee, Yorkshipley, Ray, และ Hauwk เป็นต้น

(ค) หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำ มียี่ห้อ IHI, Takuma, และ Kure เป็นต้น

(ง) หัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน มียี่ห้อ Saacke, Hamworthy, MP.Boiler, Sunray, และ Ray เป็นต้น

6.3.2 หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซ

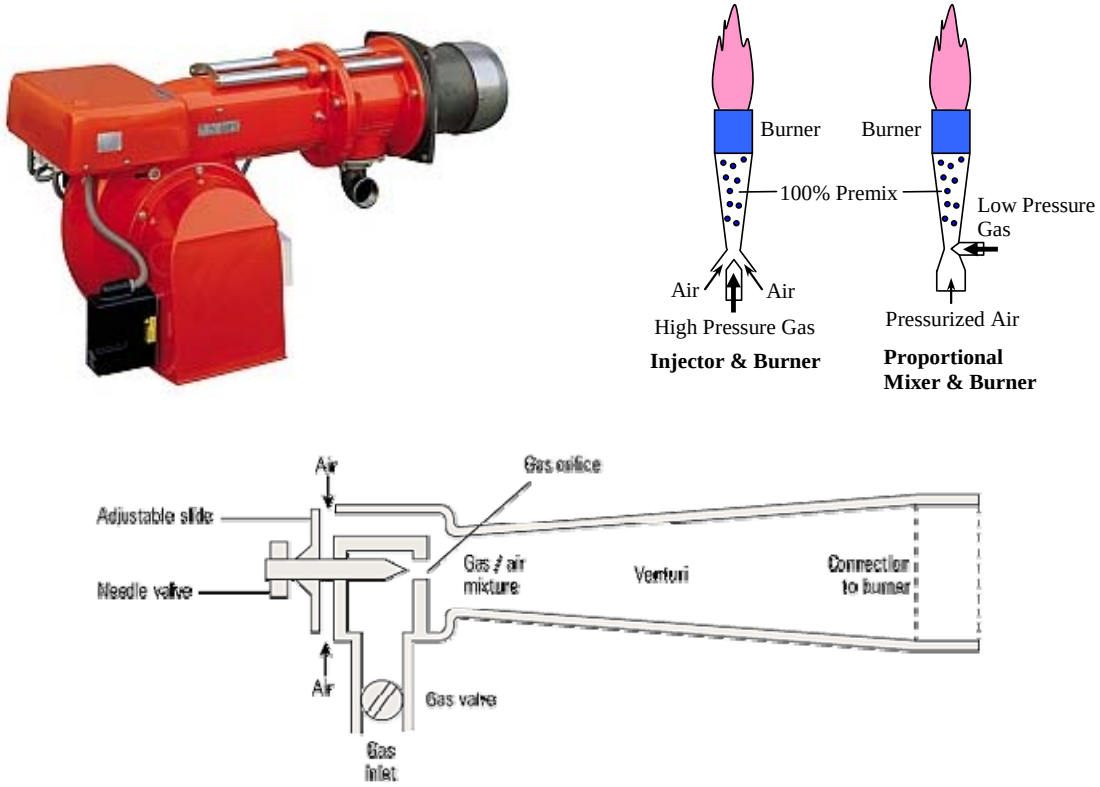
หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซ (Gas fuel burner) คือหัวเผาที่ออกแบบมาสำหรับใช้ในการสันดาปเชื้อเพลิงก๊าซ สามารถแบ่งหัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซตามขั้นตอนในการผสมเชื้อเพลิงก๊าซกับอากาศได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

1) หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนป้อนเข้าเผาไหม้ (Pre-mix gas burner)

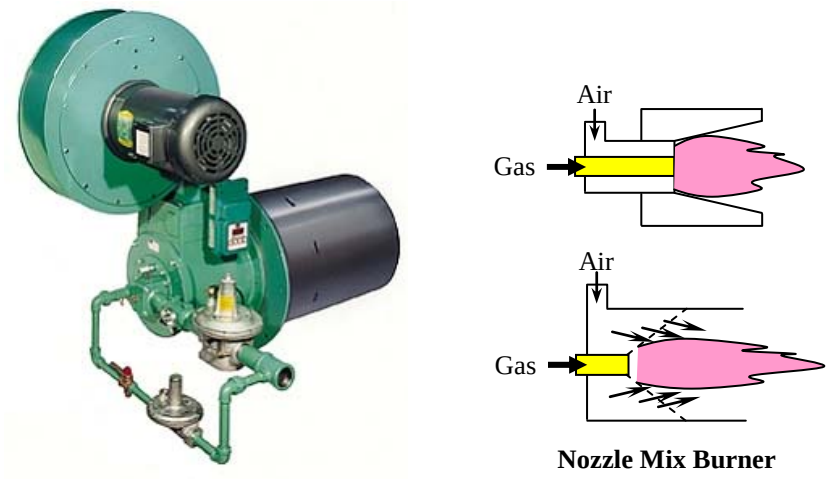
หัวเผาลักษณะนี้จะมีห้องผสมเชื้อเพลิงก๊าซให้เข้ากันกับอากาศก่อนที่จะป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้หรือหัวเผา ลักษณะ และหลักการทำงานของหัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนป้อนเข้าเผาไหม้แสดงได้ดังรูปที่ 6-6

2) หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมกันภายในหัวเผา (Nozzle-mix gas burner)

หัวเผาลักษณะนี้จะไม่มีห้องผสมเชื้อเพลิงก๊าซให้เข้ากันกับอากาศ แต่จะมีการป้อนเชื้อเพลิงก๊าซและอากาศเข้าพร้อมกันที่บริเวณด้านหน้าหัวเผา ดังนั้นเชื้อเพลิงและอากาศจะผสมกันและเกิดการสันดาปขึ้นที่บริเวณหน้าหัวเผา ลักษณะ และหลักการทำงานของหัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมกันภายในหัวเผาแสดงได้ดังรูปที่ 6-7



รูปที่ 6-6 หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนป้อนเข้าเผาไหม้



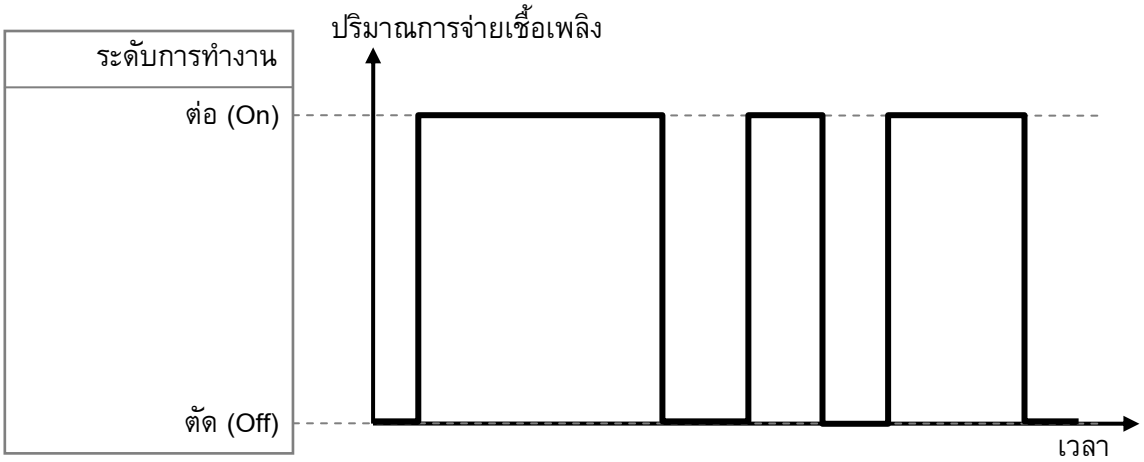
รูปที่ 6-7 หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมกันภายในหัวเผา

6.3.3 การควบคุมหัวเผา

นอกจากจะแบ่งประเภทของหัวเผาตามชนิดเชื้อเพลิงแล้ว ยังสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการควบคุมการทำงานของหัวเผา ซึ่งการควบคุมการทำงานของหัวเผา คือ การควบคุมปริมาณการป้อนเชื้อเพลิงและอากาศให้เหมาะสมกับภาระทางความร้อน (Heat load) ของหม้อน้ำ การควบคุมการทำงานของหัวเผาที่ดีส่งผลให้เกิดการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ และมีต้นทุนที่เหมาะสม สามารถจัดแบ่งหัวเผาตามลักษณะการควบคุมการทำงานได้ดังนี้

1) หัวเผาแบบตัด-ต่อ

หัวเผาแบบตัด-ต่อ (On-off burner) หรือหัวเผาแบบไฟคงที่ (Constant-fire burner) หรือหัวเผาแบบขั้นเดียว (Single stage burner) จ่ายเชื้อเพลิงโดยใช้หัวฉีดเพียงหัวเดียว หลักการทำงานคือ หลังจากหม้อน้ำเริ่มทำงาน โซลินอยด์วาล์วจะเปิดให้หัวฉีด ฉีดเชื้อเพลิงออกด้วยอัตราสูงสุด เรียกสภาวะนี้ว่า ต่อ (On) เมื่อความดันไอน้ำสูงเกินจุดที่ตั้งไว้ เนื่องจากอัตราการผลิตไอน้ำถึงจุดสูงสุดหรือปริมาณความต้องการใช้ไอน้ำลดลง จะมีสัญญาณมาปิดโซลินอยด์วาล์วเพื่อให้หัวฉีดหยุดทำงาน เรียกสภาวะนี้ว่า ตัด (Off) และเมื่อความดันไอน้ำลดต่ำลงถึงจุดที่ตั้งไว้ ก็จะมีสัญญาณมาสั่งให้โซลินอยด์วาล์วเปิดหัวฉีดอีกรอบ การทำงานจะมีลักษณะเป็นวัฏจักรเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ หัวเผาแบบนี้เหมาะสำหรับความต้องการภาระไอน้ำคงที่ เหมาะกับหม้อน้ำเล็กๆ ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และเหมาะกับหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน หัวเผาแบบนี้ไม่มีเทิร์นดาวน์เรโช การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงจึงมีเพียงการตัดและต่อ ดังแสดงในรูปที่ 6-8

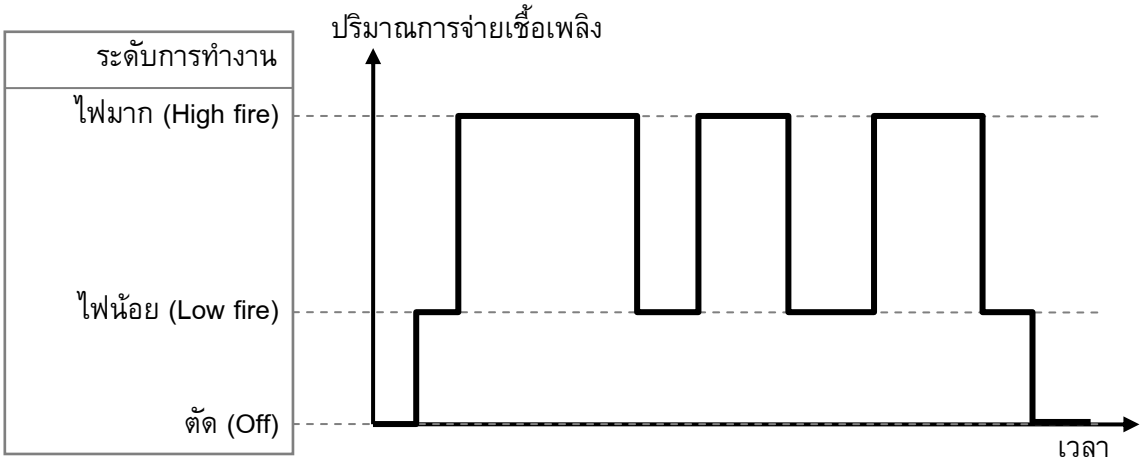


รูปที่ 6-8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบตัด-ต่อ

2) หัวเผาแบบไฟมาก-น้อย

หัวเผาแบบไฟมาก-น้อย (High/low-fire burner or HF-LF burner) หรือหัวเผาแบบ 2 จังหวะ (Two-stage tuning burner) ประกอบด้วยหัวฉีด 2 หัว ควบคุมอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงโดยการควบคุมการเปิดและปิดโซลินอยด์วาล์วจำนวน 2 ตัว โดยที่ช่วงที่ต้องการอัตราการผลิตไอน้ำน้อย โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 1 จะเปิดให้หัวฉีดตัวที่ 1 ให้ทำงาน ดังนั้นหัวเผาจึงทำงานที่ระดับไฟน้อย (Low fire) และเมื่อต้องการอัตราการผลิตไอน้ำสูงสุด (Full load) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 2 จะเปิดให้หัวฉีดตัวที่ 2 ฉีดน้ำมันเพิ่มเข้าห้องเผาไหม้ ที่สภาวะนี้

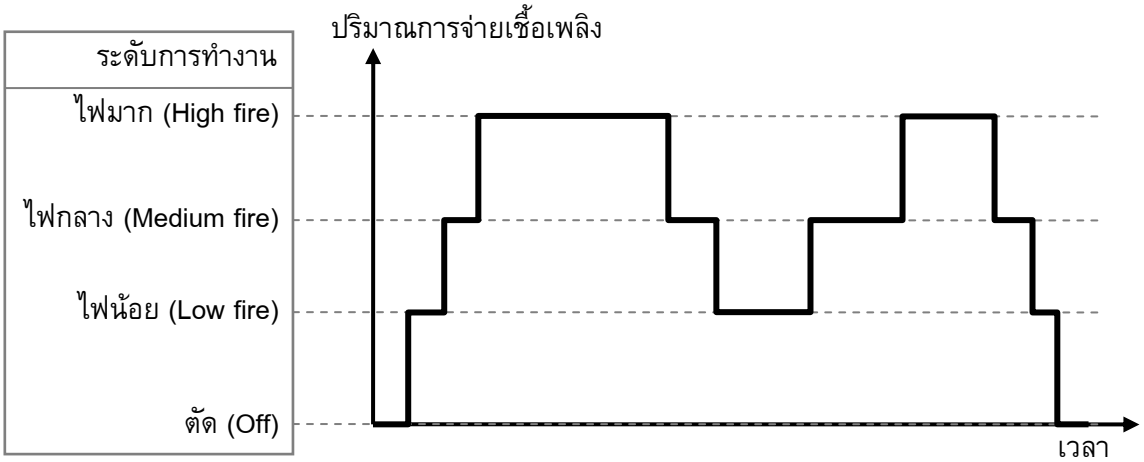
หัวฉีดทั้ง 2 ทำงานพร้อมกันทั้งหมด ดังนั้นหัวเผาจึงทำงานที่ระดับไฟมาก (High fire) การควบคุมแบบนี้ทำให้หัวเผาสามารถรองรับภาระที่เปลี่ยนแปลงของหม้อน้ำได้กว้างกว่าแบบตัด-ต่อ สามารถเลือกขนาดหัวฉีดและจัดเรียงลำดับการทำงานของหัวฉีดได้ตามต้องการ เช่น หัวฉีดตัวที่ 1 ใช้ฉีดเชื้อเพลิง 70% ส่วนหัวฉีดตัวที่ 2 ฉีดเพิ่มอีก 30% รวมเป็น 100% แสดงว่าหัวเผานี้มีเทิร์นดาวน์เรโชประมาณ 1.4:1 หรือหากสลับการจัดเรียงเป็นหัวฉีดตัวที่ 1 ใช้ฉีดเชื้อเพลิง 30% ส่วนหัวฉีดตัวที่ 2 ฉีดเพิ่มอีก 70% หัวเผาที่มีการจัดเรียงการทำงานของหัวฉีดแบบนี้มีเทิร์นดาวน์เรโชประมาณ 3.3:1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงแสดงได้ดังรูปที่ 6-9



รูปที่ 6-9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบไฟมาก-น้อย

3) หัวเผาแบบไฟมาก-กลาง-น้อย

หัวเผาแบบไฟมาก-กลาง-น้อย (High/medium/low-fire burner or HF-MF-LF burner) หรือหัวเผาแบบ 3 จังหวะ (Three-stage tuning burner) ประกอบด้วยหัวฉีด 3 หัว ควบคุมอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงโดยการควบคุมการเปิดและปิดโซลินอยด์วาล์วจำนวน 3 ตัว โดยที่ช่วงที่ต้องการอัตราการผลิตไอน้ำน้อย โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 1 จะเปิดให้หัวฉีดตัวที่ 1 ให้ทำงาน ดังนั้นหัวเผาจึงทำงานที่ระดับไฟน้อย (Low fire) เมื่อต้องการอัตราการผลิตไอน้ำเพิ่มขึ้น โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 2 จะเปิดให้หัวฉีดตัวที่ 2 ทำงานพร้อมกับหัวฉีดตัวที่ 1 ดังนั้นหัวเผาจึงทำงานที่ระดับไฟกลาง (Medium fire) และเมื่อต้องการอัตราการผลิตไอน้ำสูงสุด (Full load) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 จะเปิดให้หัวฉีดตัวที่ 3 ฉีดน้ำมันเพิ่มเข้าห้องเผาไหม้ ที่สภาวะนี้หัวฉีดทั้ง 3 ทำงานพร้อมกันทั้งหมด ดังนั้นหัวเผาจึงทำงานที่ระดับไฟมาก (High fire) การควบคุมแบบนี้ทำให้หัวเผาสามารถรองรับภาระที่เปลี่ยนแปลงของหม้อน้ำได้กว้างกว่าแบบตัด-ต่อ และหัวเผาแบบไฟมาก-น้อย การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงแสดงได้ดังรูปที่ 6-10



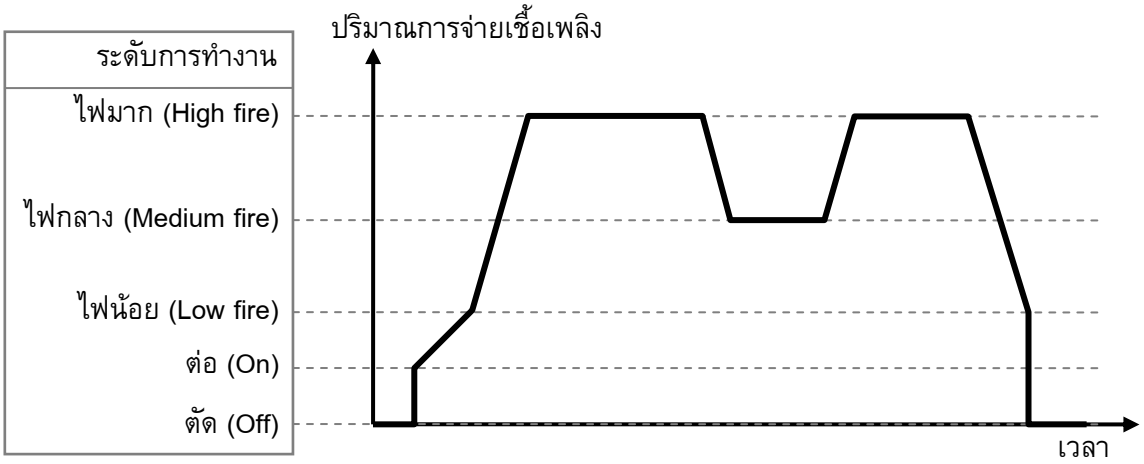
รูปที่ 6-10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบไฟมาก-กลาง-น้อย

4) หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่อง

หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่อง (Modulating burner) เป็นหัวเผาที่มีหัวฉีดหัวเดียว มีหลักการทำงาน คือ ปั๊มจะป้อนน้ำมันไปยังหัวฉีด และออกไปยังวาล์วควบคุมน้ำมัน (Oil regulator) เมื่อเข็มหัวฉีด (Needle nozzle) เปิด น้ำมันบางส่วนถูกฉีดออกไปในปริมาณที่ใช้จุดติดสตาร์ท (Ignition load) ปริมาณน้ำมันส่วนใหญ่จะไหลกลับผ่านวาล์วควบคุมน้ำมัน จากนั้นเซอร์โวมอเตอร์ (Servomotor) จะหมุนขับวาล์วควบคุมน้ำมันช้าๆ ตามความดันไอน้ำที่เพิ่มขึ้นและลดลง เพื่อลดหรือเพิ่มปริมาณน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด ส่วนในขณะเร่งเต็มที่ (Full load) ปริมาณน้ำมันจะฉีดออกทางหัวฉีดในปริมาณมาก และปริมาณน้ำมันส่วนน้อยจะไหลกลับผ่านวาล์วควบคุมน้ำมัน หัวเผาที่มีการควบคุมการทำงานแบบนี้มีจะมีความสามารถในการเร่งไฟขึ้นสุดและหรี่ไฟลงต่ำสุดได้มาก คือ มีเทิร์นดาวน์เรโชสูงตั้งแต่ 3 : 1 จนถึง 10 : 1 เหมาะสำหรับใช้ในหม้อน้ำที่ภาระไอน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ปริมาณเชื้อเพลิงที่หัวเผาป้อนเพื่อผลิตไอน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการใช้ไอน้ำเพื่อรักษาความดันไอน้ำตามที่กำหนดไว้ กล่าวคือ เมื่อค่าความดันไอน้ำในหม้อน้ำสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ หัวเผาก็จะลดปริมาณเชื้อเพลิงลง และเมื่อความดันไอน้ำต่ำกว่าที่กำหนดไว้ หัวเผาก็จะเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งหัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องเป็นประเภทย่อยได้อีก 2 แบบ ตามลักษณะของความต่อเนื่องในการควบคุม ได้แก่

(ก) หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน

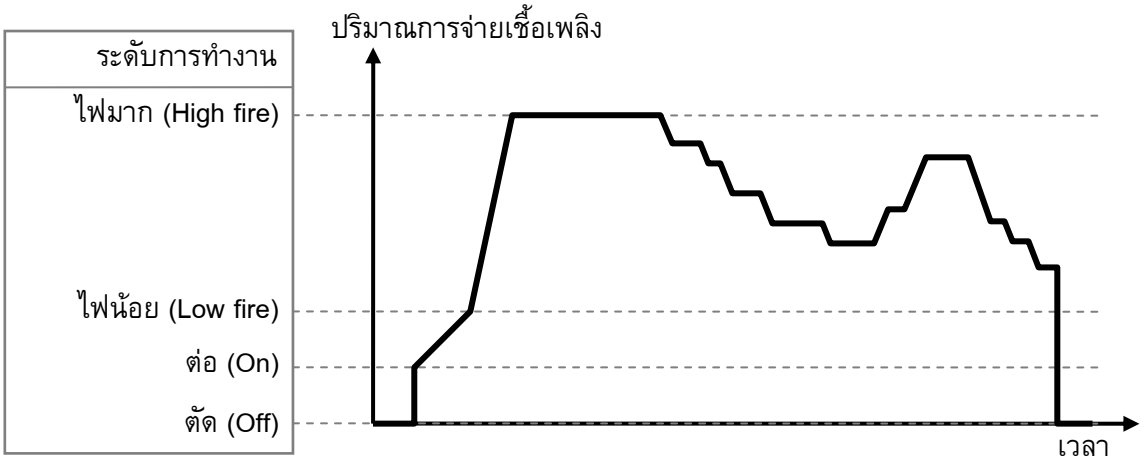
เมื่อหัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน (Two-stage modulating burner) จะจุดติดไฟครั้งแรกโดยฉีดน้ำมันด้วยปริมาณน้อย เพื่อให้เพียงพอต่อเฉพาะภาระในการจุดติดไฟ (Ignition load) แล้วจึงค่อยๆ เพิ่มปริมาณการฉีดจนถึงภาระสูงสุด (Full load) และเมื่อภาระน้อยลง หัวเผาก็จะหรี่ลงมาหยุดที่ภาระบางส่วน (Partial load) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงระหว่างช่วงไฟน้อยและไฟสูงจึงมีเพียงแค่ 2 ขั้น ดังแสดงในรูปที่ 6-11



รูปที่ 6-11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน

(ข) หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสัดส่วน

หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสัดส่วน (Proportional modulating burner) สามารถควบคุมปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับภาระทางความร้อนของหม้อน้ำได้อย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยวาล์วควบคุมน้ำมัน (Oil regulator) ที่สามารถหรี่ปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงลงมาจนถึงระดับต่ำสุดหรือเร่งปริมาณเพิ่มขึ้นไปหยุด ณ ตำแหน่งใดๆ ก็ได้ระหว่างช่วงภาระบางส่วนจนถึงภาระสูงสุด การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงระหว่างช่วงไฟน้อยและไฟสูงจึงมีลักษณะเป็นคลื่นต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 6-12



รูปที่ 6-12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสัดส่วน

การเลือกใช้หัวเผาและระบบควบคุมการทำงานของหัวเผากับหม้อน้ำจำเป็นต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับภาระของไอน้ำ สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาถึงคือ ค่าเทิร์นดาวน์เรโช (Turn down ratio) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างอัตราการเผาไหม้สูงสุด (Maximum firing rate) และอัตราการเผาไหม้ต่ำสุด (Minimum firing rate) โดยที่ประสิทธิภาพการเผาไหม้ยังดีเช่นเดิม เช่น หัวเผาที่มีค่าเทิร์นดาวน์เรโช 10:1 จะสามารถลดการผลิตไอน้ำลงเหลือ 10% ของกำลังผลิตไอน้ำสูงสุด โดยที่หัวเผาไม่มีการตัดการเผาไหม้หรือไฟดับ ดังนั้นหาก

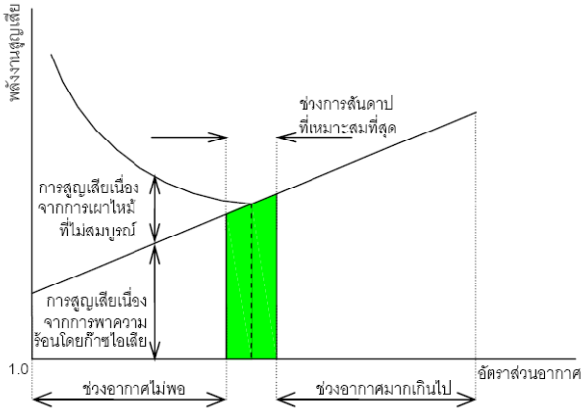
ภาระไอน้ำมีการเปลี่ยนแปลงมาก ควรเลือกหัวเผาและการควบคุมที่มีค่าเทิร์นดาวน์เรโชสูง ซึ่งจะช่วยให้การผลิตไอน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องซึ่งมีราคาและประสิทธิภาพสูง จะมีค่าเทิร์นดาวน์เรโชประมาณ 10:1 ในขณะที่หัวเผาแบบไฟมาก-น้อย ซึ่งมีค่าเทิร์นดาวน์เรโชเท่ากับ 3:1 มีราคาและประสิทธิภาพต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด

6.4 การปรับแต่งหัวเผา

การปรับแต่งหัวเผา คือการปรับตั้งให้ระบบควบคุมหัวเผาทำการป้อนเชื้อเพลิงและอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เกิดการผสมกันระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเป็นอย่างดี โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาควันดำหรือมีปริมาณอากาศมากเกินไป เชื้อเพลิงมีเวลาในการเผาไหม้ที่เพียงพอต่อการเผาไหม้อย่างหมดจดสมบูรณ์ และอุณหภูมิที่เกิดจากการเผาไหม้ต้องสูงเพียงพอกับการนำไปใช้งาน ทั้งหมดนี้ต่างส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของหัวเผาทั้งสิ้น ในการปรับแต่งหัวเผา นอกจากความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเชื้อเพลิงและหัวเผาประเภทต่างๆ แล้ว จำเป็นต้องทำความรู้จักและทำความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือวัด การตรวจวัดและการคำนวณที่จำเป็นในการปรับแต่งหัวเผา ตลอดจนต้องมีความเข้าใจอันดีเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีในการปรับแต่งหัวเผาที่ถูกต้อง หากผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อน้ำมีความรู้ครบตามองค์ประกอบที่กล่าวมา การปรับแต่งหัวเผาอย่างถูกวิธีด้วยตนเองก็ไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไป

6.4.1 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการปรับแต่งหัวเผา

การวัดเพื่อใช้ในการปรับแต่งหัวเผา คือ การวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ว่าสมบูรณ์เพียงใด เป็นการวัดว่าการเผาไหม้นั้น เผาไหม้เชื้อเพลิงหมด ไม่มีเชื้อเพลิงตกค้างอยู่ และวัดปริมาณอากาศส่วนเกินไม่มากเกินไป ในทางทฤษฎีการเผาไหม้เชื้อเพลิงควรจะใช้ออกซิเจนหรืออากาศพอดีกันตามปฏิกิริยาเคมี แต่ในความเป็นจริงของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด และอุปกรณ์การเผาไหม้และห้องเผาไหม้ อุณหภูมิการเผาไหม้และตัวแปรอื่นๆ จะทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดต้องใช้อากาศส่วนเกินจำนวนหนึ่ง ถ้าอากาศส่วนเกินน้อยกว่าจุดที่เหมาะสมการเผาไหม้เชื้อเพลิงก็จะไม่หมด มีเชื้อเพลิงเหลืออยู่และมีเขม่าควัน คือ ธาตุคาร์บอนในเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถสันดาปกับอากาศกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ได้หมด แต่ถ้ามีการให้อากาศส่วนเกินมากกว่าจุดที่เหมาะสม อากาศที่เกินความจำเป็นนั้นก็จะพาความร้อนออกไปโดยเสียเปล่า ไม่เกิดประโยชน์ ดังแสดงในรูปที่ 6-13



รูปที่ 6-13 การสูญเสียความร้อนเนื่องจากปริมาณอากาศไม่เหมาะสม

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการปรับแต่งหัวเผา และการวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ได้แก่

1) เครื่องวัดเขม่าควันไฟ

เครื่องวัดเขม่าควันไฟ (Smoke tester) ใช้ในการวัดเพื่อตรวจสอบว่าเชื้อเพลิงเผาไหม้หมดหรือไม่ ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงแข็ง ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ จะใช้วิธีการวัดหาปริมาณก๊าซที่ไม่เผาไหม้ (Unburn gas) จากการวัดและวิเคราะห์ไอเสียแทน เนื่องจากการใช้วิธีการวัดเขม่าควันในกรณีของเชื้อเพลิงก๊าซจะให้ผลการวัดที่หยาบเกินไป เนื่องจากเชื้อเพลิงก๊าซที่เกิดเขม่าควันได้ยาก เครื่องวัดเขม่าควันไฟนั้นมีอยู่ 2 แบบ ได้แก่

(ก) เครื่องวัดเขม่าควันไฟแบบติดตั้งอยู่กับที่

เครื่องวัดเขม่าควันไฟแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Stationary smoke tester) มักจะติดตั้งอยู่ในบริเวณที่ใกล้กับปล่องไอเสีย จะทำการวัดความทึบแสงของไอเสีย ถ้ามีเขม่าควันไฟมาก ไอเสียก็จะทึบแสงมาก ถ้าไอเสียมีเขม่าควันไฟน้อยจะทึบแสงน้อย ให้ส่องแสงผ่านได้มาก โดยเครื่องจะทำการวัดความทึบแสงคำนวณ และแสดงค่าออกมาโดยอัตโนมัติ เครื่องวัดเขม่าควันไฟแบบติดตั้งอยู่กับที่ แสดงดังรูปที่ 6-14

รูปที่ 6-14 เครื่องวัดเขม่าควันไฟแบบติดตั้งอยู่กับที่

(ข) เครื่องวัดเขม่าควันไฟแบบพกพา

เครื่องวัดเขม่าควันไฟแบบพกพา (Hand-held smoke tester) เป็นที่นิยมใช้งานกันทั่วไป เนื่องจากสามารถนำไปวัดที่ตำแหน่งใดก็ได้ หลักการทำงาน คือ ทำการดูดไอเสียมาผ่านกระดาษกรอง แล้วเปรียบเทียบความดำของกระดาษที่เปื้อนเขม่ากับสีมาตรฐานบนรูปที่ให้มากับเครื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ 6-15 ความเข้มของเขม่า (Smoke scale) แบ่งออกเป็น 10 ระดับ โดยมีหมายเลขกำกับแต่ละระดับคือ เบอร์ 0-9 ในการปรับการเผาไหม้เพื่อให้เชื้อเพลิงเผาไหม้หมด โดยมีเขม่าควันต่ำ จะปรับการเผาไหม้แล้ววัดเขม่าควันไฟให้ได้ความเข้มของเขม่าเกินเบอร์ 2 ซึ่งจะมีปริมาณเขม่าใกล้เคียงกับกฎหมายสิ่งแวดล้อมกำหนด คือ 240 mg/Nm^3 สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วๆ ไปที่อยู่ใกล้ชุมชน เช่น หม้อน้ำของธุรกิจโรงแรม หรือโรงพยาบาลที่อยู่ในกลางชุมชนหรือเมือง ควรจะปรับการเผาไหม้ให้มีความเข้มของเขม่าเพียงแค่ เบอร์ 0 หรือไม่เกินเบอร์ 1 เพื่อลดปัญหามลพิษเขม่าที่จะไปรบกวนกับประชาชนจำนวนมากที่อยู่รอบข้าง

รูปที่ 6-15 เครื่องวัดเขม่าควันไฟแบบพกพา

2) เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกิน

เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกิน (Excess air tester) ใช้ในการวัดเพื่อหาปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) หรือปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในไอเสียที่เหลือจากการสันดาป ซึ่งเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำได้ เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินแบ่งได้ 3 แบบ ได้แก่

(ก) เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณออกซิเจนแบบน้ำยาเคมี

เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณออกซิเจนแบบน้ำยาเคมี (O_2 absorber liquid tester) เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซไอเสียที่ดูดออกมาจากปล่องไอเสียกับและน้ำยาเคมี ดังแสดงในรูปที่ 6-16 เนื่องจากต้องมีการดูดนำไอเสียออกมาวัด ซึ่งกว่าจะเสร็จสิ้นกระบวนการวัดที่ใช้เวลานาน ทำให้อาจจะมีก๊าซออกซิเจนจากอากาศภายนอกรั่วไหลเข้าไปในก๊าซไอเสียที่ดูดออกมา ดังนั้นค่าปริมาณออกซิเจนที่วัดได้นั้นจึงมีค่ามากกว่าความเป็นจริงค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากออกซิเจนในไอเสียมีปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับออกซิเจนในอากาศที่มีถึง 20.8% ดังนั้นการใช้เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณออกซิเจนแบบน้ำยาเคมี จากการเก็บไอเสียไม่ค่อยเหมาะสม เพราะมีค่าคลาดเคลื่อนสูง

รูปที่ 6-16 เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณออกซิเจนแบบน้ำยาเคมี

(ข) เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์แบบน้ำยาเคมี

เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์แบบน้ำยาเคมี (CO_2 absorber liquid tester) เป็นการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซไอเสียที่ดูดออกมาจากปล่องไอเสียกับน้ำยาเคมี แม้ว่าการวัดวิธีนี้ต้องมีการดูดนำไอเสียออกมาวัดเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น แต่เนื่องจากในอากาศภายนอกมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่น้อยมาก ดังนั้นหากมีการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกเข้าในระหว่างกระบวนการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ก็ไม่ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากนัก เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์แบบน้ำยาเคมีมีลักษณะภายนอกคล้ายกับเครื่องวัดปริมาณออกซิเจนดังในรูปที่ 6-16 เมื่อทำการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียได้แล้ว สามารถใช้ตารางหรือกราฟในการแปลงค่าเป็นปริมาณออกซิเจนในไอเสีย หรือปริมาณอากาศส่วนเกินได้ นอกจากนี้ผู้ผลิตเครื่องมือเหล่านี้ยังสร้างกราฟหรือตารางสำเร็จรูปเพื่อใช้หาปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสียจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียและอุณหภูมิไอเสียที่วัดได้

(ค) เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณออกซิเจนแบบอิเลคทรอนิกส์

เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณออกซิเจนแบบอิเลคทรอนิกส์ (Electronic excess air tester) มีทั้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ที่ปล่องไอเสีย และแบบพกพา เครื่องวัดทั้งสองแบบจะมีหัววัดแบบอิเลกทรอนิกส์ (Electronic sensor) ที่สามารถวัดปริมาณออกซิเจนในไอเสียได้โดยตรง โดยทั่วไปจะเรียกหัววัดออกซิเจนนี้ว่า O_2 sensor ดังแสดงในรูปที่ 6-17 ข้อดีของเครื่องวัดแบบนี้ คือ ตอบสนองเร็ว มีความคลาดเคลื่อนน้อย ไม่ต้องมีการเก็บตัวอย่างไอเสียออกมาวัด และสามารถแสดงค่าแบบ Real-time ซึ่งเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงตามจริงในขณะที่ทำการปรับหัวเผา

รูปที่ 6-17 เครื่องวัดปริมาณอากาศส่วนเกินจากปริมาณออกซิเจนแบบอิเลคทรอนิกส์

เครื่องมือวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อหาปริมาณอากาศส่วนเกิน ควรมีการสอบเทียบความเที่ยงตรง (Calibration) อยู่เสมอ โดยอาจมีขวดก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มาตรฐานที่มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่แน่นอน เอาไว้ใช้สำหรับตรวจสอบเครื่องมือวัดอย่างสม่ำเสมอ มีข้อแนะนำ คือ ขวดก๊าซมาตรฐานที่ใช้ควรมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของก๊าซ ใกล้เคียงกันกับเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียที่จะทำการวัดจริง

3) เครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสีย

เครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสีย (Flue gas analyzer) คือ เครื่องวัดที่สามารถวัดปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ แบบอิเลคทรอนิกส์ นอกจากจะสามารถวัดปริมาณออกซิเจนได้แล้ว ยังสามารถวัดก๊าซมลพิษต่างๆ ในไอเสียได้พร้อมกัน เช่น ก๊าซ SO_2, SO_3, NO_x ฯลฯ หรือแม้แต่ก๊าซที่ไม่ได้เผาไหม้ หรือเขม่า เครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสียมีหน่วยประมวลผล ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณอากาศส่วนเกิน หรือสามารถคำนวณประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้ทันทีหากมีการติดตั้งตัววัดอุณหภูมิไอเสียด้วย ในเครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสียบางแบบ สามารถทำการประมวลผล คำนวณ และส่งสัญญาณไฟฟ้าไปควบคุมระบบปรับอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุด โดยมีปริมาณออกซิเจนในไอเสียตามที่ได้ตั้งค่าไว้ล่วงหน้าอย่างต่อเนื่อง หรืออาจสามารถประมวลผลเพื่อพิมพ์ค่าต่างๆ ออกมาในกระดาษ หรือแม้แต่การบันทึกค่าต่างๆ ที่วัดและคำนวณได้ลงในหน่วยความจำ (Log memory) เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของระบบเผาไหม้ต่อไปได้ เครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสียแสดงได้ดังรูปที่ 6-18

รูปที่ 6-18 เครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสีย

การปรับตั้งค่าการควบคุมการเผาไหม้ หรือการปรับสัดส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ โดยพิจารณาจากปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสีย เป็นเพียงแค่แนวทางในการปรับเบื้องต้นเท่านั้น เนื่องจากหม้อน้ำแต่ละเครื่องมีตัวแปรต่างๆ มากมายที่ทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพแตกต่างกันไป สำหรับปริมาณก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และอากาศส่วนเกิน ที่ทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเป็นเท่าใดนั้น ผู้ที่ทำการปรับการเผาไหม้ของหัวเผาในหม้อน้ำเครื่องนั้นจะต้องใช้ความเอาใจใส่ การสังเกต การเรียนรู้และประสบการณ์ ว่าจุดใดจะเป็นการเผาไหม้ที่เผาเชื้อเพลิงได้หมด และมีอากาศส่วนเกินน้อยที่สุด และควรทำการศึกษาว่าระบบการเผาไหม้ของหม้อน้ำเครื่องนั้น มีวิธีการใดที่จะสามารถปรับปรุงให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้อีก เช่น อาจจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันเตาเพื่อลดความหนืด การอุ่นอากาศก่อนป้อนเข้าห้องเผาไหม้ (Air preheat) การลดขนาดหรือความชื้นของเชื้อเพลิงแข็ง เป็นต้น

6.4.2 การตรวจวัดและการคำนวณที่ใช้ในการปรับแต่งหัวเผา

1) อุณหภูมิของไอเสียที่ออกปล่องไอเสีย

อุณหภูมิของไอเสียที่ออกปล่องไอเสีย (Flue gas temperature) สามารถบ่งบอกถึงปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสียได้ดังนี้

- ถ้าไอเสียมีอุณหภูมิสูงแสดงได้ถึงความร้อนที่สูญเสียออกไปทางปล่องไฟมีปริมาณมาก
- แต่ถ้าอุณหภูมิไอเสียต่ำ อาจจะมีการความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องไฟน้อยหรือมากก็ได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศส่วนเกิน เช่น หากปริมาณอากาศส่วนเกินมาก แม้ว่าอุณหภูมิไอเสียจะน้อย แต่ความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องไฟจะมีค่ามาก เป็นต้น ดังนั้นการจะตัดสินว่าการเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงหรือไม่ มีความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องไฟมากหรือน้อยเท่าใด จะต้องทำการวัดหาปริมาณอากาศส่วนเกินจากไอเสียในปล่องไอเสียด้วย

2) ความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสีย

ความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องไอเสีย (Stack loss) สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = m \times c_p \times (T_{ex} - T_a)$$

โดยที่ Q คือ ความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องไฟ (kJ/hr)
M คือ อัตราการไหลเชิงมวลของไอเสีย (kg/hr)
c_p คือ ค่าความจุความร้อนของอากาศ (kJ/kg-$^{\circ}$C)
T_{ex} คือ อุณหภูมิไอเสีย ($^{\circ}$C)
T_a คือ อุณหภูมิห้อง ($^{\circ}$C)

3) ร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสีย

ร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสีย (%Stack loss) สามารถหาได้จากตารางที่ 6-7 ถึง 6-9 โดยที่ต้องทราบค่า %CO_2 และผลต่างของอุณหภูมิไอเสียกับอุณหภูมิห้องในหน่วยฟาเรนไฮต์ก่อน ซึ่งขั้นตอนการหาร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสียมีดังต่อไปนี้

- เลือกตารางให้ตรงกับเชื้อเพลิงที่ใช้ เช่น น้ำมันดีเซลใช้ตารางที่ 6-7 น้ำมันเตา C ใช้ตารางที่ 6-8 และก๊าซธรรมชาติใช้ตารางที่ 6-9
- ทำการวัด %CO_2 ของไอเสียที่ปล่องไฟจากจุดที่ใกล้หม้อน้ำมากที่สุด
- หากใช้เครื่องมือวัด %O_2 แทนการวัด %CO_2 ให้ทำการแปลงค่า (Convert) จาก %O_2 ที่วัดได้ ไปเป็น %CO_2 โดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %O_2, %CO_2 และปริมาณอากาศส่วนเกิน ดังแสดงในรูปที่ 6-19 ถึง 6-23
- ทำการวัดอุณหภูมิของไอเสียที่ปล่องไอเสีย แล้วลบด้วยอุณหภูมิห้อง (ค่าอุณหภูมิในตารางเป็นผลต่างของอุณหภูมิไอเสียกับอุณหภูมิห้องโดยมีหน่วยเป็น $^{\circ}$F)
- หาร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสียจากตาราง

ตัวอย่างเช่น เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา C ใช้ตารางที่ 6-8 ทำการวัดค่า $\%CO_2$ จากไอเสียที่ปล่องไอเสียได้ CO_2 = 14.5% ผลต่างของอุณหภูมิปล่องไอเสียกับอุณหภูมิห้องคำนวณได้เท่ากับ 360 $^{\circ}F$ ดังนั้นจะหาค่าร้อยละของความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องไอเสียจากตารางได้เท่ากับ 13.3%

หมายเหตุ:

- ตารางนี้เป็นตารางที่คิดจากค่าความร้อนสูงของน้ำมันเตา หากต้องการคิดจากค่าความร้อนต่ำจะต้องลบค่าร้อยละของความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องไอเสียด้วยค่าประมาณ 4-5% ดังนั้นจากตัวอย่างข้างต้น ร้อยละของความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องไอเสียคิดจากค่าความร้อนต่ำ มีค่าเท่ากับ 13.3% - 4% = 9.3%
- ดังนั้นก่อนการใช้งานตารางหรือกราฟใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับร้อยละของความร้อนต่างๆ จะต้องตรวจสอบก่อนว่าตารางหรือกราฟนั้น ใช้กับค่าความร้อนสูงหรือค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง ไม่เช่นนั้นเมื่อนำค่าความร้อนไปใช้งานต่อ เช่น คำนวณต้นทุนของการผลิตไอน้ำ จะเกิดความผิดพลาด หากไม่สามารถหาข้อมูลได้ว่าตารางหรือกราฟนั้นใช้กับค่าความร้อนสูงหรือค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง อาจสังเกตจากเครื่องมือวัดเช่น ถ้าผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกาจะใช้ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง ถ้าผลิตจากประเทศญี่ปุ่นหรือยุโรปจะใช้ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง
- ข้อสังเกตจากตารางร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสีย
  - ถ้าอุณหภูมิของไอเสียสูง จะมีความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องมาก
  - ถ้า $\%CO_2$ สูง หรือ $\%O_2$ ต่ำ จะมีความร้อนที่สูญเสียออกไปจากปล่องน้อย

4) การหาอากาศส่วนเกินจากร้อยละของออกซิเจนและร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์

หากทำการวัดร้อยละของออกซิเจนในไอเสียได้ จะสามารถเปลี่ยนเป็นปริมาณอากาศส่วนเกินได้โดยการใช้กราฟในรูปที่ 6-19 ถึง 6-23 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์แยกตามชนิดเชื้อเพลิง หากทำการวัดร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสีย จะต้องเปลี่ยนเป็นร้อยละของออกซิเจนก่อน แล้วจึงเปลี่ยนเป็นปริมาณอากาศส่วนเกินตามลำดับ โดยการใช้กราฟในรูปที่ 6-19 ถึง 6-23 เช่นกัน

5) ประสิทธิภาพการเผาไหม้

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion efficiency) หาได้จาก

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%) = 100 – ร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสีย

หรืออาจหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้จากกราฟในรูปที่ 6-24 ถึง 6-30 เมื่อทราบร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสีย และผลต่างของอุณหภูมิไอเสียที่ปล่องกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ โดยมีหน่วยเป็น $^{\circ}F$

ตารางที่ 6-7 ร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสีย ของหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันดีเซล

STACK LOSS - % - NO. 2 OIL

% CO_2	DIFFERENCE BETWEEN FLUE GAS AND ROOM TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT																														
	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	750	800	850	900	950	1000
3.0	24.1	25.8	27.7	29.3	31.3	33.9	34.8	36.4	38.2	40.0	42.9	44.8	45.5	47.0	49.0	50.8	52.4	54.3	56.0	57.9	59.6	61.5	63.5	65.0	66.8	68.8						
3.5	21.7	23.1	24.8	26.2	27.8	29.2	31.7	32.5	33.9	35.3	36.9	38.5	40.0	41.7	43.1	44.8	46.1	47.8	49.4	50.9	52.2	53.9	55.7	57.0	58.3	60.0	63.8	67.8				
4.0	19.9	21.2	22.5	24.9	25.2	26.5	27.9	29.2	31.7	32.0	33.3	35.8	36.0	37.3	38.7	40.0	41.4	42.9	44.1	45.5	46.9	48.1	49.8	50.9	52.1	53.8	57.0	60.2	63.9	67.1		
4.5	18.4	19.7	20.8	22.0	23.2	24.4	25.6	26.9	28.0	29.3	30.4	31.8	32.9	34.2	35.6	36.7	37.8	39.0	40.1	41.2	42.5	43.8	45.0	46.3	47.4	48.8	51.8	54.6	57.8	60.9	63.9	66.9
5.0	17.2	18.5	19.5	20.7	21.7	22.7	23.8	24.9	26.0	27.1	28.2	29.4	30.3	31.5	32.7	33.8	34.9	35.9	36.8	38.0	39.2	40.1	41.7	42.4	43.7	44.7	47.4	50.1	52.9	55.8	58.3	61.2
5.5	16.3	17.4	18.4	19.4	20.4	21.3	22.3	23.3	24.3	25.4	26.3	27.3	28.4	29.4	30.6	31.4	32.4	33.6	34.5	35.3	36.4	37.4	38.4	39.6	40.3	41.7	44.0	46.5	49.0	51.8	54.1	56.5
6.0	15.6	16.5	17.4	18.3	19.3	20.4	21.2	22.0	23.0	23.9	24.9	25.8	26.8	27.7	28.6	29.5	30.4	31.4	32.3	33.1	34.2	35.0	36.0	36.9	37.9	38.9	41.0	43.5	45.8	48.0	50.3	52.8
6.5	14.9	15.7	16.7	17.5	18.4	19.3	20.1	20.9	21.8	22.7	23.6	24.5	25.3	26.1	27.0	27.8	28.8	29.6	30.6	31.3	32.3	33.0	34.1	34.8	35.7	36.5	38.7	40.8	42.9	45.1	47.5	49.7
7.0	14.4	15.3	16.0	16.8	17.8	18.4	19.3	20.1	20.9	21.7	22.4	23.2	24.1	24.9	25.7	26.5	27.3	28.1	28.9	29.8	30.5	31.4	32.3	33.0	33.8	34.6	36.5	38.6	40.5	42.7	44.7	46.6
7.5	13.9	14.6	15.4	16.2	16.9	17.7	18.5	19.2	20.1	20.7	21.3	22.2	23.0	23.8	24.5	25.2	26.0	26.8	27.5	28.2	29.0	29.8	30.6	31.3	32.2	32.9	34.8	36.5	38.5	40.3	42.3	44.2
8.0	13.5	14.3	14.9	15.7	16.3	17.1	17.7	18.5	19.3	20.0	20.7	21.4	22.1	22.8	23.5	24.2	25.0	25.7	26.3	27.0	27.8	28.5	29.2	30.0	30.8	31.5	33.2	35.0	36.8	38.5	40.2	42.1
8.5	13.2	13.8	14.5	15.2	15.8	16.5	17.3	17.8	18.6	19.3	20.0	20.6	21.3	21.9	22.6	23.3	23.9	24.6	25.3	25.9	26.7	27.3	28.0	28.8	29.4	30.1	31.8	33.5	35.2	36.9	38.7	40.2
9.0	12.8	13.4	14.1	14.7	15.4	16.0	16.7	17.3	17.9	18.6	19.3	20.0	20.6	21.2	21.8	22.4	23.1	23.8	24.4	25.0	25.7	26.3	27.0	27.7	28.3	28.9	30.5	32.1	33.8	35.3	37.0	38.5
9.5	12.5	13.2	13.7	14.3	14.9	15.7	16.3	16.8	17.4	18.1	18.6	19.3	19.9	20.5	21.1	21.7	22.4	22.9	23.5	24.1	24.8	25.4	26.0	26.7	27.2	27.9	29.4	31.0	32.5	34.0	35.5	37.2
10	12.3	12.8	13.4	14.0	14.6	15.2	15.7	16.3	16.9	17.5	18.1	18.7	19.3	20.0	20.5	21.0	21.6	22.2	22.8	23.4	24.0	24.6	25.1	25.8	26.3	27.0	28.3	29.9	31.4	32.9	34.4	35.7
11	11.8	12.4	12.8	13.4	13.9	14.5	15.0	15.5	16.2	16.7	17.2	17.8	18.3	18.7	19.4	20.0	20.5	20.9	21.5	22.0	22.6	23.1	23.7	24.2	24.8	25.3	26.7	28.0	29.4	31.8	32.1	33.5
12	11.4	11.8	12.5	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.9	19.5	20.0	20.5	20.9	21.4	22.9	22.4	22.9	23.5	24.0	25.2	26.5	27.8	29.0	30.2	31.7
13	11.2	11.6	12.1	12.5	12.9	13.4	13.9	14.3	14.7	15.3	15.8	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1	18.6	19.1	19.6	20.1	20.5	21.1	21.3	21.8	22.3	22.8	24.0	25.2	26.3	27.5	28.8	30.0
14		11.3	11.8	12.2	12.6	13.0	13.4	13.8	14.3	14.8	15.3	15.6	16.2	16.5	16.9	17.4	17.8	18.3	18.7	19.2	19.7	20.2	20.6	21.0	21.4	21.8	22.9	24.1	25.2	26.2	27.4	28.6
15			11.4	11.7	12.4	12.6	13.1	13.5	13.8	14.3	14.8	15.3	15.6	15.9	16.4	16.7	17.3	17.7	18.1	18.4	18.9	19.4	19.8	20.3	20.6	21.0	22.0	23.1	24.2	25.2	26.2	27.3	

ตารางที่ 6-8 ร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสีย ของหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเตา C

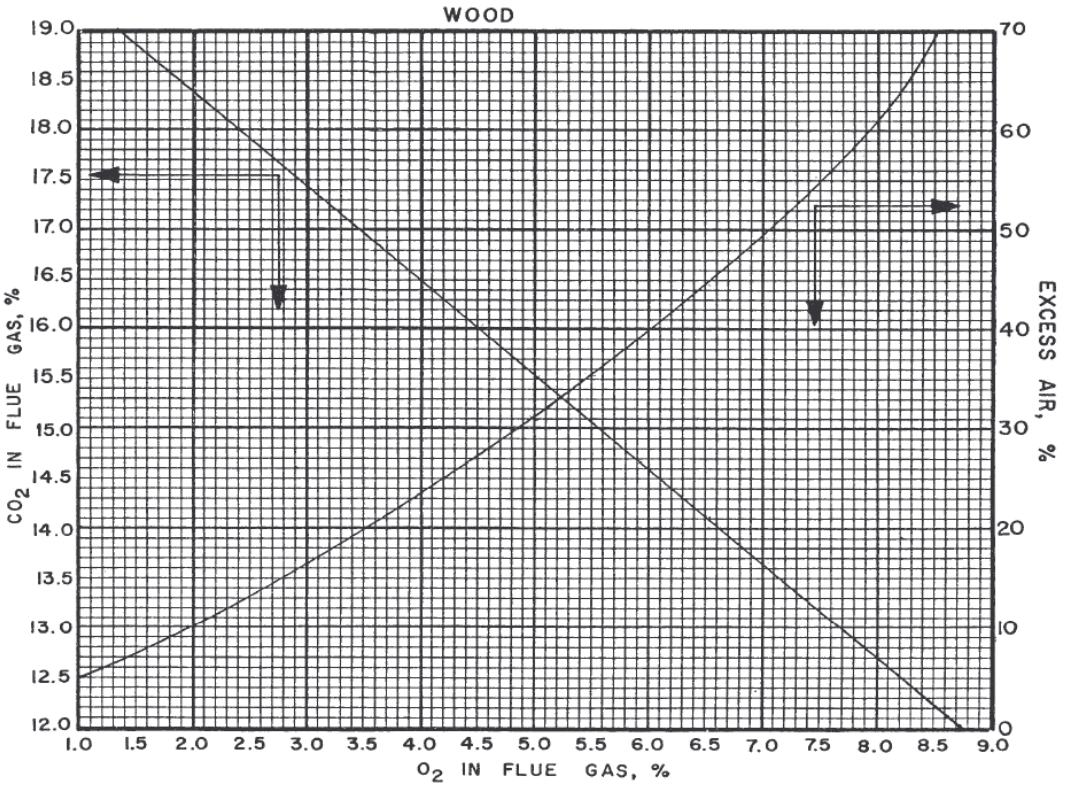
STACK LOSS - % - NO. 6 OIL

% CO_2	DIFFERENCE BETWEEN FLUE GAS AND ROOM TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT																														
	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	750	800	850	900	950	1000
3.0	24.5	26.5	28.5	30.2	32.2	34.5	36.5	38.2	40.4	42.2	44.4	46.4	48.2	50.0	52.3	54.3	56.3	58.2	60.3	62.0	64.1	66.2	68.1	70.1								
3.5	21.8	23.4	25.2	26.8	28.6	30.4	32.1	33.8	35.5	37.4	39.0	40.6	42.2	44.0	45.6	47.5	49.2	51.0	52.8	54.0	56.0	57.8	59.9	61.1	63.0	64.9	69.0					
4.0	19.8	21.2	22.8	24.2	25.7	27.3	28.8	30.2	31.6	32.5	34.8	36.3	37.8	39.4	40.8	42.2	43.8	45.1	46.9	48.2	49.8	51.2	52.9	54.2	56.0	57.8	61.1	65.0	68.9			
4.5	18.2	19.4	20.8	22.2	23.5	24.8	26.2	27.4	28.8	30.4	31.5	33.0	34.2	35.4	37.0	38.1	39.4	41.0	42.2	43.5	45.0	46.3	47.9	49.0	50.1	51.9	55.0	58.2	61.8	65.1	68.5	
5.0	16.8	18.0	19.3	20.4	21.7	22.8	23.2	25.3	26.6	27.8	29.0	30.3	31.4	32.6	33.8	35.3	36.2	37.5	38.8	39.8	41.0	42.3	43.8	44.9	46.1	47.5	50.1	53.6	56.3	59.8	62.3	65.8
5.5	15.8	16.8	18.0	19.2	20.3	21.3	22.5	23.5	24.6	25.8	26.9	28.0	29.2	30.2	31.4	32.5	33.5	34.7	35.8	37.0	37.9	39.2	40.1	41.3	42.3	43.8	46.1	49.1	52.0	54.7	57.8	60.1
6.0	14.8	15.8	16.9	18.0	19.0	20.0	21.1	22.0	23.1	24.2	25.2	26.3	27.3	28.2	29.3	30.3	31.3	32.3	33.5	34.3	35.3	36.5	37.5	38.3	39.7	40.5	43.0	45.8	48.2	50.9	53.5	56.0
6.5	14.3	15.2	16.1	17.1	18.0	18.9	19.9	20.8	21.8	22.8	23.7	24.6	25.5	26.5	27.5	28.5	29.4	30.4	31.4	32.3	33.4	34.3	35.1	36.1	37.1	38.0	40.2	42.8	45.1	47.6	49.9	52.1
7.0	13.5	14.4	15.3	16.2	17.1	17.9	18.8	19.7	20.6	21.5	22.4	23.3	24.2	25.0	25.8	26.8	27.7	28.6	29.0	30.2	31.2	32.2	33.0	33.9	34.9	35.8	37.9	40.1	42.1	44.4	46.8	49.0
7.5	13.0	13.8	14.6	15.5	16.3	17.3	18.0	18.8	19.7	20.5	21.4	22.2	22.9	23.7	24.6	25.4	26.3	27.2	27.9	28.8	29.6	30.5	31.2	32.1	33.0	34.9	35.9	37.9	40.0	42.0	44.1	46.1
8.0	12.5	13.3	14.1	14.8	15.7	16.4	17.3	18.0	18.8	19.6	20.4	21.2	21.9	22.7	23.5	24.2	25.0	25.8	26.6	27.4	28.2	29.0	29.9	30.6	31.5	32.1	34.1	36.0	38.0	40.0	41.9	43.9
8.5	12.2	12.8	13.6	14.4	15.1	15.7	16.6	17.3	18.0	18.7	19.6	20.3	21.0	21.6	22.5	23.3	23.9	24.7	25.5	26.2	26.8	27.6	28.2	29.1	29.9	30.8	32.6	34.2	36.2	38.0	39.9	41.8
9.0	11.7	12.4	13.2	13.8	14.6	15.3	15.9	16.6	17.4	18.1	18.8	19.5	20.2	20.8	21.6	22.3	22.9	23.7	24.4	25.0	25.7	26.5	27.1	27.9	28.7	29.4	31.1	32.9	34.6	36.3	38.0	39.9
9.5	11.4	12.1	12.7	13.4	14.1	14.7	15.4	16.0	16.7	17.5	18.1	18.7	19.4	20.0	20.7	21.4	22.1	22.8	23.5	24.0	24.7	25.4	26.1	26.8	27.5	28.1	29.8	31.2	33.2	34.9	36.4	38.1
10	11.2	11.7	12.3	13.0	13.7	14.4	14.8	15.5	16.2	16.8	17.5	18.2	18.7	19.4	20.0	20.6	21.3	21.9	22.6	23.2	23.8	24.5	25.1	25.8	26.4	27.0	28.7	30.1	31.8	33.5	35.0	36.7
11	10.6	11.3	11.8	12.4	12.9	13.5	14.2	14.7	15.3	15.8	16.5	17.0	17.6	18.2	18.8	19.4	20.0	20.6	21.2	21.7	22.3	22.9	23.5	24.1	24.8	25.2	26.8	28.1	29.8	31.2	32.5	34.1
12	10.2	10.7	11.3	11.7	12.3	12.8	13.4	13.8	14.5	15.1	15.6	16.2	16.7	17.2	17.8	18.3	18.8	19.4	19.9	20.4	21.0	21.6	22.1	22.7	23.1	23.8	25.0	26.4	27.9	29.1	30.5	31.9
13		10.3	10.8	11.3	11.8	12.3	12.8	13.3	13.8	14.4	14.8	15.4	15.8	16.3	16.8	17.3	17.9	18.4	18.9	19.3	19.8	20.4	20.9	21.4	21.9	22.4	23.8	24.9	26.2	27.5	28.9	30.0
14		9.8	10.4	10.8	11.4	11.8	12.3	12.8	13.3	13.7	14.3	14.7	15.2	15.6	16.2	16.6	17.1	17.5	18.0	18.5	18.8	19.4	19.9	20.4	20.9	21.2	22.5	23.7	24.9	26.1	27.2	28.5
15			10.2	10.6	11.0	11.4	11.8	12.4	12.7	13.3	13.7	14.2	14.6	15.0	15.4	15.8	16.4	16.8	17.3	17.7	18.2	18.6	19.0	19.5	19.9	20.3	21.5	22.6	23.8	24.9	25.9	27.1	
16				10.3	10.7	11.1	11.5	11.8	12.3	12.8	13.3	13.7	14.0	14.4	14.8	15.3	15.7	16.2	16.6	16.9	17.4	17.9	18.2	18.8	19.1	19.5	20.6	21.6	22.7	23.8	24.8	25.9		

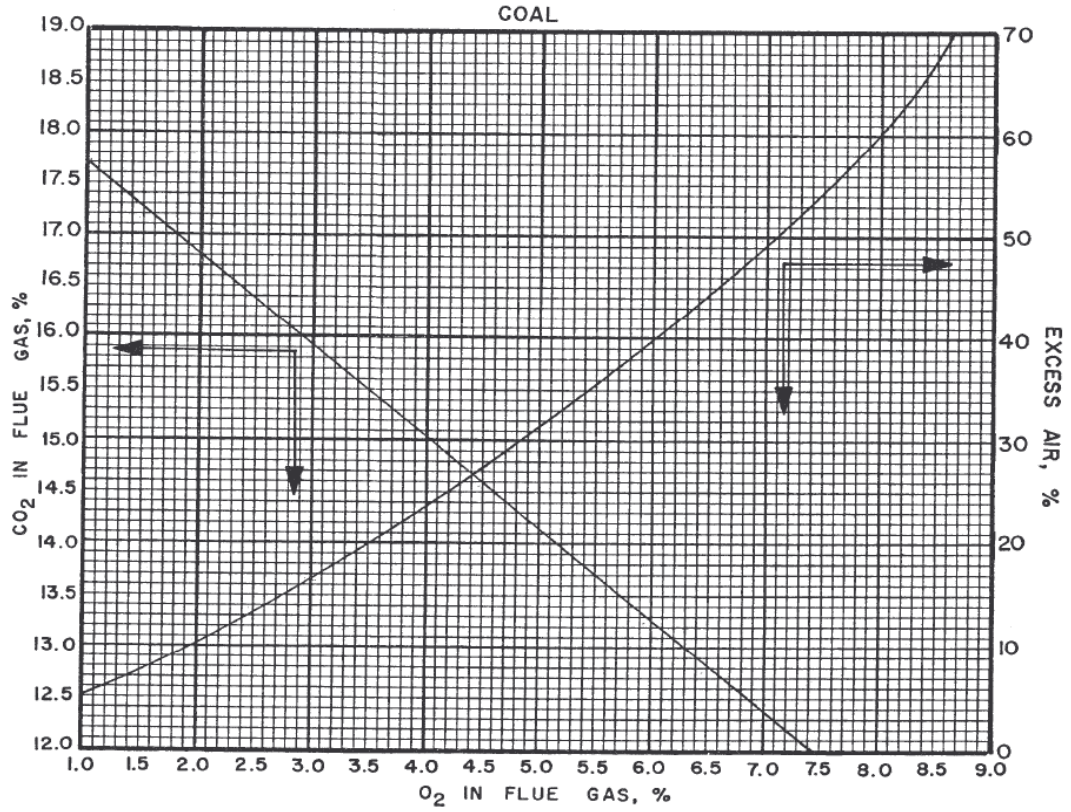
ตารางที่ 6-9 ร้อยละของความร้อนที่สูญเสียไปจากปล่องไอเสีย ของหม้อน้ำที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ

STACK LOSS - % - NATURAL GAS

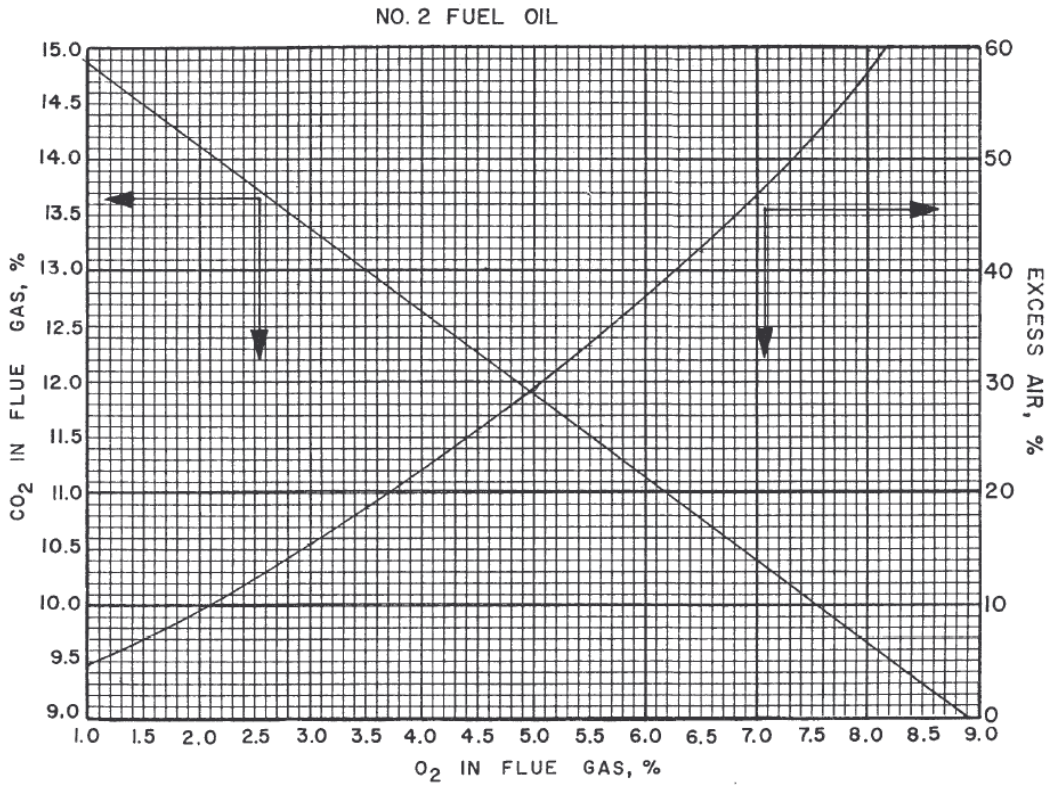
% CO_2	DIFFERENCE BETWEEN FLUE GAS AND ROOM TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT																														
	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	750	800	850	900	950	1000
3.0	23.1	24.4	25.9	27.2	28.6	30.0	31.3	32.8	34.1	35.8	36.9	38.2	39.8	41.0	42.2	43.8	45.0	46.3	47.8	49.0	50.0											
3.5	21.2	22.5	23.8	24.9	26.1	27.2	28.4	29.6	30.9	32.0	33.2	34.4	35.8	36.8	37.9	39.2	40.3	41.6	42.8	43.8	45.0	46.2	47.7	48.3	49.8							
4.0	19.9	20.9	22.0	23.1	24.1	25.1	26.2	27.2	28.3	29.4	30.4	31.8	32.5	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.9	40.9	42.1	43.0	44.1	45.2	46.2	48.8					
4.5	18.9	19.9	20.9	21.8	22.7	23.6	24.5	25.5	26.4	27.3	28.3	29.2	30.2	31.2	32.2	33.0	34.0	34.9	35.9	36.8	37.8	38.6	39.8	40.4	41.5	42.6	44.8	47.2	49.8			
5.0	18.0	18.9	19.8	20.6	21.4	22.2	23.1	24.0	24.9	25.8	26.8	27.5	28.3	29.1	30.1	30.9	31.8	32.5	33.6	34.3	35.7	36.2	36.9	37.8	38.8	39.7	41.8	43.8	46.0	48.2		
5.5	17.4	18.1	18.9	19.8	20.5	21.2	22.1	22.9	23.8	24.5	25.2	26.2	26.9	27.8	28.5	29.2	30.0	30.8	31.8	32.3	33.2	34.1	34.9	35.8	36.3	37.3	39.2	41.0	43.0	45.3	47.2	49.0
6.0	16.8	17.4	18.2	18.9	19.6	20.4	21.1	21.8	22.7	23.3	24.1	24.9	25.5	26.2	27.0	27.8	28.4	29.2	30.0	30.8	31.5	32.2	32.9	33.8	34.3	35.2	36.8	38.8	40.4	42.5	44.3	46.2
6.5	16.3	16.9	17.6	18.4	19.0	19.8	20.4	21.1	21.8	22.4	23.2	23.8	24.5	25.2	25.9	26.5	27.2	27.9	28.7	29.2	30.0	30.9	31.4	32.1	32.8	33.5	34.6	36.8	38.4	40.3	42.0	43.8
7.0	15.8	16.5	17.1	17.8	18.4	19.1	19.8	20.4	21.0	21.8	22.3	22.9	23.6	24.2	24.9	25.5	26.2	26.8	27.4	28.0	28.8	29.4	30.0	30.8	31.2	32.0	33.8	35.3	36.8	38.3	40.0	41.8
7.5	15.5	16.1	16.7	17.2	17.9	18.5	19.1	19.8	20.3	20.9	21.5	22.2	22.8	23.3	24.0	24.6	25.2	25.8	26.4	26.9	27.7	28.2	28.8	29.4	30.1	30.8	32.2	33.8	35.2	36.8	38.3	39.9
8.0	15.2	15.7	16.3	16.9	17.4	18.0	18.6	19.2	19.8	20.3	20.9	21.5	22.1	22.8	23.2	23.8	24.4	25.0	25.5	26.0	26.7	27.2	27.8	28.4	29.0	29.5	31.0	32.4	33.8	35.4	36.8	38.2
8.5	14.9	15.4	15.9	16.5	17.1	17.6	18.2	18.7	19.3	19.8	20.4	20.9	21.4	22.0	22.5	23.1	23.7	24.2	24.8	25.3	25.8	26.4	26.9	27.4	28.1	28.6	29.9	31.3	32.8	34.2	35.4	36.8
9.0	14.6	15.2	15.7	16.2	16.6	17.2	17.8	18.3	18.8	19.3	19.9	20.4	20.9	21.4	21.9	22.5	23.0	23.5	24.1	24.5	25.2	25.8	26.2	26.7	27.2	27.8	29.0	30.3	31.8	33.0	34.3	35.7
9.5	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.9	19.5	19.9	20.5	20.9	21.4	21.9	22.4	22.9	23.4	23.8	24.4	24.9	25.4	25.9	26.4	26.9	28.2	29.4	30.8	32.0	33.3	34.5
10	14.2	14.6	15.2	15.6	16.1	16.6	17.1	17.5	18.1	18.5	19.0	19.5	20.0	20.4	20.8	21.4	21.8	22.4	22.8	23.3	23.8	24.2	24.8	25.2	25.8	26.2	27.4	28.6	29.8	31.2	32.2	33.4
11		14.4	14.7	15.2	15.6	16.1	16.5	16.9	17.4	17.8	18.4	18.8	19.3	19.6	20.2	20.5	20.9	21.4	21.9	22.3	22.8	23.2	23.7	24.2	24.6	25.0	26.2	27.2	28.3	29.5	30.8	31.8
12			14.4	14.8	15.2	15.6	16.1	16.5	16.9	17.3	17.8	18.2	18.6	19.0	19.4	19.8	20.2	20.6	21.1	21.4	21.9	22.3	22.8	23.2	23.6	24.0	25.1	26.1	27.2	28.3	29.2	30.3	



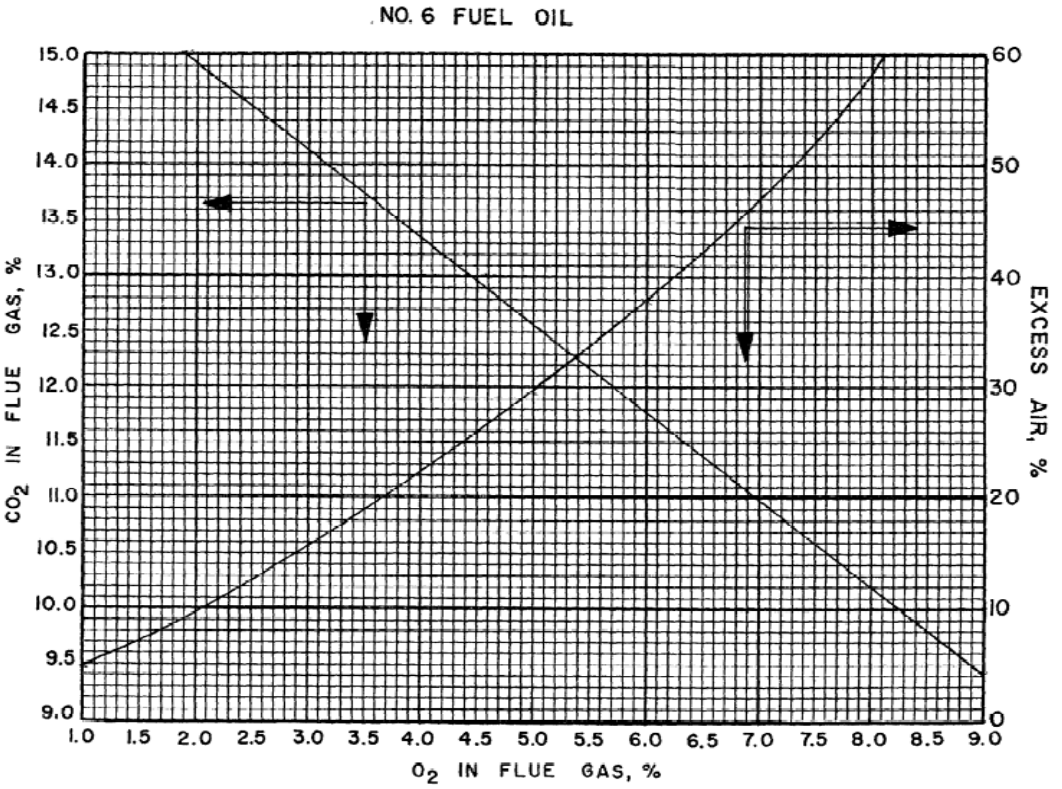
รูปที่ 6-19 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\%O_2$, $\%CO_2$ และปริมาณอากาศส่วนเกิน ของไม้



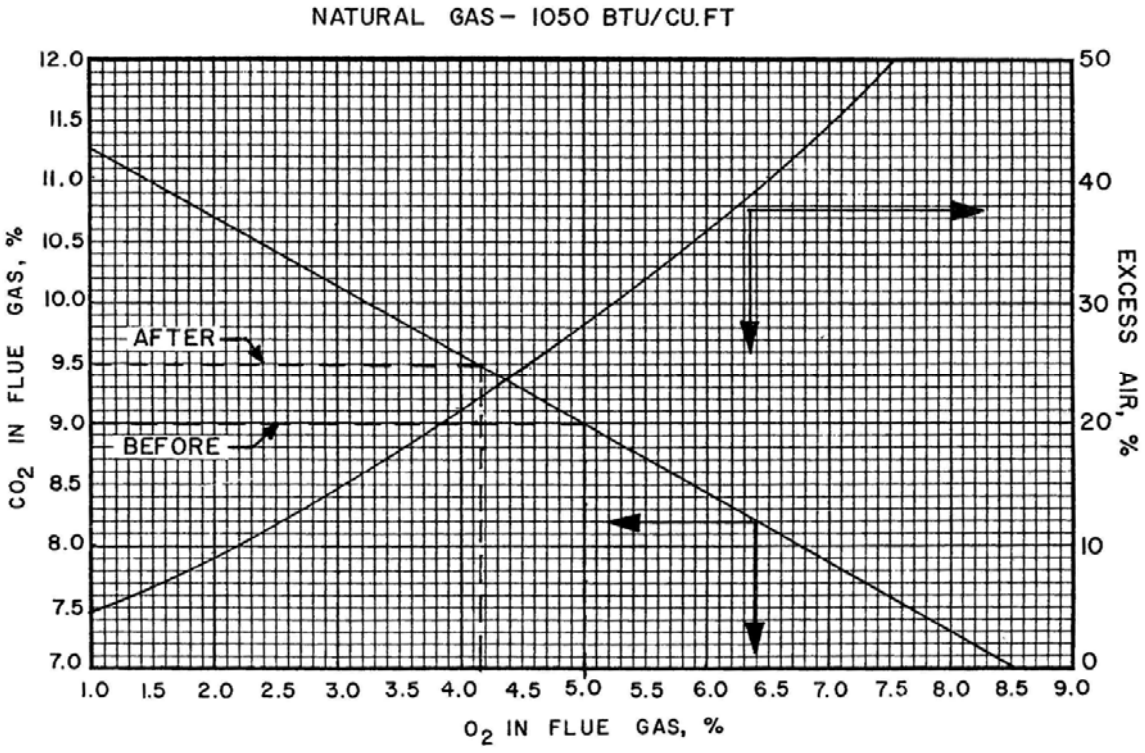
รูปที่ 6-20 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\%O_2$, $\%CO_2$ และปริมาณอากาศส่วนเกิน ของถ่านหิน



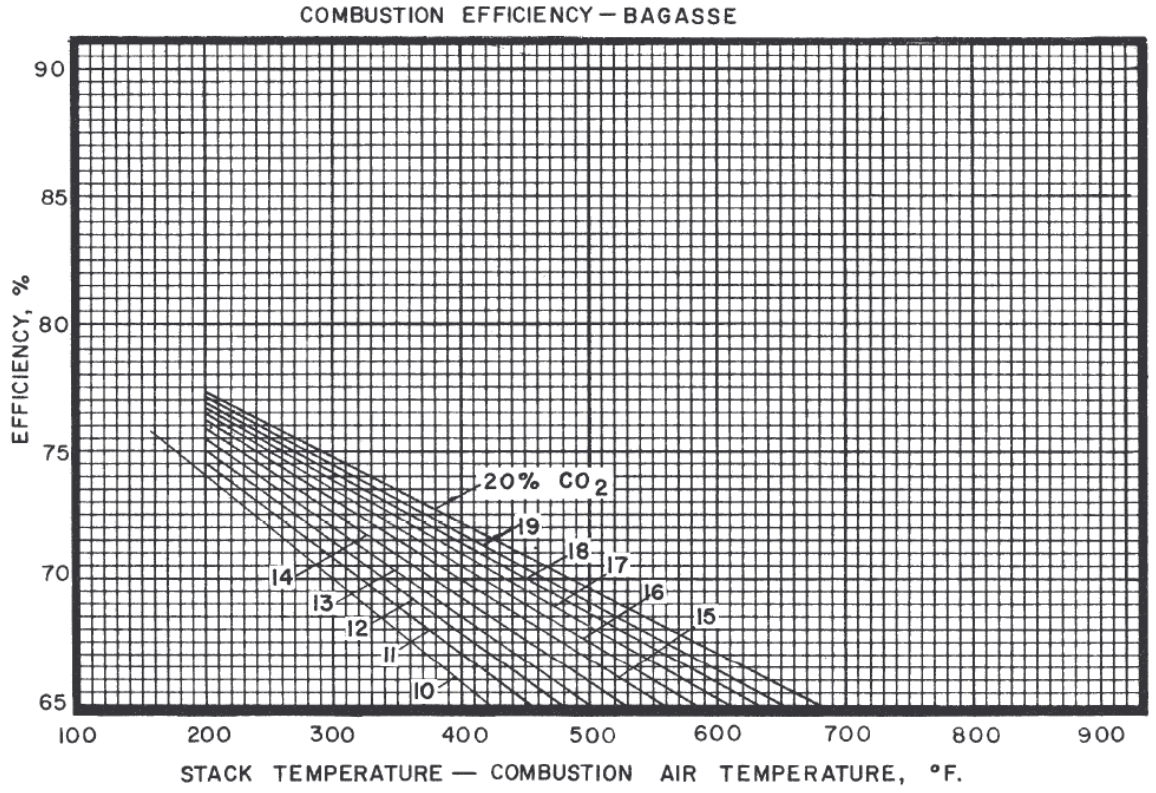
รูปที่ 6-21 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\%O_2$, $\%CO_2$ และปริมาณอากาศส่วนเกิน ของน้ำมันดีเซล



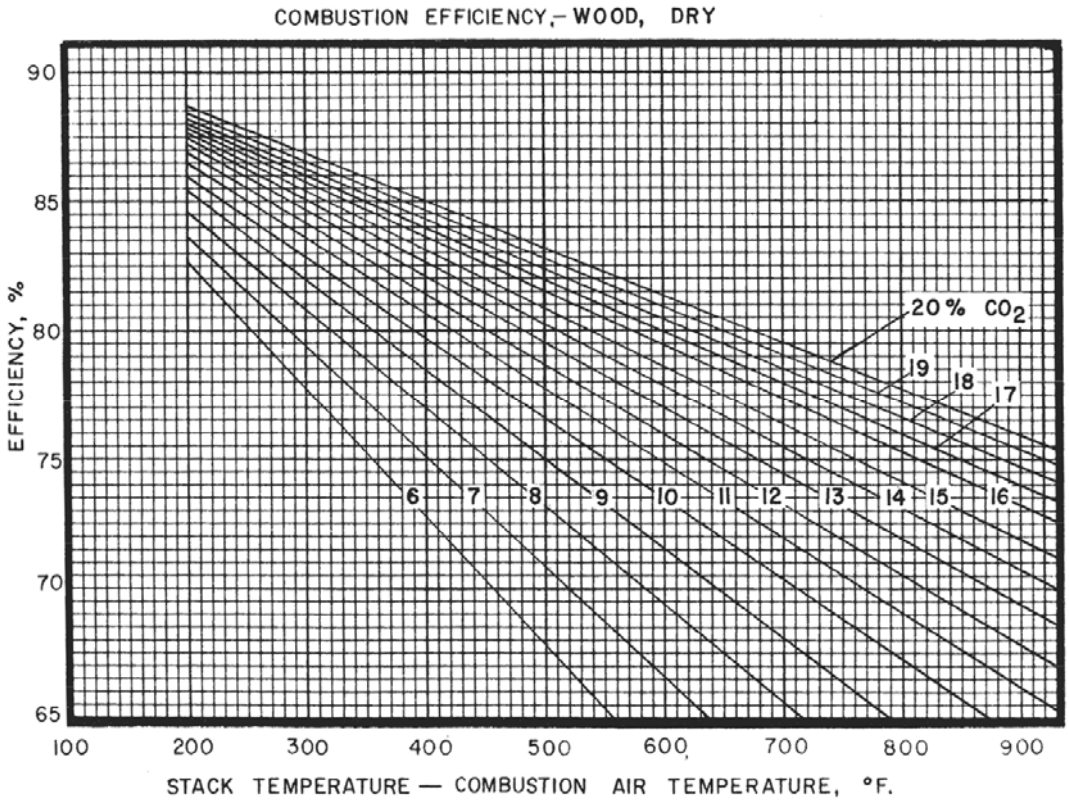
รูปที่ 6-22 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\%O_2$, $\%CO_2$ และปริมาณอากาศส่วนเกิน ของน้ำมันเตา C



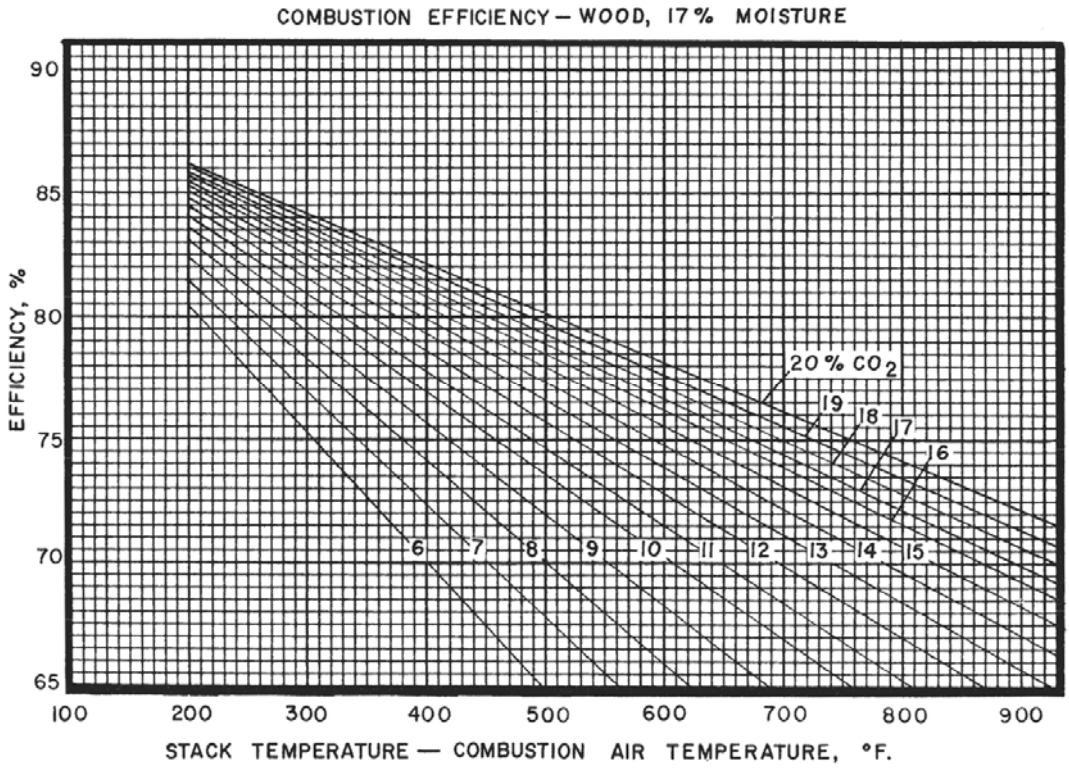
รูปที่ 6-23 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\%O_2$, $\%CO_2$ และปริมาณอากาศส่วนเกิน ของก๊าซธรรมชาติ



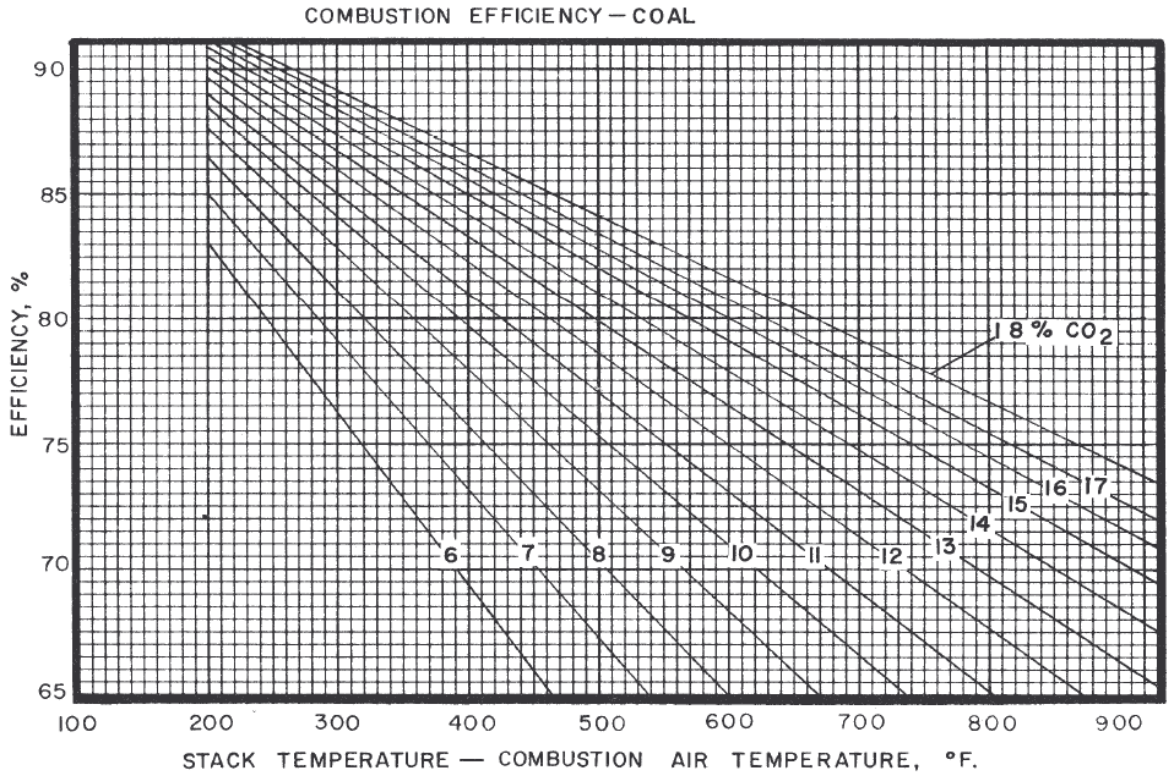
รูปที่ 6-24 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อน้ำที่ใช้ชานอ้อย



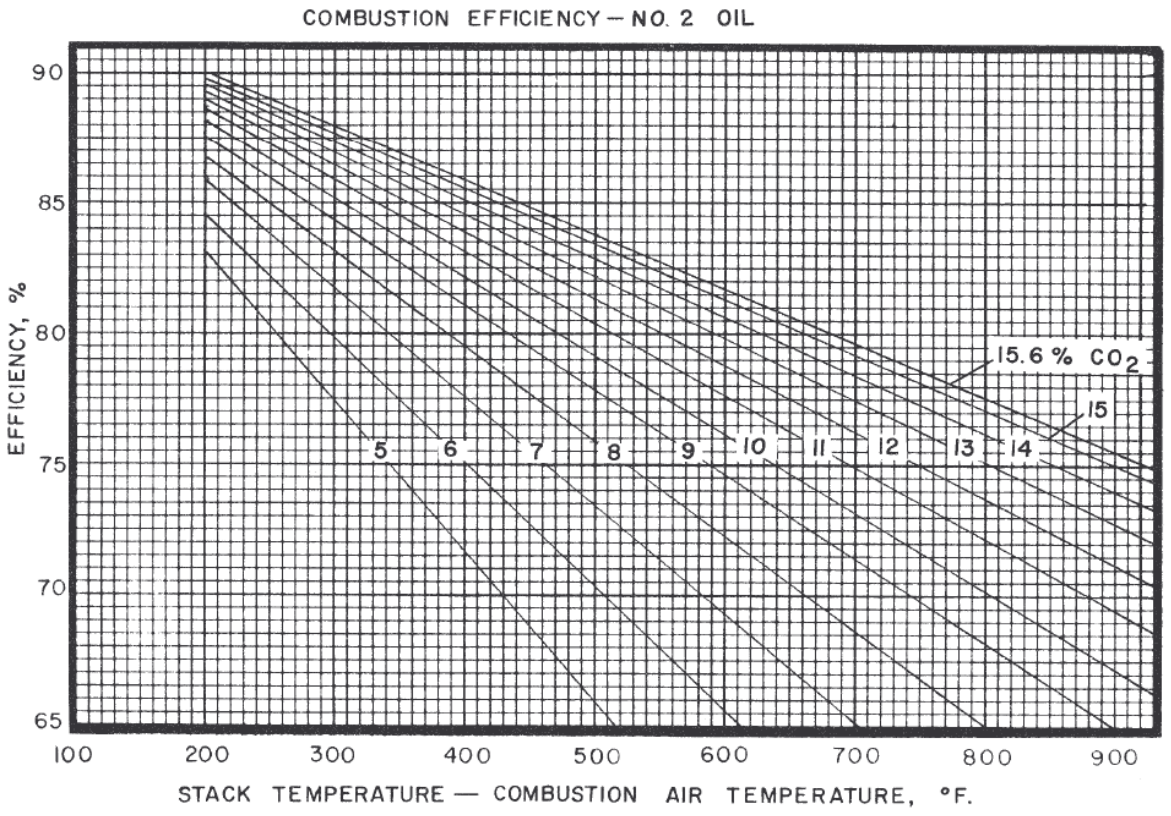
รูปที่ 6-25 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อน้ำที่ใช้ไม้แห้ง



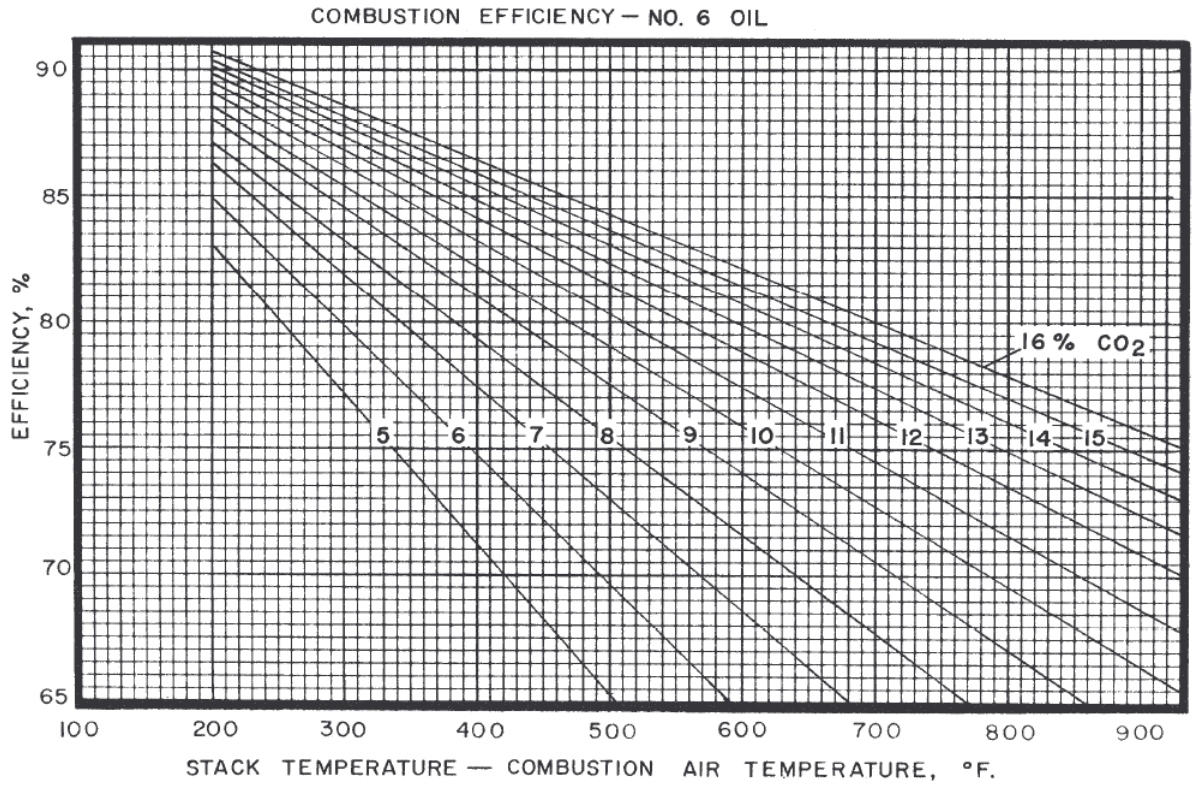
รูปที่ 6-26 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อน้ำที่ใช้ไม้ความชื้น 17%



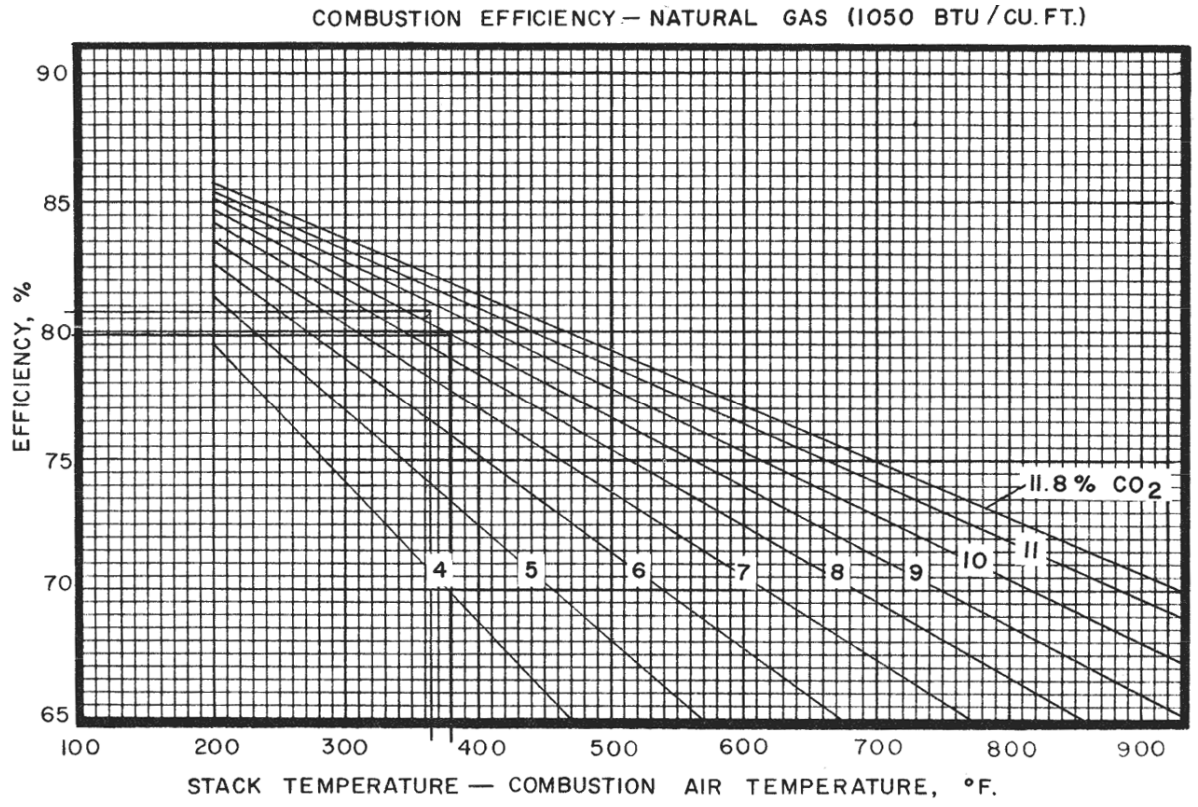
รูปที่ 6-27 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อน้ำที่ใช้ถ่านหิน



รูปที่ 6-28 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 6-29 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเตา C



รูปที่ 6-30 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อน้ำที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ

6) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำ

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำ (Fuel to steam efficiency) หาได้จาก

Fuel to steam efficiency (%) = 100 - %Stack loss - %Radiation and convection loss

โดยที่ %Radiation and convection loss คือร้อยละของความร้อนที่สูญเสียโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน ซึ่งหาได้จากการคำนวณทางการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

6.4.3 วิธีการปรับแต่งหัวเผา

การปรับการเผาเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ ก็เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงอย่างคุ้มค่าที่สุด และมีการสูญเสียน้อยที่สุด ซึ่งการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะเกิดขึ้นได้ เปลวไฟการเผาไหม้จะต้องดีก่อน ถ้าเปลวไฟการเผาไหม้ไม่ดี การจะทำการปรับส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนเท่าใด ก็จะไม่ได้การเผาที่สมบูรณ์ที่สุดและยังเกิดมลภาวะทางอากาศสูงด้วย การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะเกิดขึ้นได้ด้วยหลักการดังนี้

- เปลวไฟการเผาไหม้จะดีได้ อยู่ที่ระบบการเผาไหม้หรือหัวพ่นไฟ คุณภาพของเชื้อเพลิงขนาดของเชื้อเพลิง ความหนืดหรืออุณหภูมิของน้ำมัน ความดันของอากาศหรือเชื้อเพลิง ความเร็วของอากาศ ความสะอาดของหัวฉีดน้ำมัน ระยะต่างๆ ของหัวพ่นไฟ มิติของอิฐคอเตา ฯลฯ
- เปลวไฟที่ดีของเชื้อเพลิงน้ำมัน จะต้องเป็นเปลวไฟที่มีรูปร่างกลม ไม่เป็นแฉกหรือแหว่ง มีการหมุนเวียนเล็กน้อย ไม่มีสะเก็ดเม็ดไฟคล้ายถ่านไม้แตกกระเด็น ไม่กระพือวูบวาบ เวลาติดหรือดับนุ่มนวลไม่รุนแรง ไม่มีควันขาวหรือควันดำ สีไม่ขาวหรือแดงกล่ำ
- สีเปลวไฟไม่สามารถบอกประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้ โดยเฉพาะสีของเปลวไฟการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ จะบอกได้ว่าดีหรือไม่ดีได้จากการวัดเขม่าควัน และวัด O_2 หรือ CO_2 เพื่อหาปริมาณอากาศส่วนเกิน (Excess air) ซึ่งไม่สามารถบอกได้จากการดูสีของเปลวไฟด้วยตา
- การปรับส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่มีอากาศส่วนเกิน (Excess air) น้อยที่สุด โดยมีเขม่าควันไม่เกินที่กฎหมายกำหนดคือ 240 mg/Nm^3 สำหรับน้ำมันเตา และ 320 mg/Nm^3 สำหรับเชื้อเพลิงชนิดอื่น
- การปรับส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่มีอากาศส่วนเกิน (Excess air) น้อยที่สุด โดยไม่มีอากาศส่วนเกิน (Excess air) ที่พาความร้อนทิ้งออกปล่องไอเสียมากเกินความจำเป็น
- ระบบการปรับส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ มีดังนี้
  - ระบบปรับการเผาไหม้แบบใช้วิธีการปรับปริมาณอากาศเข้าหาปริมาณเชื้อเพลิง
  - ระบบปรับการเผาไหม้แบบใช้วิธีการปรับปริมาณเชื้อเพลิงเข้าหาปริมาณอากาศ
  - ระบบปรับการเผาไหม้ที่ปรับทั้งปริมาณอากาศและปรับปริมาณเชื้อเพลิงเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งเป็นระบบที่ทำการปรับยุ่งยากที่สุดในระบบทั้งหมด

การปรับแต่งหัวเผาที่ถูกวิธี นอกจากจะช่วยให้ส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมแล้ว ยังทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้การปรับแต่งหัวเผาที่ถูกวิธีนั้นยังช่วยลดเวลาและขั้นตอนในการปรับแต่งหัวเผาของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ควบคุมหม้อน้ำอีกด้วย การปรับแต่งหัวเผาที่ถูกวิธีต้องเริ่มจากการรวบรวมและพิจารณาสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำที่ต้องการและการทำงานของหัวเผา

หม้อน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะถูกปรับตั้งให้มีการป้อนเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากเพียงพอต่อการผลิตไอน้ำอยู่แล้ว ยกเว้นในกรณีที่มีการขยายขบวนการผลิตทำให้มีความต้องการใช้ไอน้ำเพิ่มขึ้น หากไม่มีการปรับแต่งหัวเผาใหม่ จะส่งผลให้ปริมาณไอน้ำที่ผลิตจากหม้อน้ำไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ในขณะเดียวกันหัวเผาต้องทำงานมากขึ้นกว่าเดิม ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลง ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำที่ต้องการและการทำงานของหัวเผาจึงสามารถใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการปรับแต่งหัวเผาได้ ดังแสดงในตารางที่ 6-10

ตารางที่ 6-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำที่ต้องการและการทำงานของหัวเผา

ปริมาณเชื้อเพลิง	การทำงานของหัวเผา	การปรับแต่งหัวเผา
เพียงพอต่อการผลิตปริมาณไอน้ำที่ต้องการ	หัวเผาทำงานต่อเนื่อง มีการเร่งหรี่ตามภาระความต้องการใช้ไอน้ำ ไม่ตัด-ต่อการทำงานบ่อยครั้ง	ปรับแต่งเฉพาะปริมาณอากาศให้เหมาะสมกับปริมาณเชื้อเพลิง
มากเกินพอต่อการผลิตปริมาณไอน้ำที่ต้องการ	สามารถผลิตไอน้ำได้อย่างรวดเร็ว หัวเผาตัด-ต่อการทำงานบ่อยครั้ง	ลดปริมาณเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับปริมาณความต้องการไอน้ำ โดยพิจารณาในช่วงที่มีการใช้ไอน้ำมากที่สุด และปรับปริมาณอากาศตามให้เหมาะสมกับปริมาณเชื้อเพลิง
ไม่เพียงพอต่อการผลิตปริมาณไอน้ำที่ต้องการ	หัวเผาทำงานในจังหวะเร่ง หรือ High fire ตลอดเวลา แต่ความดันไอน้ำยังคงต่ำกว่าความดันที่ต้องการใช้งาน	เพิ่มปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับปริมาณความต้องการไอน้ำ และปรับปริมาณอากาศตามให้เหมาะสมกับปริมาณเชื้อเพลิง

- ชนิดและอุณหภูมิของเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงมีหลายชนิดดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ละชนิดต่างก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ความต้องการปริมาณอากาศเพื่อการสันดาปอย่างสมบูรณ์จึงแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นในการปรับแต่งหัวเผาจึงควรคำนึงถึงชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงด้วย โดยพิจารณาจากปริมาณของอากาศส่วนเกิน หรือปริมาณของออกซิเจนในไอเสียที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 6-11

นอกจากนี้อุณหภูมิของเชื้อเพลิงยังมีความสำคัญต่อการพ่นฝอยของหัวเผา เนื่องจากหัวเผาแต่ละประเภทมีกลไกในการพ่นฝอยเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน ดังนั้นความหนืดของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจึงแตกต่างกันไปด้วย ก่อนการปรับแต่งหัวเผาจึงควรปรับอุณหภูมิของเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับชนิดของเชื้อเพลิงและชนิดของหัวเผาที่ใช้ อุณหภูมิและความหนืดของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมแสดงในตารางที่ 6-12

ตารางที่ 6-11 ปริมาณอากาศส่วนเกิน หรือปริมาณออกซิเจนในไอเสียที่เหมาะสม

ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณอากาศส่วนเกิน (%)		ปริมาณออกซิเจนในไอเสีย (%)	
	ต่ำสุด (Min)	สูงสุด (Max)	ต่ำสุด (Min)	สูงสุด (Max
ก๊าซธรรมชาติ	10.0	15.0	2.0	2.7
น้ำมันชนิดเบา	12.5	20.0	2.3	3.5
น้ำมันเตา	20.0	25.0	3.3	4.2

หมายเหตุ: ค่าที่กำหนดไว้ในตารางเป็นค่าต่ำสุดของปริมาณอากาศส่วนเกินและปริมาณออกซิเจนในไอเสีย สำหรับหม้อน้ำที่ไม่มีอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนอากาศส่วนเกิน

ตารางที่ 6-12 อุณหภูมิและความหนืดของเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

		อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ($^{\circ}$C)			
ชนิดหัวเผา		Air atomized	Pressure atomized	Steam atomized	Rotary cup
ชนิดเชื้อเพลิง	น้ำมันเตา A	90-150	85-105	66-85	60-75
	น้ำมันเตา C	108-125	100-125	80-100	75-90
	น้ำมันเตา D	-	-	90-110	82-100
		ความหนืดของเชื้อเพลิงที่เหมาะสม (cSt)			
เชื้อเพลิงเหลวทุกชนิด		12-17	12-20	20-40	30-60

- ปริมาณก๊าซต่างๆ ในไอเสีย

การตรวจวัดวิเคราะห์ไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ เป็นการหาปริมาณร้อยละของก๊าซออกซิเจน (%O_2) ปริมาณร้อยละก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%CO_2) และปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ในไอเสียหนึ่งล้านส่วน (ppm) ซึ่งก๊าซดังกล่าวนี้เป็นองค์ประกอบหลักของไอเสีย นอกจากนี้การตรวจวัดวิเคราะห์ไอเสียยังรวมถึงการวัดอุณหภูมิไอเสียอีกด้วย เกณฑ์ปริมาณร้อยละก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้จากก๊าซไอเสียในปล่องไอเสียเทียบกับประสิทธิภาพการเผาไหม้ แสดงในตารางที่ 6-13 จากผลการตรวจวัดวิเคราะห์ไอเสีย ทำให้สามารถกำหนดแนวทางเบื้องต้นในการปรับแต่งหัวเผาได้ ดังแสดงในตารางที่ 6-14

ตารางที่ 6-13 เกณฑ์ปริมาณร้อยละก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบกับประสิทธิภาพการเผาไหม้

ประสิทธิภาพการเผาไหม้	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%CO_2)		
	น้ำมันดีเซล	น้ำมันเตา	เชื้อเพลิงก๊าซ
ดีที่สุด	12.8	13.8	10.0
ดี	11.5	13.0	9.0
พอใช้	10.0	12.5	8.5
แย่	น้อยกว่า 9.0	น้อยกว่า 12.0	น้อยกว่า 8.0

ตารางที่ 6-14 ผลการตรวจวัดไอเสีย และแนวทางการปรับแต่งหัวเผา

ผลการตรวจวัดไอเสีย	การวิเคราะห์สาเหตุ	การปรับแต่งหัวเผา
ค่า $\%O_2$ สูงกว่าเกณฑ์ ค่า $\%CO_2$ ต่ำกว่าเกณฑ์ ค่า CO น้อยมาก (0-10 ppm)	ใช้อากาศส่วนเกินมากเกินไป ทำให้ความร้อนสูญเสียไปกับไอเสียมาก	ปรับลดอากาศป้อนเข้าห้องเผาไหม้
ค่า $\%O_2$ ต่ำกว่าหรืออยู่ในเกณฑ์ ค่า $\%CO_2$ สูงกว่าหรืออยู่ในเกณฑ์ ค่า CO อยู่ในเกณฑ์	การเผาไหม้มีประสิทธิภาพดี	ไม่ต้องปรับแต่ง ควรตรวจสอบเป็นประจำ เพื่อรักษาให้หัวเผาทำงานที่สภาวะนี้ตลอด
ค่า $\%O_2$ สูงกว่าเกณฑ์ ค่า $\%CO_2$ ต่ำกว่าเกณฑ์ ค่า CO สูงกว่าเกณฑ์	1. อุปกรณ์ชำรุด เช่น หัวฉีดสึกเนื่องจากไม่ได้ใช้งานมานาน หรือกระจังลมบิดงอไม่ได้รูปทรง เป็นต้น 2.ปรับตั้งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง เช่น ปรับตั้งกระจังลมผิดตำแหน่ง อุณหภูมิเชื้อเพลิงป้อนเข้าต่ำกว่าเกณฑ์ เป็นต้น 3. ห้องเผาไหม้มีรูรั่ว และความดันในห้องเผาไหม้ต่ำกว่าบรรยากาศ ทำให้มีอากาศภายนอกที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเผาไหม้เข้าไปผสมกับไอเสีย	1. ตรวจสภาพอุปกรณ์ในหัวเผา เช่น หัวฉีด กระจังลม เขี้ยวสปาร์ค แล้วทำการปรับแต่งหัวเผาใหม่ หากอุปกรณ์ใดมีสภาพชำรุด ให้เปลี่ยนใหม่ทันที 2. ตรวจสอบหารอยรั่ว แล้วทำการปิดรอยรั่ว หรือปรับเพิ่มอากาศให้ค่า CO อยู่ในเกณฑ์ โดยไม่ต้องพิจารณาค่า $\%O_2$ และ $\%CO_2$
อุณหภูมิสูงกว่าเกณฑ์	1. ท่อไฟสกปรก มีเขม่าจับตามผนังท่อมาก 2. มีตะกรันจับท่อทางด้านน้ำมาก 3. ผนังกั้นทางไฟชำรุด 4. ห้องเผาไหม้มีขนาดเล็ก หรือใช้หัวเผาขนาดใหญ่เกินไป	1. ทำความสะอาดท่อไฟโดยการแยงท่อแล้วโกยเขม่าออก 2. ทำความสะอาดผิวท่อด้านน้ำเอาตะกรันออก และปรับปรุงสภาพน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อน้ำ โดยควบคุมให้มีค่า TDS ตรงตามค่ากำหนด 3. ซ่อมผนังกั้นทางไฟ 4. พิจารณาเลือกหัวฉีดในหัวเผาให้เล็กลง หรือพิจารณาเปลี่ยนหัวเผา หรือหม้อน้ำใหม่

ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำที่ต้องการ ชนิดและอุณหภูมิของเชื้อเพลิง ปริมาณก๊าซต่าง ๆ ในไอเสีย ที่รวบรวมได้นี้ จะเป็นส่วนช่วยให้สามารถทำการปรับแต่งหัวเผาได้ถูกต้องและรวดเร็วขึ้น วิธีการปรับแต่งหัวเผาจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับประเภทของหัวเผา ซึ่งรายละเอียดของวิธีการปรับแต่งหัวเผาแต่ละประเภทมีดังนี้

1) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบตัด-ต่อ

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบตัด-ต่อ (Pressure atomized on-off burner) ทำงานใช้สวิตช์ความดันไอน้ำควบคุม 2 ระดับ คือ ความดันต่ำและความดันสูง เมื่อความดันไอน้ำสูงถึงระดับความดันสูงที่ต้องใช้จะตัดการทำงาน และเมื่อใช้งานไอน้ำไประยะหนึ่งความดันไอน้ำในหม้อน้ำลดถึงความดันต่ำกว่าที่ตั้งไว้หัวเผาจะเริ่มทำงานอีกครั้งจนกระทั่งความดันไอน้ำสูงถึงระดับความดันสูงจะตัดการทำงาน การควบคุมหัวเผาแบบนี้จะใช้หัวฉีดน้ำมันเพียงหัวเดียวควบคุมการจ่ายน้ำมัน โดยใช้โซลินอยด์วาล์วที่รับสัญญาณความดันจากสวิตช์ควบคุมความดัน ปริมาณน้ำมันที่ป้อนเข้าจะถูกกำหนดด้วยขนาดของหัวฉีดและความดันน้ำมันใช้งาน ซึ่งจะอยู่ในช่วง 20-25 บาร์ หัวเผาแบบนี้จะไม่มีการควบคุมอากาศขณะทำงาน เนื่องจากสภาพการเผาไหม้มีเพียงสภาวะเดียวแต่สามารถปรับตั้งปริมาณอากาศให้เหมาะสมกับการเผาไหม้ได้โดยการปรับแดมเปอร์ที่ท่อป้อนอากาศเข้า

การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบตัด-ต่อ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปิดสวิตช์การทำงานและเปิดหัวเผาตรวจสอบหัวฉีด กระจังลม เขี้ยวสปาร์ค และกรวยไฟ การตรวจสอบและการปรับตั้งให้ปฏิบัติตามหัวข้อ 6.5

2. ปิดหัวเผาเข้ากับหม้อน้ำแล้วเปิดสวิตช์ให้หัวเผาทำงานเพื่อตรวจสอบความดันและอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิง การตรวจสอบและปรับตั้งให้ปฏิบัติตามตารางที่ 6-12

3. ทำการวัดร้อยละของออกซิเจน ($\%O_2$) ค่าร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ ($\%CO_2$) และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO เป็น ppm) ในก๊าซไอเสีย

4. พิจารณาผลการวัดก๊าซไอเสียและกำหนดแนวทางการปรับแดมเปอร์ตามกรณีและเกณฑ์ในตารางที่ 6-14

5. คลายน๊อตล็อคตำแหน่งแดมเปอร์ไปในทิศทางที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 4 จนกว่าค่า $\%O_2$, $\%CO_2$, และ CO จะอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

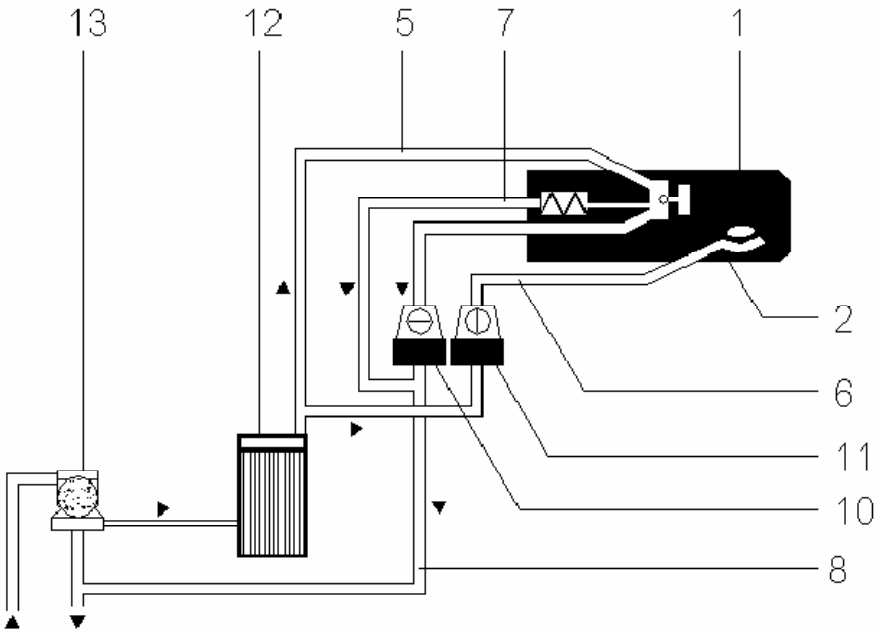
6. ทำการล็อคน๊อตที่ยึดแดมเปอร์ ที่ยึดแดมเปอร์แสดงในรูปที่ 6-31

รูปที่ 6-31 ที่ยึดแดมเปอร์

2) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-น้อย

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-น้อย (Pressure atomized hi/lo-fire burner) หรือที่เรียกว่าหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมันแบบ 2 จังหวะ (Pressure atomized two-stage tuning burner) เป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากราคาไม่แพงมาก และสามารถเร่งหรี่ได้ 2 ระดับ คือทำงานที่ตำแหน่งไฟน้อย (Low fire) เมื่อต้องการอัตราการผลิตไอน้ำน้อย และทำงานที่ตำแหน่งไฟมาก (High fire) เมื่อต้องการอัตราการผลิตไอน้ำมาก หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-น้อย ควบคุมการจ่ายน้ำมันโดยใช้หัวฉีด 2 หัว และใช้โซลินอยด์วาล์ว 2 ชุด ควบคุมหัวฉีดทั้ง 2 หัว ดังแสดงในรูปที่ 6-32 หัวฉีดที่ใช้กับหัวเผามี 2 ชนิด คือ แบบไม่มีน้ำมันไหลกลับ (Non–oil return injector) ใช้กับหัวเผาที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และแบบมีน้ำมันไหลกลับ (Oil return injector) มักใช้กับหัวเผาที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง และเป็นแบบที่มีใช้กันมากในประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 6-33

รูปที่ 6-32 หัวฉีด 2 หัวในหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-น้อย



รูปที่ 6-33 วงจรน้ำมันของหัวฉีดแบบมีน้ำมันไหลกลับ

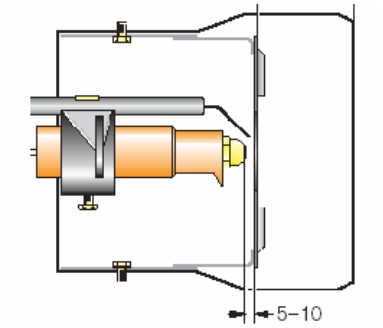
การทำงานเริ่มจากหัวเผาไล่อากาศในห้องเผาไหม้ (Pre-purge period) น้ำมันจากปั๊มผ่านฮีทเตอร์ไปยังหัวฉีด และออกจากหัวฉีดผ่านโซลินอยด์วาล์ว (10) ที่เปิดอยู่ (Normally open, NO) กลับไปตามท่อน้ำมันกลับ (8) จะเห็นว่าหัวฉีดจะร้อนพร้อมที่จะพ่นน้ำมันออกมาตลอดเวลา ขณะที่วาล์วหัวฉีด (3) ยังคงปิดสนิทอยู่ เมื่อไล่อากาศเสร็จ โซลินอยด์วาล์ว (10) ปิด น้ำมันไม่มีทางกลับความดันเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 20-25 บาร์ ทำให้วาล์วหัวฉีด (3) เปิดออกได้ และน้ำมันฉีดออกจากหัวฉีด (1) จะมีน้ำมันเล็กน้อยรั่วผ่านวาล์วลูกสูบ (9) กลับไปตามท่อ (7) และ (8) ปริมาณน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด 1 เรียกกว่าไฟน้อย (Low fire หรือ Partial load) การทำงานที่ตำแหน่งไฟมาก (High fire หรือ Full load) โซลินอยด์วาล์ว (11) จะเปิดน้ำมันให้ไหลไปยังหัวฉีด (2) ผ่านบอลวาล์ว (4) ขณะที่หัวเผาจะทำงานด้วยหัวฉีด 2 หัวพร้อมกัน บอลวาล์ว (4) จะกักน้ำมันระหว่างโซลินอยด์กับหัวฉีด (2) เมื่อไม่ทำงาน เป็นการป้องกันความดันน้ำมันตก เมื่อเปลี่ยนจากหัวฉีด 1 ไปยังหัวฉีด 2 เมื่อหัวเผาไม่ทำงานโซลินอยด์วาล์ว (10) จะเปิด ความดันน้ำมันจะผ่อนลงไปตามท่อทางน้ำมันกลับและวาล์วหัวฉีด (3) จะปิดอย่างรวดเร็ว

ส่วนการควบคุมปริมาณอากาศเข้าหัวเผา จะควบคุมโดยเซอร์โวมอเตอร์ขับเพลาแดมเปอร์ให้เปิดปิดในตำแหน่งที่ต้องการ ตามตำแหน่งการทำงานไฟน้อยหรือไฟมาก ซึ่งการควบคุมมีกลไกที่นิยมใช้กันอยู่ 2 แบบ ได้แก่ แบบควบคุมด้วยชุดสวิตช์ลูกเบี้ยว (Limit switch) ที่ขับด้วยเซอร์โวมอเตอร์ และแบบตัวหยุด (Stopper)

การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-น้อย หรือที่เรียกว่าหัวเผาแบบ 2 จังหวะ มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันเตา ก่อนเข้าหัวฉีด (Nozzle) ให้มีอุณหภูมิระหว่าง 100-120 °C

2. ตรวจสอบระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับแผ่นกระจายลม (Air diffuser) ให้มีระยะตามที่กำหนดในคู่มือ ดังแสดงในรูปที่ 6-34

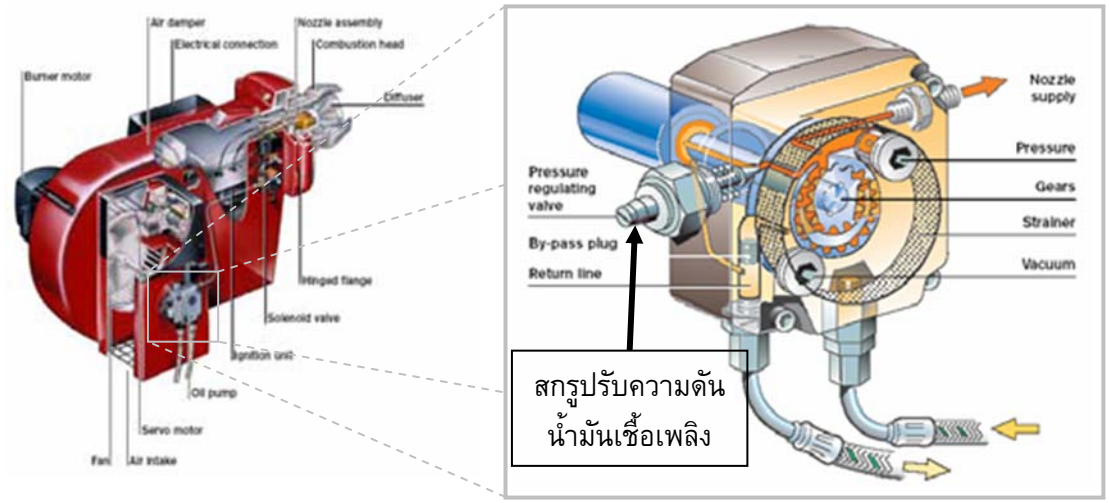


รูปที่ 6-34 การปรับตั้งระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับแผ่นกระจายลม

3. ปรับตั้งความดันของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil pump) ให้เป็นไปตามที่กำหนดในคู่มือ ตามรุ่นของหัวเผาน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับหัวฉีดแบบ 2 จังหวะ (Two-stage burner) จะใช้ความดันประมาณ 20-25 บาร์ โดยทั่วไปจะขันสกรูเข้าเมื่อต้องการเพิ่มความดันน้ำมันเชื้อเพลิง และขันออกเพื่อลดความดัน ตำแหน่งของสกรูปรับตั้งความดันน้ำมันเชื้อเพลิงแสดงดังในรูปที่ 6-35

4. สังเกตควันดำด้วยตาเปล่า ถ้ามีควันดำให้เพิ่มประมาณอากาศ จนไม่มีควัน

5. ตรวจวัดปริมาณ O_2 หรือ CO_2 โดยมีปริมาณ O_2 ประมาณ 3.5-4.5% หรือปริมาณ CO_2 ประมาณ 12.5-13.5%



รูปที่ 6-35 ตำแหน่งของสกรูปรับตั้งความดันน้ำมันเชื้อเพลิง

6. ตรวจวัดปริมาณ CO ว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษหรือไม่ ถ้าเกินให้กลับไปตรวจสอบ อุณหภูมิน้ำมัน และแรงดันน้ำมัน รวมทั้งหัวฉีดของตัวหัวพ่นว่าผิดปรกติหรือไม่

7. วัดอุณหภูมิปล่องไอเสีย ที่ตำแหน่งตรวจวัดก๊าซ โดยตำแหน่งนี้อยู่ที่ทางออกของปล่องไอเสีย และต้องไม่มีการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาเจือปน โดยที่อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากหม้อน้ำต้องเป็นไปตามสมการ

$$T_{ex} = T_{sat} + 83\ ^{\circ}C\ (150\ ^{\circ}F)$$

เช่น ที่ความดันไอน้ำ 85 psi (หรือ 6 บาร์) อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว (Saturated temperature) เท่ากับ 164 $^{\circ}$C (ดูความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัวในตารางที่ 6-15) อุณหภูมิปล่องต้องไม่เกิน 247 $^{\circ}$C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่คำนวณได้ตามสมการ ให้หยุดหม้อน้ำ แล้วทำการตรวจสอบและทำความสะอาดพื้นที่ผิวทางด้านไฟและด้านน้ำ เช่น แยงเขม่า ล้างตะกรัน เป็นต้น

ตารางที่ 6-15 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว

ความดันเกจ		อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว		ความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน	
kg/cm^2	psi	$^{\circ}$C	$^{\circ}$F	kcal/kg	BTU/lb
0.03	0.00	100	212	539	970
0.35	5.00	109	228	533	960
1.05	15.00	121	250	525	745
2.50	35.00	138	281	513	724
3.00	45.00	144	292	508	715
6.00	85.00	164	328	493	888
13.00	185.00	194	382	469	843
20.00	285.00	214	417	449	809

กรณีที่เกิดควันดำและเป็นหัวเผาที่ควบคุมด้วยชุดสวิตช์ลูกเบี้ยว ดังแสดงในรูปที่ 6-36 การควบคุมแบบนี้ช่องทางอากาศเข้ามีแดมเปอร์ และก้านแดมเปอร์ต่อกันกับเพลาเซอร์โวมอเตอร์ ที่มีชุดสวิตช์ลูกเบี้ยวทำหน้าที่ควบคุมให้สวิตช์ต่างๆ ทำงาน ลูกเบี้ยวทั้งหมด 4 ลูก แต่ละลูกใช้ควบคุมแดมเปอร์และโซลินอยด์วาล์วน้ำมัน โดยการเรียงลำดับจะขึ้นอยู่กับยี่ห้อ แต่สามารถดูไดอะแกรมที่ติดอยู่กับฝาครอบชุดสวิตช์ลูกเบี้ยวให้ทำการปรับแต่งหัวเผาเพิ่มเติมดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ถ้าหากมีควันดำเกิดขึ้นตอนจังหวะหัวที่ 1 หรือหัวเล็กทำงาน (จังหวะ Low fire หรือ Partial load) ให้ปรับลิมิตสวิตช์ (Limit switch) หมายเลข 2 ไปทางตำแหน่งตัวเลขมากทีละน้อยๆ จนไม่มีควันดำ

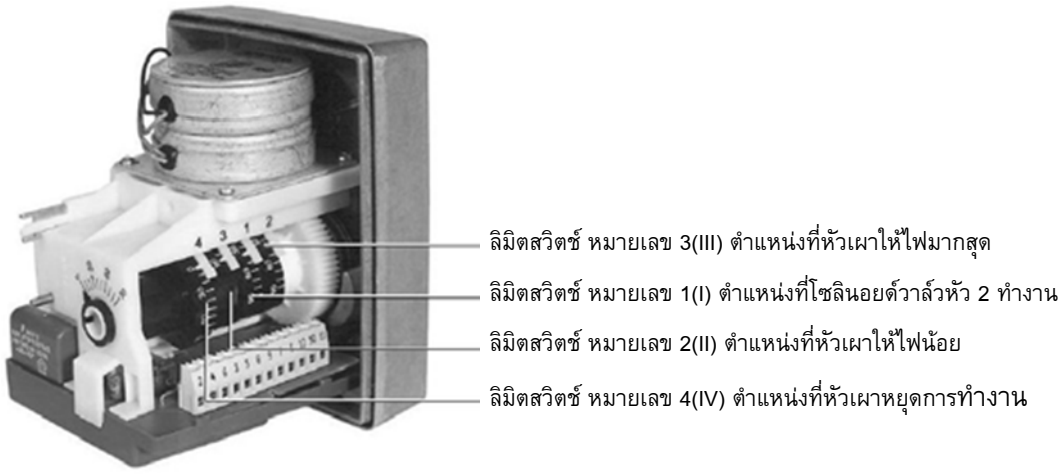
2. ถ้าหากมีควันดำเกิดขึ้นตอนจังหวะหัวที่ 2 หรือหัวเล็กทำงาน (จังหวะ Full load หรือ High fire) ให้ปรับลิมิตสวิตช์ หมายเลข 3 ไปทางตำแหน่งตัวเลขมากทีละน้อยๆ จนไม่มีควันดำ

3. ถ้าหากมีควันดำระหว่างการเปลี่ยนการทำงานจากหัวที่ 1 ไปเป็นหัวที่ 2 (จังหวะเร่ง) ให้ปรับลิมิตสวิตช์ หมายเลข 1 ไปทางตำแหน่งตัวเลขมากทีละน้อยๆ จนไม่มีควันดำ

หมายเหตุ: สำหรับหัวเผาที่ใช้ต่างผู้ผลิต ต่างรุ่น ให้สังเกตรายละเอียดของลิมิตสวิตช์ที่ตัวมอเตอร์

4. ตัวอย่างลิมิตสวิตช์ของหัวขับไฟฟ้าแบบเร่งหรี่ (Servo drive) เพื่อกำหนดอากาศส่วนเกินให้เหมาะสมกับการเผาไหม้ของหัวเผาเชื้อเพลิง ดังนี้

- ลิมิตสวิตช์ หมายเลข 1 (I) คือตำแหน่งที่โซลินอยด์วาล์วหัวที่ 2 ทำงาน
- ลิมิตสวิตช์ หมายเลข 2 (II) คือตำแหน่งที่หัวเผาให้ไฟน้อย (partial load)
- ลิมิตสวิตช์ หมายเลข 3 (III) คือตำแหน่งที่หัวเผาให้ไฟมากสุด (full load)
- ลิมิตสวิตช์ หมายเลข 4 (IV) คือตำแหน่งที่หัวเผาหยุดการทำงาน (close)



รูปที่ 6-36 ตัวอย่างลิมิตสวิตช์บนมอเตอร์เร่งหรี่น้ำมันและลม (Servo motor)

5. ตัวอย่างการปรับลิมิตสวิทซ์แบบตั้งค่าตายตัว โดยไม่ต้องเปลี่ยนหรือตั้งค่าบ่อยๆ เป็นดังนี้

- ปรับลิมิตสวิทซ์ หมายเลข 1 (I) (ตำแหน่งที่โซลินอยด์วาล์วหัวที่ 2 ทำงาน) ไปที่ตำแหน่งประมาณ 25-30 องศา

- ปรับลิมิตสวิทซ์ หมายเลข 2 (II) (ตำแหน่งที่หัวเผาให้ไฟน้อย (Partial load)) ไปที่ตำแหน่งประมาณ 10-15 องศา
- ปรับลิมิตสวิทซ์ หมายเลข 3 (III) (ตำแหน่งที่หัวเผาให้ไฟมากสุด (Full load)) ไปที่ตำแหน่งประมาณ 50-60 องศา
- ปรับลิมิตสวิทซ์ หมายเลข 4 (IV) (ตำแหน่งที่หัวเผาหยุดการทำงาน) ไปที่ตำแหน่งศูนย์

6. ปรับแต่งตำแหน่งไฟน้อย (Partial load) 2 (II) และ ไฟมากสุด (Full load) 3 (III) ให้ได้ค่าดังนี้

- ปริมาณ O_2 = 2-6 %
- ปริมาณ CO_2 = 11-14 %
- เบอร์เขม่า (Soot No.) = 0-3

สำหรับหัวเผาที่ควบคุมด้วยตัวหยุด (Stopper) จะมีทางเข้าอากาศมีแดมเปอร์ปิด-เปิด เพื่อควบคุมปริมาณอากาศเข้าเผาไหม้ โดยมีระดับการเปิดและปิด 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งไฟน้อย ระดับการเปิดของตำแหน่งทั้ง 2 มีน๊อตเป็นตัวหยุด ตามรูปที่ 6-37 หัวเผาทำงานอยู่ในตำแหน่งไฟน้อย (ตัวหยุด ตำแหน่งที่ 1) เมื่อหัวเผาเปลี่ยนการทำงานจากไฟน้อยไปเป็นไฟมากเซอร์โวมอเตอร์จะขับแดมเปอร์ให้หมุนไปในทิศทางที่เปิดทางเข้าอากาศให้มากขึ้น และจะไปหยุดเมื่อแขนไปชนกับตัวหยุด ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ช่องอากาศเข้าเปิดมาก โดยการเปลี่ยนการทำงานจากไฟน้อยไปเป็นไฟมากนั้น จะอาศัยสัญญาณจากสวิตช์ความดันไปสั่งให้มอเตอร์ขับแดมเปอร์ทำงาน พร้อมกับสั่งให้โซลินอยด์วาล์วน้ำมันของหัวฉีดที่ 2 ปิด (สำหรับหัวฉีดแบบมีน้ำมันย้อนกลับ) และเมื่อความดันไอน้ำสูงถึงระดับที่กำหนด สวิตช์ความดันจะส่งสัญญาณให้โซลินอยด์วาล์วน้ำมันเปิดทำให้หัวฉีดที่ 2 ไม่ทำงาน และให้มอเตอร์ขับแดมเปอร์ไปในทิศทางเปิดทางเข้าอากาศจนกระทั่งแขนแดมเปอร์ไปชนตัวหยุดที่ตำแหน่งที่ 1 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ช่องอากาศเข้าเปิดน้อย

รูปที่ 6-37 ตัวหยุดแขนปรับแดมเปอร์

กรณีที่เกิดควันดำและเป็นหัวเผาที่ควบคุมด้วยตัวหยุด จะมีขั้นตอนในการปรับแต่งหัวเผาดังนี้

1. ปิดสวิตช์การทำงาน และเปิดหัวเผาเพื่อตรวจสอบหัวฉีด กระจังลม เขี้ยวสปาร์ค และกรวยไฟ การตรวจสอบและการปรับตั้งให้ปฏิบัติตามหัวข้อ 6.5

2. ปิดหัวเผาเข้าหม้อน้ำแล้วเปิดสวิตช์ให้หัวเผาทำงาน เพื่อตรวจสอบความดันและอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิง การตรวจสอบและปรับตัวให้ปฏิบัติตามตารางที่ 6-12

3. เปิดสวิตช์ล็อคตำแหน่งให้ชน หัวเผาทำงานที่ตำแหน่งไฟน้อย (Low Fire)

4. ทำการวัดค่าร้อยละของออกซิเจน ($\%O_2$) ค่าร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ ($\%CO_2$) และปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO เป็น ppm) ในก๊าซไอเสีย

5. พิจารณาผลการวัดก๊าซไอเสียและกำหนดแนวทางการปรับปริมาณอากาศตามกรณีและเกณฑ์ในตารางที่ 6-14

6. ปรับระยะน๊อต ปรับระยะการเปิดของแดมเปอร์ตำแหน่งไฟน้อย (Low fire) ใหม่โดยการขันน๊อตในทิศทางให้แดมเปอร์เปิดมากขึ้น ถ้าต้องการปริมาณอากาศเพิ่มขึ้น หรือในทิศทางให้แดมเปอร์ปิดลงมากขึ้น ในกรณีที่ต้องการลดปริมาณอากาศ พร้อมกับตรวจวัดค่า ค่า $\%O_2$ ค่า $\%CO_2$ และ CO ปรับปริมาณอากาศจนกว่าค่าทั้งสามจะอยู่ในเกณฑ์

7. ปรับสวิตช์ให้หัวเผาทำงานที่ตำแหน่งไฟมาก (High fire)

8. ดำเนินการตามข้อ 4 และ 5

9. จากนั้นดำเนินการขันน๊อตปรับระยะการเปิดของแดมเปอร์ตำแหน่งไฟมาก ให้แดมเปอร์เปิดมากขึ้น หรือน้อยลงตามปริมาณอากาศที่ต้องการโดยให้พิจารณาผลการวัด $\%O_2$, $\%CO_2$ และปริมาณ CO พร้อมการปรับไปด้วย ปรับระยะน๊อตทีละน้อยจนกว่า ค่าตรวจวัดทั้งสามอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

3) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-กลาง-น้อย

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบไฟมาก-กลาง-น้อย (Pressure atomized high/medium/low-fire burner) หรือหัวเผาแบบ 3 จังหวะ (Pressure atomized three-stage tuning burner) มีใช้กันน้อยมากในประเทศไทย เมื่อเทียบกันแบบไฟมาก-น้อย การทำงานเหมือนกันกับแบบไฟมาก-น้อย เพียงแต่เพิ่มระดับขั้นของการควบคุมเพิ่มอีกหนึ่งขั้น คือ ไฟกลาง การควบคุมน้ำมันจะเพิ่มจากใช้โซลินอยด์วาล์ว 2 ตัว เป็นใช้โซลินอยด์ 3 ตัว สำหรับหัวฉีดทั้ง 3 ตัว การควบคุมอากาศจะเป็นแบบใช้สวิตช์ลูกเบี้ยว โดยจะมีสวิตช์ลูกเบี้ยวเพิ่มจากแบบไฟมาก-น้อย ขึ้นมาอีก 1 ตัว

หลักการปรับแต่งสามารถปฏิบัติทำนองเดียวกับการปรับแต่งหัวเผาแบบไฟมาก-น้อย โดยมีการเพิ่มเติมการปรับแต่งในส่วนของไฟกลาง (Medium fire) ขึ้นมาอีก 1 ขั้น แต่วิธีการปรับแต่งเหมือนเดิม

4) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน (Pressure atomized two-stage modulating burner) มีลักษณะกลไกการทำงานและอุปกรณ์ต่างๆ เหมือนกับการควบคุมหัวเผาแบบต่อเนื่อง (Modulating burner) เพียงแต่ไม่มีบอร์ดหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่อง แต่ใช้เพียงสวิตช์ความดันควบคุม จึงมี 2 ระดับ คือ ไฟน้อยและไฟมาก ทั้งนี้ช่วงจุดติดเตาจะมีสภาวะการเผาไหม้คนละตำแหน่งกับไฟน้อย ซึ่งต่างจากการควบคุมหัวเผาแบบไฟมาก-น้อย การควบคุมน้ำมัน

ของหัวเผาแบบนี้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ขับวาล์วควบคุมปริมาณน้ำมัน (Fuel regulating value) ให้จ่ายน้ำมันให้หัวฉีดเพียงหัวเดียว ปริมาณน้ำมันที่ฉีดจะมากหรือน้อยตามการเปิดของวาล์วควบคุม ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์ถูกควบคุมโดยสวิตช์ลูกเบี้ยวให้หยุดที่ตำแหน่งจุดเตา ตำแหน่งไฟน้อย และตำแหน่งไฟมาก แต่ละตำแหน่งวาล์วควบคุมน้ำมันจะเปิดให้น้ำมันผ่านในปริมาณที่มากน้อยต่างกันตามที่ปรับตั้งไว้ ส่วนการควบคุมปริมาณอากาศใช้การควบคุมเปิด-ปิดของแดมเปอร์บริเวณทางเข้าอากาศ แดมเปอร์มีกลไกเชื่อมโยงกับลูกเบี้ยวควบคุมอากาศ (Adjustable cam) ที่อยู่บนแกนเพลาเดียวกันกับเซอร์โวมอเตอร์ที่ขับวาล์วควบคุมน้ำมัน ดังนั้นเมื่อเซอร์โวมอเตอร์ทำงาน เช่น เปลี่ยนสภาวะจากไฟน้อยเป็นไฟมาก เซอร์โวมอเตอร์จะขับวาล์วน้ำมันให้เปิดพร้อมกันกับขับลูกเบี้ยวควบคุมอากาศให้หมุนไปพร้อมกัน ลูกเบี้ยวที่หมุนไปจะไปดันให้แขนกลไกทำงาน โดยจะทำให้แดมเปอร์เปิดมากขึ้น เพื่อป้อนอากาศเข้าห้องเผาไหม้มากขึ้นตามปริมาณน้ำมัน สวิตช์ลูกเบี้ยวที่ใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ถูกกำหนดเป็นมาตรฐานดังนี้

I	-	แดมเปอร์เปิด 130 องศา
II	-	แดมเปอร์ปิด 0 องศา
III	-	โหลดจุดติดไฟ (Ignition load) ที่ 30 องศา
IV	-	สวิตช์ต่อที่จังหวะ 2 เพิ่มน้ำมันที่ 100 องศา
V และ VI	-	ไม่ใช้
VII	-	โหลดไฟน้อย (Partial load) 50 องศา

แดมเปอร์จะเปิดมากหรือน้อยที่ตำแหน่งนั้นๆ ขึ้นอยู่กับรูปร่างของ Cam ซึ่งสามารถปรับตั้งได้ สวิตช์ลูกเบี้ยวและลูกเบี้ยวควบคุมอากาศที่ใช้ในการปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน แสดงได้ดังรูปที่ 6-38 ส่วนการปรับแต่งสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปิดสวิตช์การทำงาน และเปิดหัวเผาเพื่อตรวจสอบหัวฉีด กระจังลม เขี้ยวสปาร์ค และกรวยไฟ การตรวจสอบและการปรับตั้งให้ปฏิบัติตามหัวข้อ 6.5

2. ปิดหัวเผาเข้ากับหม้อน้ำแล้วเปิดสวิตช์ให้หัวเผาทำงาน เพื่อตรวจสอบความดันและอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิง การตรวจสอบและปรับตั้งให้ปฏิบัติตามตารางที่ 6-12

3. เปิดสวิตช์ล็อคตำแหน่งให้หัวเผาที่ตำแหน่งไฟน้อย (Low fire)

4. ทำการวัดค่าร้อยละของออกซิเจน ($\%O_2$) ค่าร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ ($\%CO_2$) และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO เป็น ppm) ในก๊าซไอเสีย

5. พิจารณาผลการวัดก๊าซไอเสียและกำหนดแนวทางการปรับปริมาณอากาศตามกรณี และเกณฑ์ในตารางที่ 6-14

6. เปิดฝากล่องชุดสวิตช์ลูกเบี้ยว (Limit switch) และตรวจสอบตำแหน่งลูกเบี้ยวที่ควบคุมแดมเปอร์ในภาวะไฟน้อย (Low fire) ว่าอยู่ในช่วงองศาที่กำหนดไว้ในข้อมูลจำเพาะ (Specification) หรือไม่

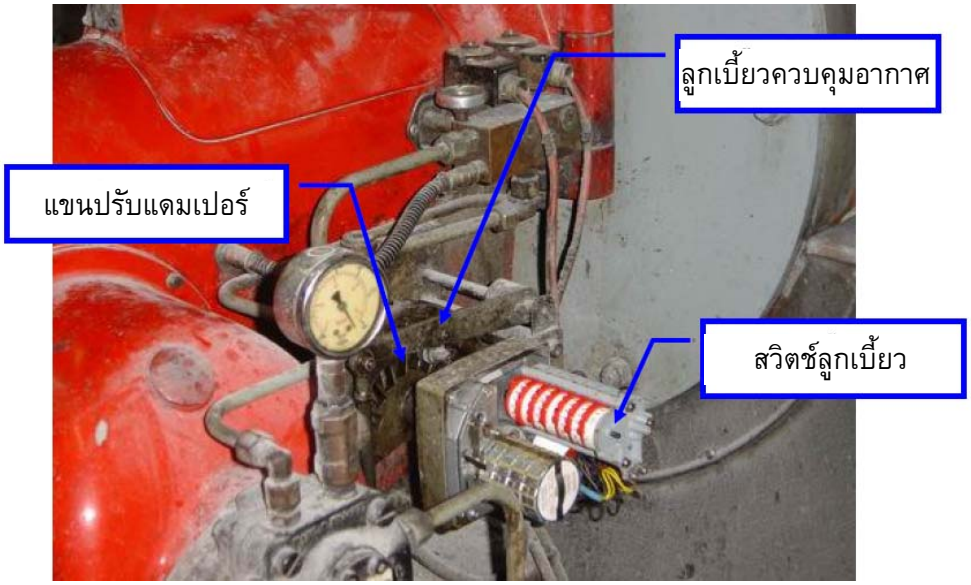
7. ปรับปริมาณอากาศให้มากขึ้นหรือน้อยลงตามที่พิจารณาจากข้อ 5 การปรับสามารถทำได้โดยคลายสกรูล็อค สกรูปรับแต่งแถบสปริง (Spring band) แล้วใช้ประแจหกเหลี่ยมปรับที่ตัวสกรูให้ขึ้นหรือลง เพื่อปรับปริมาณอากาศให้มากขึ้นหรือน้อยลง การปรับควรปรับทีละน้อยพร้อมกับตรวจสอบค่า $\%O_2$ $\%CO_2$ และ CO ให้อยู่ในเกณฑ์ แล้วทำการล็อคน๊อตเพื่อไม่ให้สกรูปรับแต่งแถบสปริงเคลื่อนตัวได้

8. ปรับสวิตช์ควบคุมให้หัวเผาทำงานที่ตำแหน่งไฟมาก

9. ตรวจสอบตำแหน่งที่ลูกเบี้ยวที่ควบคุมแดมเปอร์ในภาวะไฟมากว่าอยู่ในช่ององศาตามที่ข้อมูลจำเพาะกำหนดหรือไม่

10. ปฏิบัติเหมือนกับข้อ 4 ถึง ข้อ 7 แต่ตำแหน่งสกรูปรับแต่งแถบสปริงที่ทำการปรับปริมาณอากาศคือตำแหน่งที่ไฟมาก

11. การปรับปริมาณอากาศทั้ง 2 ตำแหน่ง ต้องปรับแต่งที่ตำแหน่งที่อยู่ระหว่างกลางของไฟน้อยและไฟมากด้วย ซึ่งทำได้โดยการปรับไล่ระดับแถบสปริงให้มีลักษณะเรียบ ไม่สูงโด่ง



รูปที่ 6-38 สวิตช์ลูกเบี้ยวและลูกเบี้ยวควบคุมอากาศ

5) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่อง

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่อง (Pressure atomized modulating burner) มีลักษณะการทำงานเหมือนกับหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน ทั้งในเรื่องของการทำงานของหัวฉีด การควบคุมน้ำมัน และการควบคุมอากาศ แต่ระดับการทำงานมีมากกว่า 10-20 ระดับ มีแผงวงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการทำงาน โดยอาศัยสัญญาณไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ได้รับจากอุปกรณ์วัดความดันไอน้ำ ทำให้สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง การปรับแต่งหัวเผาแบบต่อเนื่อง มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันเตา ก่อนเข้าหัวฉีด (Nozzle) ให้มีอุณหภูมิระหว่าง 100-120 $^{\circ}$C

2. ตรวจสอบระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับแผ่นกระจายลม (Air diffuser) ให้มีระยะตามที่กำหนดในคู่มือ

3. ปรับตั้งความดันของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil pump) ให้เป็นไปตามที่กำหนดในคู่มือ ตามรุ่นของหัวเผาน้ำมันเชื้อเพลิง

4. สังเกตควันดำด้วยตาเปล่า ถ้ามีควันดำให้เพิ่มประมาณอากาศ จนไม่มีควัน

5. ตรวจวัดปริมาณ O_2 หรือ CO_2 โดยมีปริมาณ O_2 ประมาณ 3.5-4.5% หรือปริมาณ CO_2 12.5-13.5%

6. ตรวจวัดปริมาณ CO ว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษหรือไม่ ถ้าเกินให้กลับไปตรวจสอบ อุณหภูมิน้ำมัน และแรงดันน้ำมัน รวมทั้งหัวฉีดของตัวหัวพ่นว่าผิดปรกติหรือไม่

7. วัดอุณหภูมิปล่องไอเสีย ที่ตำแหน่งตรวจวัดก๊าซ โดยตำแหน่งนี้อยู่ที่ทางออกของปล่องไอเสีย และต้องไม่มีการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาเจือปน โดยที่อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากหม้อน้ำต้องเป็นไปตามสมการข้างต้น

กรณีที่เกิดควันดำให้ทำการปรับแต่งหัวเผาเพิ่มเติมดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะจุดนำ (ตำแหน่งของลิมิตสวิตช์หมายเลข 3 ปรกติตั้งไว้ประมาณ 25-30 องศา) ให้ทำการขันน็อตที่แคมปรับลมเข้า ดังแสดงในรูปที่ 6-39 และ 6-40 เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

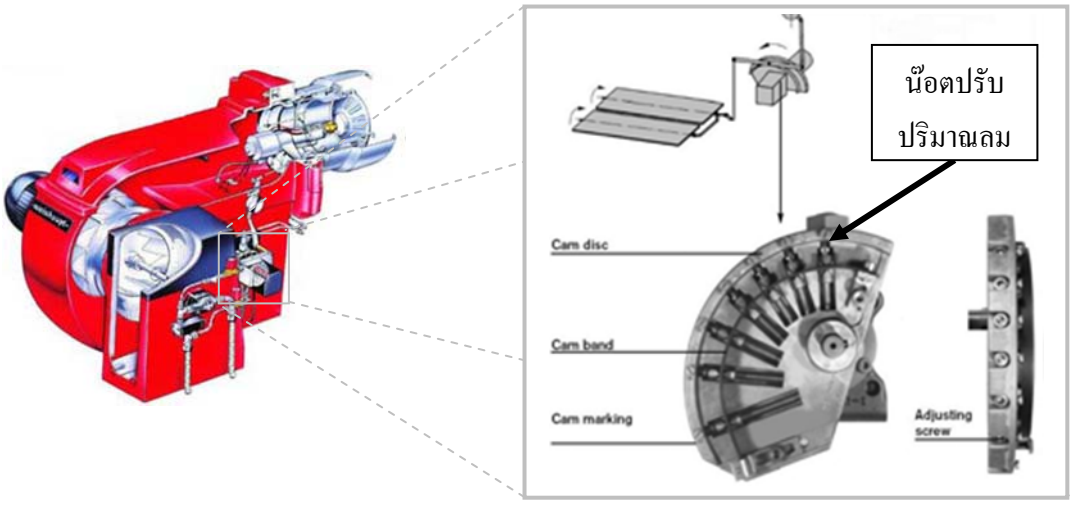
2. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะ Low fire (ตำแหน่งของลิมิตสวิตช์หมายเลข 7 ปรกติตั้งไว้ประมาณ 40-55 องศา) ให้ทำการขันน็อตตัวที่ 2-3 ที่แคมปรับลมลมเข้า เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

3. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะ High fire (ตำแหน่งของลิมิตสวิตช์หมายเลข 1 ปรกติตั้งไว้ประมาณ 100-130 องศา) ให้ทำการขันน็อตที่ตำแหน่งสูงสุดที่ตรงกับลูกกลิ้งของแขนดึงแดมเปอร์ (Damper) เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

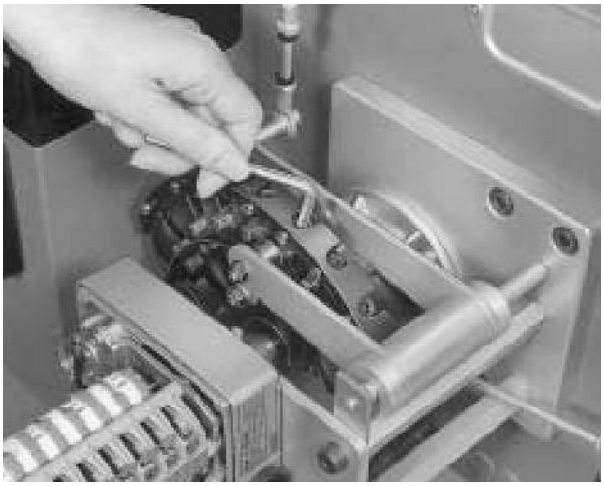
4. ทำการปรับปริมาณลมที่น็อตตำแหน่งอื่นๆ ระหว่างจังหวะ Low fire ถึง High fire โดยใช้สวิตช์บังคับให้มอเตอร์เร่งหรี่หยุดทีละตำแหน่งน็อต ถ้ามีควันดำให้ขันปรับน็อตที่ตำแหน่งนั้นๆ ซึ่งตรงกับลูกกลิ้งของแขนดึงแดมเปอร์ เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

5. ทำจนครบทุกตำแหน่งน็อต (7 ตำแหน่ง)

หมายเหตุ: สำหรับหัวเผาที่มอเตอร์ เร่งหรี่ และแคมลม ต่างผู้ผลิต ต่างรุ่น ให้สังเกตรายละเอียดของหัวเผานั้นประกอบ



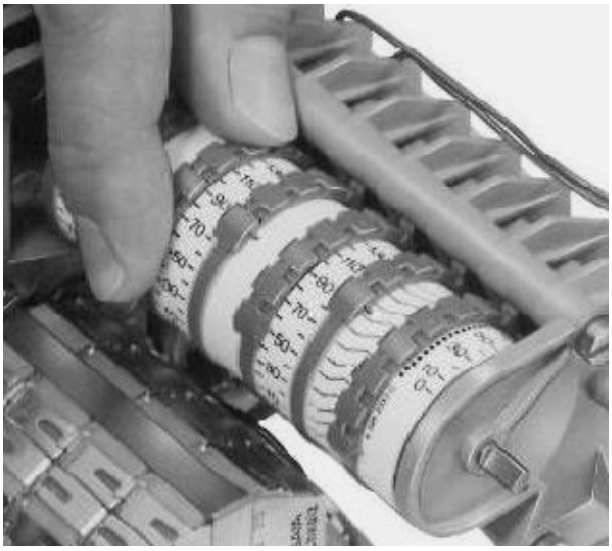
รูปที่ 6-39 น๊อตปรับแต่งปริมาณลม



รูปที่ 6-40 การปรับน๊อตปรับปริมาณลม

6. ตัวอย่างการปรับลิมิตสวิทซ์แบบตั้งค่าตายตัว ดังรูปที่ 6-41 โดยไม่ต้องเปลี่ยนหรือตั้งค่าบ่อยๆ เป็นดังนี้

- ตำแหน่งเริ่มจุดไฟ (Ignition) 25-30 องศา (น๊อตปรับตัวที่ #2-3)
- ตำแหน่งไฟน้อย (Partial load) 40-55 องศา (น๊อตปรับตัวที่ #4)
- ตำแหน่งไฟมากสุด (Full load) 100-130 องศา (น๊อตปรับตัวที่ #6-7)



รูปที่ 6-41 การปรับลิมิตสวิตซ์

7. ทำการปรับปริมาณอากาศส่วนเกินให้ได้ค่าต่างๆ ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งการทำงานของหัวเผาและน๊อตปรับปริมาณลมดังต่อไปนี้

7.1 ตำแหน่งการจุดไฟ ให้ปรับตั้งน๊อตปรับปริมาณลมตัวที่ 2-3 จนกระทั่งได้ค่า

- CO_2 ประมาณ 11-14 %

- O_2 ประมาณ 2-6 %
- เขม่า (Soot No.) ประมาณ เบอร์ 3

7.2 ตำแหน่งที่หัวเผาให้ไฟน้อย ให้ปรับตั้งน๊อตปรับปริมาณลมตัวที่ 4-5 จนกระทั่งได้ค่า

- CO_2 ประมาณ 11-14 %
- O_2 ประมาณ 2-6 %
- เขม่า (Soot No.) ประมาณ เบอร์ 3

7.3 ตำแหน่งที่หัวเผาให้ไฟมากสุด ให้ปรับตั้งน๊อตปรับปริมาณลมตัวที่ 6-7 จนกระทั่งได้ค่า

- CO_2 ประมาณ 11-14 %
- O_2 ประมาณ 2-6 %
- เขม่า (Soot No.) ประมาณ เบอร์ 3

6) การปรับแต่งหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้อากาศหรือไอน้ำ ควบคุมแบบต่อเนื่อง

หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้อากาศหรือไอน้ำ เกือบทั้งหมดเป็นการควบคุมแบบต่อเนื่อง (Air or steam atomized modulating burner) มีการทำงานคล้ายกับหัวเผาชนิดพ่นฝอยด้วยแรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่อง แต่ต่างกันตรงที่กลไกการฉีดน้ำมันที่หัวฉีดใช้แรงดันอากาศหรือไอน้ำช่วยในการฉีดให้เป็นฝอย มีการจ่ายน้ำมันผ่านหัวฉีดเพียงหัวเดียว การควบคุมปริมาณน้ำมันเป็นแบบใช้เซอร์โวมอเตอร์ขับลูกเบี้ยวไปกดวาล์วควบคุมน้ำมัน (Metering cam) ให้เปิดมากน้อยตามที่ปรับตั้งไว้ ส่วนการควบคุมอากาศทำได้โดยกลไกที่เชื่อมโยงกับเพลาของเซอร์โวมอเตอร์ โดยแขนกลไกที่เชื่อมต่อมาจะหมุนลูกเบี้ยวและเปิด-ปิดแดมเปอร์ลม (Rotary damper) ให้สอดคล้องกับตำแหน่งการเปิดปิดของวาล์วน้ำมัน การปรับแต่งหัวเผาแบบใช้อากาศชนิดต่อเนื่อง มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันเตา ก่อนเข้าหัวฉีด (Nozzle) ให้มีอุณหภูมิระหว่าง 95-105 °C

2. ปรับตั้งแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil pressure) ให้เป็นไปตามที่กำหนดในคู่มือ ตามรุ่นของหัวเผาเชื้อเพลิงที่กำหนด สำหรับหัวเผาแบบใช้อากาศ แรงดันก่อนเข้าชุดจ่ายน้ำมันมีค่าประมาณ 70-90 psi

3. ปรับตั้งแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ชุดควบคุมน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 6-42 ให้เหลือ 35-45 psi และปรับตั้งแรงดันน้ำมันขากลับจากชุดควบคุมน้ำมันให้ต่ำกว่าขาเข้า 10 psi (อยู่ที่ประมาณ 25-35 psi)

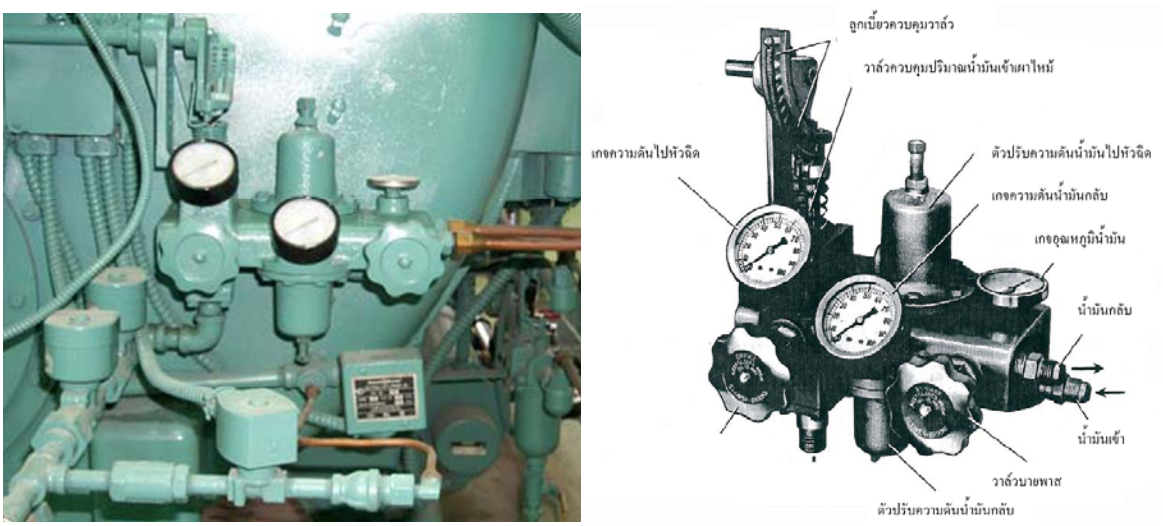
4. ตรวจสอบแรงดันลมจากปั๊มลมที่เข้าหัวพ่นไฟ จะต้องไม่ต่ำกว่า 10 psi (ตอนเครื่องเร่งสุดจะต้องไม่ต่ำกว่า 15 psi)

5. สังเกตควันดำด้วยตาเปล่า ถ้ามีควันดำให้เพิ่มประมาณอากาศ จนไม่มีควัน

6. ตรวจวัดปริมาณ O_2 หรือ CO_2 โดยมีปริมาณ O_2 ประมาณ 3.5-4.5% หรือปริมาณ CO_2 12.5-13.5%

7. ตรวจวัดปริมาณ CO ว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษหรือไม่ ถ้าเกินให้กลับไปตรวจสอบ อุณหภูมิน้ำมัน และแรงดันน้ำมัน รวมทั้งหัวฉีดของตัวหัวพ่นว่าผิดปรกติหรือไม่

8. วัดอุณหภูมิปล่องไอเสีย ที่ตำแหน่งตรวจวัดก๊าซ โดยตำแหน่งนี้อยู่ที่ทางออกของปล่องไอเสีย และต้องไม่มีการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาเจือปน โดยที่อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากหม้อน้ำต้องเป็นไปตามสมการข้างต้น



รูปที่ 6-42 ชุดควบคุมความดันของน้ำมันเชื้อเพลิง

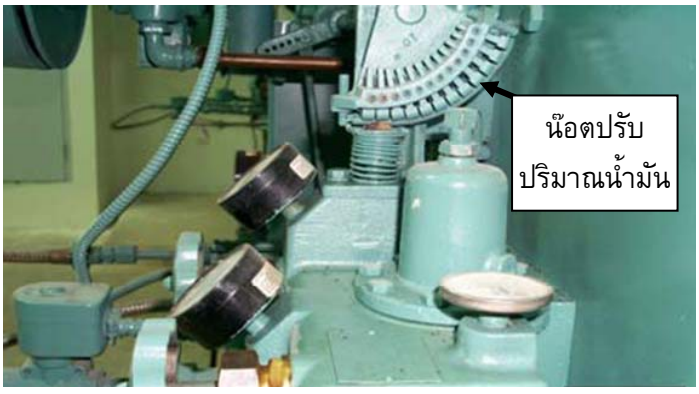
กรณีที่เกิดควันดำให้ทำการปรับแต่งหัวเผาเพิ่มเติมดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะจุด ให้ทำการขันน็อตที่แคมปรับปริมาณน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 6-43 ตำแหน่งที่ 1 เข้า เพื่อลดปริมาณน้ำมันทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

2. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะ Low fire (ตำแหน่งของลิมิตสวิตช์หมายเลข 7 ปรกติตั้งไว้ประมาณ 40-55 องศา) ให้ทำการขันน็อตตัวที่ 2-3 ที่แคมปรับปริมาณน้ำมันเข้า เพื่อลดปริมาณน้ำมันทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

3. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะ High fire (ตำแหน่งของลิมิตสวิตช์หมายเลข 1 ปรกติตั้งไว้ประมาณ 100-130 องศา) ให้ทำการขันน็อตที่ตำแหน่งสูงสุดที่ตรงกับลูกกลิ้งของแขนดึงแดมเปอร์ เพื่อลดปริมาณน้ำมันทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

4. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะเร่ง ให้ทำการปรับปริมาณน้ำมันที่น็อตตำแหน่งอื่น (ตำแหน่งที่ 2-12) ระหว่างจังหวะ Low fire ถึง High fire โดยใช้สวิตช์บังคับให้มอเตอร์เร่งหรี่หยุดทีละตำแหน่งน็อต ถ้าควันดำที่ตำแหน่งน็อตใด ให้ขันน็อตที่ตำแหน่งนั้นๆ ที่ตรงกับลูกกลิ้งของแขนดึงแดมเปอร์ เพื่อลดปริมาณน้ำมันทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ



รูปที่ 6-43 น็อตปรับปริมาณน้ำมัน

7) การปรับแต่งหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน ควบคุมแบบต่อเนื่อง

หัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน เกือบทั้งหมดเป็นการควบคุมแบบต่อเนื่อง (Rotary cup modulating burner) มีลักษณะการทำงานเหมือนกับหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้แรงดันน้ำมัน ควบคุมแบบต่อเนื่อง ทั้งในเรื่องของการควบคุมน้ำมันเป็นแบบใช้เซอร์โวมอเตอร์ขับวาล์วควบคุมน้ำมัน และเชื่อมโยงกับกลไกการควบคุมอากาศด้วยแดมเปอร์ หัวเผามีระดับการทำงาน 10-20 ระดับ มีแผงวงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการทำงาน โดยอาศัยสัญญาณไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ได้รับจากอุปกรณ์วัดความดันไอน้ำ ทำให้สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แต่ต่างกันตรงที่กลไกการทำให้น้ำมันให้เป็นฝอยซึ่งใช้ถ้วยหมุนสลัดน้ำมันเป็นฝอยโดยอาศัยแรงเหวี่ยง การปรับแต่งหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน ควบคุมแบบต่อเนื่อง มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันเตา ก่อนเข้าถ้วยเหวี่ยง ให้มีอุณหภูมิระหว่าง 70-90 °C ขึ้นกับชนิดของน้ำมัน โดยที่น้ำมันเตา A ใช้อุณหภูมิ 70-75 °C ส่วนน้ำมันเตา C ใช้อุณหภูมิ 80-85 °C

2. ปรับตั้งความดันน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นไปตามข้อกำหนดในคู่มือตามรุ่นของหัวเผา สำหรับหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน โดยทั่วไปใช้ความดัน 2-3 bar

3. เช็คความตึงของสายพาน และความเร็วรอบการหมุนของถ้วยให้ได้ประมาณ 3,500-4,000 รอบต่อนาที ทั้งนี้ขึ้นกับข้อกำหนดของผู้ผลิต

4. สังเกตควันดำด้วยตาเปล่า ถ้ามีควันดำให้เพิ่มปริมาณอากาศต่อไปจนไม่มีควัน

5. ตรวจวัดปริมาณ O_2 หรือ CO_2 โดยให้มีค่า O_2 ประมาณ 3.5-4.5% หรือให้ CO2 มีค่าประมาณ 12.5-13.5%

6. ตรวจวัดปริมาณ CO มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษหรือไม่ ถ้าสูงกว่าให้กลับไปตรวจสอบ อุณหภูมิน้ำมัน และความดันน้ำมันว่าสูงกว่าปรกติหรือไม่ รวมทั้งถ้วยเหวี่ยงว่ามีสภาพผิดปรกติหรือไม่

7. วัดอุณหภูมิปล่องไอเสีย ที่ตำแหน่งตรวจวัดก๊าซ โดยตำแหน่งนี้อยู่ที่ทางออกของปล่องไอเสีย และต้องไม่มีการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาเจือปน โดยที่อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากหม้อน้ำต้องเป็นไปตามสมการข้างต้น

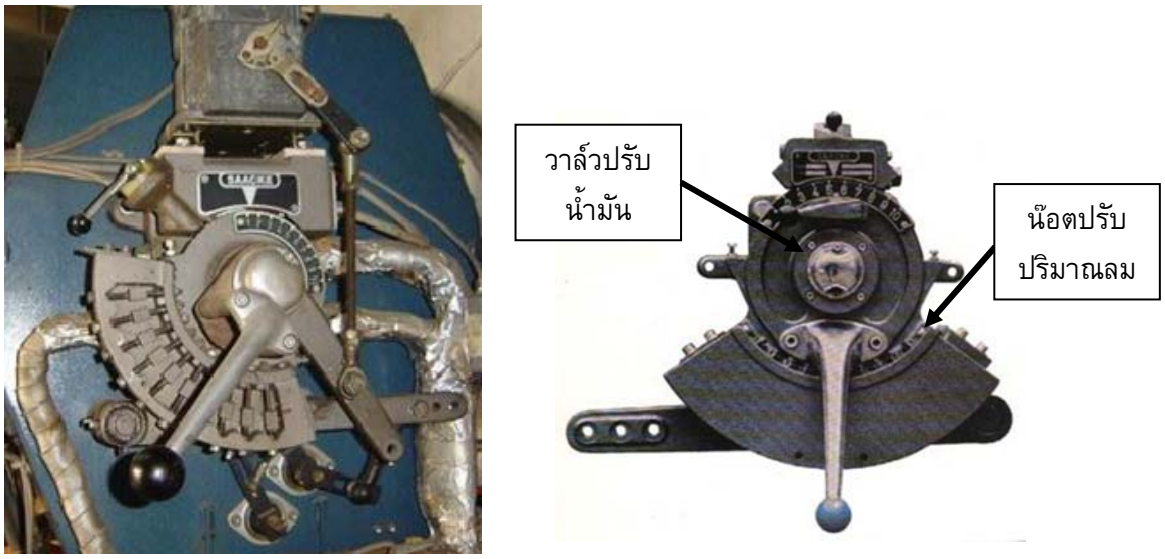
กรณีที่เกิดควันดำให้ทำการปรับแต่งหัวเผาเพิ่มเติมดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะจุด ให้ขันน๊อตตำแหน่งที่ 1 ในทิศทางที่เพิ่มอากาศทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ วาล์วปรับน้ำมันและน๊อตปรับปริมาณลมแสดงในรูปที่ 6-44

2. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะ Low fire ให้ขันน๊อตประมาณตัวที่ 2-3 ที่แคมปรับลม เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

3. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะ High fire ให้ขันน๊อตที่ตำแหน่ง 8-10 ให้ตรงกับลูกกลิ้งของแขนดึงแดมเปอร์ เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ

4. ถ้าหากมีควันดำตอนจังหวะเร่ง ให้ทำการปรับปริมาณลมที่น๊อตตำแหน่งอื่น (ตำแหน่งที่ 2-10) ระหว่างจังหวะ Low fire ถึง High fire โดยใช้สวิตซ์บังคับให้มอเตอร์เร่งหรี่หยุดทีละตำแหน่งน๊อต ถ้าเกิดควันดำขึ้นที่ตำแหน่งน๊อตใด ให้ขันน๊อตที่ตำแหน่งนั้นๆ ที่ตรงกับลูกกลิ้งของแขนดึงแดมเปอร์ เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศทีละน้อยๆ จนกระทั่งไม่มีควันดำ



รูปที่ 6-44 วาล์วปรับน้ำมันและน๊อตปรับปริมาณลม

6.4.4 การปรับแต่งหัวเผาจากการสังเกตเปลวไฟด้วยตาเปล่า

โรงงานเป็นจำนวนมากที่ไม่มีเครื่องวิเคราะห์ไอเสียออกจากปล่องไอเสีย เจ้าหน้าที่ดูแลหม้อน้ำควรเรียนรู้วิธีสังเกตเปลวไฟด้วยตาเปล่าในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา ว่าเมื่อเผาไหม้สมบูรณ์ดีหรือผิดปรกติเปลวไฟมีลักษณะเป็นอย่างไรบ้าง ซึ่งพอจะสรุปเป็น 2 กรณีได้ดังนี้

1) หม้อน้ำที่ไม่มีกระจกดูไฟท้ายเตา มีแต่กระจกด้านหน้าเตารูเล็กๆ ดังรูปที่ 6-45 จะมองไม่เห็นเปลวไฟทั้งหมด ดูได้แต่เพียงว่ามีแสงสว่างส่องออกมาจากกระจก ถ้าการเผาไหม้ดี ปริมาณอากาศเหมาะสม แสงจะสว่างมาก และแสงจะนิ่งไม่มีกระพือ ถ้าปริมาณอากาศน้อยกว่าค่าที่เหมาะสมแล้ว แสงจะออกสีคล้ำๆ หรือดำๆ ถ้าปริมาณอากาศมากเกินพอ แสงจะออกสีขาวและมีการกระพือเป็นแสงวับๆ ความจริงแล้วกระจกช่องเล็กๆ หน้าเตานั้นมีไว้ให้รู้ว่าเตาติดไฟอยู่หรือเตาดับเท่านั้น ไม่สามารถสังเกตรายละเอียดของเปลวไฟได้มาก

รูปที่ 6-45 กระจกดูไฟหน้าเตา

2) หม้อน้ำที่มีกระจกดูไฟท้ายเตา ดังรูปที่ 4-39 วิธีดูให้ได้ชัดเจนและเป็นประโยชน์มากที่สุด คือ ต้องให้ดวงตาที่ดูเข้าไปชิดกระจกให้มากที่สุด การดูรูปร่างและสีของเปลวไฟสามารถคาดคะเนปริมาณส่วนอากาศเกินได้ ทั้งนี้ต้องอาศัยประสบการณ์และการดูบ่อยๆ จนชำนาญ ปริมาณอากาศส่วนเกินที่เกิดขึ้นและลักษณะเปลวไฟที่สังเกตได้ สามารถสรุปได้ดังนี้

(ก) ถ้าการเผาไหม้ใช้อากาศส่วนเกินที่เหมาะสม ขณะเผาไหม้ที่ไฟมาก (High fire) เปลวไฟจะเป็นพุ่มเต็มตา มีสีแสด และค่อนข้างนิ่งอยู่ตัว มองเห็นส่วนลึกของเตาได้รางๆ ปลายเปลวไฟจะมีสีคล้ำนิดๆ และเมื่อหรี่การเผาไหม้ลงไปที่ไฟน้อย (Low fire) เปลวไฟจะหดลงเหลือประมาณ 1/5 ของความยาวเตา ลักษณะเปลวยังคงเป็นพุ่มเปลวมีสีแดงจ้าและนิ่ง นอกจากนี้ ควรสังเกตด้วยว่าเปลวไฟควรอยู่กึ่งกลางเตาไม่เอียงไปซ้าย-ขวา หรือสูง-ต่ำ รวมทั้งจะเห็นอิฐทนไฟที่ก่อหน้าเตารอบๆ กรวยไฟว่ามีสภาพดี หรือชำรุด อิฐร่วง หรือเปล่า

(ข) ถ้าการเผาไหม้ที่ใช้อากาศส่วนเกินน้อยเกินไป ภายในเตาทั้งหมดมีสีแดงคล้ำและมีควัน ดำที่ปากปล่อง การแก้ไขจะต้องเพิ่มอากาศที่เกินโดยเปิดแดมเปอร์อากาศให้มากขึ้น หรือลดปริมาณน้ำมันลงให้น้อยลงจนควันดำที่ปากปล่องหายไป

(ค) ถ้าการเผาไหม้ที่ใช้อากาศส่วนเกินมากเกินไป เปลวไฟเล็ก สั้นลง มีสีขาวสว่างจ้าและเปลวไฟไม่นิ่ง สะบัดไปมารุนแรง มีสะเก็ดไฟและเป็นพะเนียงเพราะเม็ดน้ำมันโตๆ เผาไหม้ไม่ทันจึงดับลงกลายเป็นเขม่า (Soot) และบางครั้งเม็ดน้ำมันโตๆ พุ่งตกสะสมในเตาหรือผนังข้างเตา เกิดเป็นก้อนถ่านโค้ก (Coke deposit) สะสมโตขึ้นเรื่อยๆ จนอาจบังเปลวไฟ เกิดไฟตีกลับและไฟไหม้ได้ ขณะเผาไหม้ที่ไฟน้อยเปลวไฟจะสั้นลงอย่างมากมีสีขาวจ้า มีสะเก็ดไฟและเปลวไฟสะบัดไปมารุนแรงไม่นิ่ง การแก้ไขในกรณีนี้โดยหรี่อากาศลงหรือเพิ่มปริมาณน้ำมันให้มากขึ้นถึงจุดที่พอเหมาะ เปลวไฟจะยาวขึ้นทันทีและมีสีแดงจ้า

(ง) ในกรณีป้อนอากาศมากเกินไป แต่ยังมีควันดำ อาจเป็นเพราะการผสม (Mixing) อากาศและฝอยน้ำมันไม่ดี ต้องตรวจสอบระบบหัวเผา เช่น อุณหภูมิการอุ่นน้ำมันเตา ความดันน้ำมันพ่นฝอย หรือความดันอากาศหรือไอน้ำที่ใช้พ่นฝอย หรือตำแหน่งของแผ่นกระจายลม เป็นต้น

6.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบหัวเผาและระบบเชื้อเพลิง

การขาดการบำรุงรักษาอุปกรณ์หัวเผา หัวฉีดน้ำมันที่สกปรก สึกกร่อนเสียรูป และการตั้งความดันน้ำมันไม่ถูกต้อง ล้วนมีผลทำให้ความสามารถในการฉีดน้ำมันให้เป็นละอองขนาดเล็กลดลง รวมทั้งการที่หัวเผามีขนาดใหญ่เกินไปทำให้ต้องดับหัวเผาบ่อยๆ จะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมลดต่ำลงเช่นกัน ในการเดินหม้อน้ำและการควบคุมไอน้ำ อาจเกิดปัญหาและข้อขัดข้องขึ้นได้ ซึ่งสามารถหาแนวทางการแก้ไขได้ดังตารางที่ 6-16

เนื่องจากหัวเผาเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ย่อยหลายๆ ส่วน ซึ่งทำหน้าที่สนับสนุนให้เกิดการเผาไหม้ ดังนั้นจึงอาจเกิดปัญหาขึ้นกับอุปกรณ์ภายในหัวเผาดังต่อไปนี้ด้วย

1) หัวฉีดเชื้อเพลิง

ปัญหา: คราบน้ำมันจับตัวบนหัวฉีด (ดังรูปที่ 6-46)

เกิดจากสาเหตุ:
1. ทิศทางการฉีดน้ำมันไม่เหมาะสม เช่น น้ำมันฉีดโดนเขี้ยวสปาร์ค หรือกระจังลม
2. หัวฉีดสึก (ควรพิจารณาควบคู่กับอายุการใช้งาน)
3. อุณหภูมิเชื้อเพลิงต่ำกว่าเกณฑ์

การแก้ไข:
1. ปรับตั้งระยะเขี้ยวสปาร์ค หรือตำแหน่งกระจังลมใหม่
2. เปลี่ยนหัวฉีดใหม่

3. ทำความสะอาดฮีตเตอร์และปรับอุณหภูมิระบบให้ความร้อนแก่เชื้อเพลิงใหม่ให้เหมาะสมตามเกณฑ์

รูปที่ 6-46 คราบน้ำมันที่จับตัวบนหัวฉีดและเขี้ยวสปาร์ค

ปัญหา: รูหัวฉีดเสียรูป
เกิดจากสาเหตุ: 1. ใช้งานมานาน
2. เชื้อเพลิงสกปรก
3. การบำรุงรักษาผิดวิธี
การแก้ไข: 1. เปลี่ยนหัวฉีดใหม่
2. เปลี่ยนแหล่งจำหน่ายเชื้อเพลิง และติดตั้งตัวกรองเชื้อเพลิง
3. ห้ามใช้ของแข็งหรือของมีคมแยงรูหัวฉีด
คำแนะนำ: 1. หัวฉีดที่ใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ควรเปลี่ยนใหม่เมื่อใช้งานเกิน 6 เดือน
2. หัวฉีดที่ใช้งาน 8-12 ชั่วโมงต่อวัน ควรเปลี่ยนใหม่เมื่อใช้งานเกิน 12 เดือน

2) กระจังลม

ปัญหา: คราบน้ำมันจับตัวบนกระจังลม (ดังรูปที่ 6-47)
เกิดจากสาเหตุ: ทิศทางการฉีดน้ำมันไม่เหมาะสม เช่น น้ำมันฉีดโดนกระจังลม
การแก้ไข: ปรับตั้งระยะหรือตำแหน่งกระจังลมใหม่ให้ตรงตามที่ผู้ผลิตแนะนำ
ปัญหา: กระจังลมเบี้ยว หรือพบเปลวไฟเบี้ยว มีทิศทางไม่เหมาะสม
เกิดจากสาเหตุ: การปรับตั้งระยะหรือตำแหน่งกระจังลมไม่เหมาะสม หรือกระจังลมชำรุด
การแก้ไข: ปรับตั้งระยะหรือตำแหน่งกระจังลมใหม่ ให้ตรงตามที่ผู้ผลิตแนะนำ หรือเปลี่ยนใหม่หากการเบี้ยวเกิดจากการชำรุด
คำแนะนำ: ปรับตั้งกระจังลมโดยทำการวัดระยะห่างระหว่างปากหัวเผาและกระจังลมทั้งหมด 3 จุดรอบตัวกระจังลม แล้วปรับให้มีระยะดังกล่าวเท่ากันทุกจุด

รูปที่ 6-47 คราบน้ำมันบนกระจังลม

3) เขี้ยวสปาร์ค

ปัญหา: คราบน้ำมันจับตัวบนเขี้ยวสปาร์ค (ดังรูปที่ 6-48)
เกิดจากสาเหตุ: ทิศทางการฉีดน้ำมันไม่เหมาะสม เช่น น้ำมันฉีดโดนเขี้ยวสปาร์ค
การแก้ไข: ปรับตั้งระยะเขี้ยวสปาร์คใหม่ ให้ตรงตามที่ผู้ผลิตแนะนำ
ปัญหา: เขี้ยวสปาร์คไม่ทำงาน
เกิดจากสาเหตุ: 1. กระแสไฟฟ้าเข้าตัวเขี้ยวสปาร์คมีการรั่วไหลลงดิน
2. มีคราบน้ำมันจับบนเขี้ยวสปาร์คมาก
การแก้ไข: 1. ตรวจสอบระบบไฟฟ้า
2. ทำความสะอาดคราบน้ำมัน และตั้งระยะเขี้ยวสปาร์คใหม่

4) กรวยไฟ

ปัญหา: รูปร่างของกรวยไฟเสียรูปไปจากเดิม (ดังรูปที่ 6-49)
เกิดจากสาเหตุ: เปลวไฟเผาปลายกรวยไฟ
การแก้ไข: ปรับตั้งระยะหรือตำแหน่งกระจังลมใหม่ ให้เปลวไฟพันกรวยไฟ
ปัญหา: คราบน้ำมันจับตัวบนกรวยไฟ (ดังรูปที่ 6-50)
เกิดจากสาเหตุ: 1. หัวฉีดสึก
2. อุณหภูมิเชื้อเพลิงต่ำกว่าเกณฑ์
3. เชื้อเพลิงสกปรก
การแก้ไข: 1. เปลี่ยนหัวฉีดใหม่
2. ทำความสะอาดฮีตเตอร์และปรับอุณหภูมิระบบให้ความร้อนแก่เชื้อเพลิงใหม่ให้เหมาะสมตามเกณฑ์
3. เปลี่ยนแหล่งจำหน่ายเชื้อเพลิง และติดตั้งตัวกรองเชื้อเพลิง

รูปที่ 6-49 กรวยไฟที่สึกหรอและเสียรูป

รูปที่ 6-50 คราบน้ำมันบนกรวยไฟ

5) ระบบควบคุมการเผาไหม้

ปัญหา: ไม่สามารถควบคุมการเผาไหม้ได้

เกิดจากสาเหตุ: 1. การต่อวงจรไฟฟ้าไม่ถูกต้อง
2. อุปกรณ์ชุดควบคุมการเผาไหม้ชำรุด

การแก้ไข: 1. ตรวจสอบระบบไฟฟ้า
2. ซ่อมแซม หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด

6) ระบบหมุนเวียนเปลวไฟและไอเสีย

ปัญหา: เปลวไฟเกิดการลัดทางไฟ

เกิดจากสาเหตุ: 1. อุณหภูมิปล่องไอเสียสูงมากกว่า 300 $^{\circ}$C
2. ผนังกั้นทางไฟเสียหาย

การแก้ไข: 1. ปรับส่วนสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม
2. ทำผนังกั้นทางไฟใหม่

ตารางที่ 6-16 สาเหตุ และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเผาไหม้

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
จุดไฟไม่ติด	ไม่มีน้ำมัน	ตรวจสอบดูการจ่ายน้ำมัน
	มีน้ำและตะกอนปนอยู่ในน้ำมันมากเกินไป	ติดตั้งตัวกรองในท่อจ่ายน้ำมัน และทำการถ่ายน้ำมันในถังน้ำมันและปลายสายทิ้งเป็นครั้งคราว
	การอุดตันของหัวเผา	ทำความสะอาดหัวเผาสม่ำเสมอ ตรวจสอบการไหลของน้ำมันขณะที่จุดไฟ
	อุณหภูมิของน้ำมันไม่สูงพอ	ตรวจสอบการทำงานของเครื่องอุ่นน้ำมัน ให้อุ่นน้ำมันได้ตามที่ต้องการ เพิ่มความดันน้ำมันเพื่อช่วยการพ่นฝอยของน้ำมัน
	ในกรณีที่น้ำและ Sludge เข้าไปในท่อ	ติดตั้งตัวกรองน้ำและตรวจสอบอยู่เสมอ เปิดถ่ายถังน้ำมันและสายท่อเป็นประจำอยู่เสมอ
	Flash point สูงเกินไป	จำเป็นต้องมีเปลวไฟสำหรับจุดติดไฟเพียงพอในบางกรณีต้องเตรียมหัวเผา สำหรับจุดติดไฟไว้
	ไม่มีอากาศ	ตรวจสอบยืนยันแรงลมไหลผ่าน ตรวจสอบปริมาณการเปิดของแดมเปอร์
	ปล่องควันอุดตัน	ทำความสะอาดปากทางดูดเข้า ปล่องควัน และรูถ่ายเทอากาศเป็นประจำอยู่เสมอ
	มี Sludge น้ำและสิ่งเจือปนอื่นๆ อยู่ในน้ำมัน	ต้องติดตั้งตัวกรองน้ำมัน เปิดถ่ายถังน้ำมันและสายท่อเป็นประจำอยู่เสมอ
	ความหนืดสูงเกินไป	เพิ่มอุณหภูมิที่ทำให้ร้อน เพิ่มความดันที่ใช้พ่น
	ขนาดของหัวเผาใหญ่เกินไป	ติดตั้ง Burner tile ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมการแผ่รังสีความร้อน
	ความดันของอากาศ น้ำมันไม่สม่ำเสมอ	ติดตั้ง Pressure reduction valve และ Pressure relief valve เพื่อรักษาความดันให้สม่ำเสมอ
	อัตราการไหลของอากาศปฐมภูมิสูงเกินไป	ปรับปริมาณอากาศตามข้อกำหนดของหัวเผานั้นๆ
เปลวไฟไม่สม่ำเสมอ	มีน้ำและตะกอนปนอยู่ในน้ำมันมากเกินไป	ติดตั้งตัวกรองในท่อจ่ายน้ำมัน และทำการถ่ายน้ำมันในถังน้ำมันและปลายสายทิ้งเป็นครั้งคราว
	ความหนืดน้ำมันสูงเกินไป	เพิ่มอุณหภูมิในการอุ่นน้ำมัน และ/หรือ เพิ่มความดันในการฉีดพ่นน้ำมัน
	ความดันของอากาศหรือน้ำมันไม่สม่ำเสมอ	ตรวจสอบหรือติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความดัน และปรับความดันและอัตราการไหลให้เหมาะสม

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
เปลวไฟไม่สม่ำเสมอ (ต่อ)	มีอากาศในท่อจ่ายน้ำมัน	ติดตั้งตัวระบายอากาศในท่อน้ำมัน
	น้ำมันที่ปั๊มดูดไม่พอ	เพิ่มขนาดปั๊มให้ใหญ่ขึ้น เพิ่มขนาดท่อดูดน้ำมัน
	อุ่นเชื้อเพลิงอุณหภูมิสูงเกินไป	ป้องกันการเกิดของฟองอากาศโดยติดตั้งตัวระบายอากาศที่ท่อ
มีการสะสมของคาร์บอนที่ปากหัวเผา	ความหนืดน้ำมันสูงเกินไป	เพิ่มอุณหภูมิในการอุ่นน้ำมัน และ/หรือ เพิ่มความดันในการฉีดพ่นน้ำมัน
	การฉีดน้ำมัน/อากาศไม่ดี	ปรับปริมาณอากาศปฐมภูมิให้เหมาะสม
	น้ำมันไหลไม่สม่ำเสมอ	รักษาความดันและอุณหภูมิของน้ำมันให้คงที่
	เกิดการรั่วซึมของน้ำมันหลังจากดับไฟแล้ว	เป่าน้ำมันที่ตกค้างในหัวเผาทิ้งให้หมดจดที่สุดเท่าที่จะทำได้
	การพ่นฝอยน้ำมันไม่สม่ำเสมอ	ตรวจสอบการอุดตันหรือสึกกร่อนของหัวฉีดน้ำมัน
	ความดันของน้ำมันสูงเกินไป	ใช้ความดันที่เหมาะสมกับเครื่องพ่น
	อุณหภูมิน้ำมันให้สูงเกินไป	ปรับอัตราการไหลของน้ำมันและไอน้ำ
	ความดันน้ำมันไม่สม่ำเสมอ	รักษาความดันให้คงที่โดยใช้ Relief valve และทำให้ร้อนจนมีความหนืดคงที่ ทั้งนี้ต้องระวังเหตุขัดข้องที่ปั๊ม
	อากาศไม่เพียงพอ	เพิ่มอัตราการไหลของอากาศขั้นต้น ป้องกันการไหลวนของอากาศขั้นที่สองภายในช่องหัวเผา
	Burner valve เกิดการรั่วไหลหลังจากดับไฟแล้ว	เป่าน้ำมันที่เหลือค้างอยู่ในหัวเผาทิ้งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
	ปริมาณคาร์บอนในน้ำมันมากเกินไป	เพิ่มความดันและอัตราการไหลของอากาศขั้นต้น
	การติดตั้งหัวฉีดไม่ดี	ต้องตั้งไว้ที่ตรงกลางเสมอ
เขม่าควันมาก	ปริมาณอากาศน้อยเกินไป	เพิ่มปริมาณอากาศให้เหมาะสม เพื่อให้น้ำมันมีขนาดเม็ดเล็กลง
	การพ่นฝอยน้ำมันไม่ดี	ตรวจสอบหัวฉีดให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และควบคุมความดันและอุณหภูมิน้ำมันให้ถูกต้องตามชนิดของน้ำมันที่ใช้
	การเผาไหม้ไม่ดี	ปรับการฉีดพ่นให้สมบูรณ์และเหมาะสม
	ปริมาณการเผาไหม้มากเกินไป	ระมัดระวังความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของ ฉ Combustion chamber กับปริมาณน้ำมัน
	ดูดอากาศเข้าไม่ดี	เพิ่มพื้นที่ของช่องระบายก๊าซเสีย หรือเพิ่มแรงลมไหลผ่าน

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
การเกาะสะสมของคาร์บอนบนผนังเตา	การพ่นเกิดการปะทะผนังเตา	ตั้งมุมฉีดพ่นของหัวฉีดให้แคบลง หรือเพิ่มความกว้างของ Combustion chamber
	ความหนืดมากเกินไป	เพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ เพิ่มความดันของอากาศขั้นต้น
	ความหนืดน้อยเกินไป	ลดเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้
	ความดันของน้ำมันสูงเกินไป	ป้องกันไม่ให้น้ำมันที่ยังไม่เผาไหม้ไปเกาะผนังเตา
	ความดันของอากาศฉีดสูงเกินไป	ป้องกันไม่ให้น้ำมันที่ยังไม่เผาไหม้ไปเกาะผนังเตา
	อุณหภูมิในเตาลดต่ำลง	หลีกเหลี่ยงการเผาไหม้ปริมาณสูงอย่างกะทันหัน
	ความกว้างของเตาน้อยไป	ออกแบบให้ปริมาณการเผาไหม้และมุมฉีดพ่นของหัวเผาให้เหมาะสมกัน
การอุดตันของปากหัวเผา	Sludge และสิ่งเจือปนอื่น ๆ	ปรังปรุงตัวกรอง และ Heater เป็นต้น ให้สมบูรณ์
	การเกาะสะสมของคาร์บอนที่ปากหัวเผา	ทำความสะอาดหัวเผาเสมอเวลาดับไฟ ไม่ให้ถูกความร้อนจากการแผ่รังสี ภายในเตาเป็นเวลานาน
การอุดตันของตัวกรอง	Sludge และ Wax content ซึ่งเจือปนอื่นๆ ความหนืดสูงเกินไป อุณหภูมิของน้ำมันต่ำเกินไป	ติดตั้งตัวกรองที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของน้ำมัน
	Sludge และ Wax การแข็งตัวของน้ำมันความหนืดสูงเกินไป เศษผ้า เศษไม้สนิมเหล็ก และสิ่งเจือปนอื่นๆ	เปลี่ยนท่อให้ใหญ่ขึ้น ลดความต้านทานให้น้อยลงใช้ฉนวนกันความร้อน ติดตั้งตัวกรอง เป็นต้น
ปั๊มไม่สามารถดูดน้ำมันเข้าได้	น้ำมันมีอุณหภูมิต่ำ ความหนืดสูงเกินไป ไส้กรองของท่ออุดตัน Sludge ท่อดูดเข้ารั่ว ปั๊มมีการ Slip	อุ่นน้ำมันใหมีความหนืดที่เหมาะสม หมั่นทำความสะอาดไส้กรอง และตรวจสอบการทำงานของปั๊ม
น้ำมันมีการเจือปนของน้ำ	ระบบท่อส่งน้ำมันมีรอยรั่ว การควบแน่นของความชื้นในอากาศ การรั่วไหลของท่อให้ความร้อน น้ำฝนรั่วเข้าเนื่องจากความเสียหายของหลังคาของถังน้ำ	ติดตั้งตัวแยกน้ำในน้ำมันออก
การผุกร่อน	องค์ประกอบของขี้เถ้า กำมะถัน และเกลือในน้ำมัน ไม่เหมาะสม	ตรวจสอบองค์ประกอบของเชื้อเพลิงให้เหมาะสม
การเปลี่ยนสีของอิฐ	องค์ประกอบกำมะถัน เหล็ก และขี้เถ้าอื่นๆ ไม่เหมาะสม	ตรวจสอบองค์ประกอบของเชื้อเพลิงให้เหมาะสม
กลิ่นเหม็นผิดปรกติ	องค์ประกอบกำมะถัน ไม่เหมาะสม	อุณหภูมิของการอุ่นสูงเกินไป องค์ประกอบกำมะถันมีสิ่งเจือปนผิดปรกติ

6.6 การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหัวเผาและระบบเชื้อเพลิง

ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวต้องฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นละอองเพื่อทำการผสมกับอากาศ แต่ถ้าการบำรุงรักษาหัวเผาไม่ดีพอจะเกิดคาร์บอนตกค้างที่ปลายของหัวเผา การแตกตัวเป็นละอองด้อยลง เช่น ขนาดละอองโตขึ้น รูปแบบการกระจายละอองด้อยลง ทำให้การผสมแย่ลง ผลก็คือก่อให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และเกิดบริเวณที่มีอากาศไม่เพียงพอเนื่องจากการกระจายของละอองของเหลวไม่สม่ำเสมอ ในกรณีที่เลวร้ายกว่านั้นคือ รูปร่างเปลวไฟเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก อาจทำให้เปลวไฟไปกระทบกระเบื้องหัวเผา (Burner tile) โดยตรง เกิดการสะสมของคาร์บอนบนกระเบื้องและอาจทำให้หัวเผาเสียหาย ดังนั้นการตรวจสอบสภาพและการบำรุงรักษาหัวเผาอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำ

หากพบเห็นการเกาะติดของคาร์บอนที่บริเวณหัวเผา ประการแรกคือต้องตรวจหาต้นตอที่ก่อให้เกิดคาร์บอนอย่างถี่ถ้วน แล้วทำการซ่อมแซมให้เรียบร้อยแล้วจึงใช้งาน มิฉะนั้นแล้วจะเกิดความเสียหายที่ไม่อาจแก้ไขได้ การเกาะติดของคาร์บอนอาจมีสาเหตุหลักมาจาก อุณหภูมิและความดันน้ำมันเตาไม่เหมาะสม เป็นต้น เมื่อทราบสาเหตุแล้วให้ปรับค่าให้เหมาะสมและทำความสะอาดหัวเผาที่มีสิ่งสกปรกและคาร์บอนเกาะอยู่ด้วยน้ำมันล้างแล้วจึงเช็ดออกด้วยผ้านิ่มๆ ห้ามทำความสะอาดโดยใช้ของแข็งอย่างเช่นไขควงหรือมีด เนื่องจากอาจเกิดรอยสึกขึ้นที่ปลายหัวเผาและทำให้การพ่นฝอยยิ่งแย่ลงได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่า การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหัวเผาและอุปกรณ์ช่วยเหลือการเผาไหม้ต่างๆ ด้วยวิธีการที่ถูกต้อง ให้อยู่ในสภาพที่ดีเยี่ยมอยู่เสมอ เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องปฏิบัติตามและต้องการความเอาใจใส่ดูแลจากผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานหม้อน้ำและเพื่อสุขลักษณะที่ดีในการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังเป็นการรักษาประสิทธิภาพของหม้อน้ำและการเผาไหม้ไม่ให้ลดลงไปตามกาลเวลา ส่งผลให้การใช้พลังงานและต้นทุนในการผลิตไอน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ข้อแนะนำที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหัวเผาและอุปกรณ์ช่วยเหลือการเผาไหม้ต่างๆ โดยแบ่งตามประเภทของเชื้อเพลิงมีดังต่อไปนี้

6.6.1 ระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง

การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหัวเผาและอุปกรณ์ช่วยเหลือการเผาไหม้ต่างๆ ในหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง แสดงได้ดังตารางที่ 6-17 และ 6-18

ตารางที่ 6-17 การตรวจสอบสภาพและเกณฑ์การยอมรับของอุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
เครื่องป้อนเชื้อเพลิงและตะกรับ	เครื่องป้อนเชื้อเพลิง (Stoker)	ตรวจสอบสภาพการเคลื่อนไหว	ควรเคลื่อนที่ด้วยความนุ่มนวลไม่ติดขัด
	ตะกรับ (Fire grate)	ตรวจสอบการอุดตัน การลุกไหม้ และการผิดรูป	ควรเคลื่อนที่ด้วยความนุ่มนวลไม่ติดขัด

ตารางที่ 6-18 การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง

อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา		การบำรุงรักษา
อุปกรณ์เผาไหม้ที่ใช้ถ่านหิน (Pulverized coal firing)	อุปกรณ์ป้อนถ่านเข้าหม้อน้ำ	รายการตรวจสอบขึ้นกับบริษัทผู้ผลิต แต่โดยทั่วไปต้องทำการตรวจสอบดังนี้ ● อุปกรณ์ขับชุดป้อนถ่าน สภาพภายนอกและสภาพการทำงานทั่วไป ● การสึกกร่อนและการกัดกร่อนของแกนขับและลูกกลิ้ง (Shaft and Roll) ● การสึกกร่อน และการรั่วของลมและถ่านของห้องป้อนถ่าน (Feeder housing) ● สภาพทั่วไปและความแน่นหนาของสลักยึด บุชชิ่ง เป็นต้น
	เครื่องบดถ่านหิน (Pulvarizer)	แบ่งได้ 4 ประเภท คือ Ball-race mill, Bowl mill, Impact หรือ Attrition mill และ Ball mill รายการตรวจสอบจะเป็นไปตามบริษัทผู้ผลิต แต่โดยทั่วไปต้องทำการตรวจสอบดังนี้ ● สภาพภายในและภายนอกของ Housing ของเครื่องบด เพื่อดูรอยกัดกร่อน และการรั่วไหล ● สภาพและการทำงานของอุปกรณ์ปรับแต่ง (Adjusting mechanism) ของห้องบด และหัวบด ลูกกลิ้งอยู่ในสภาพปรกติ ● ผิวหน้าของตัวบด (Grinding surface) เพื่อดูการสึกกร่อน ไม่เรียบ ● ตรวจวัด ปรับแต่งแรงกดของ Spring ของ Grinder ● สภาพของอุปกรณ์ที่หมุน เช่น Bearing, Shaft Journal เป็นต้น ● ระบบน้ำมันหล่อลื่น ● สภาพและการทำงานของผิวเคลือบในห้องบดถ่านหิน และอุปกรณ์กวาดวัสดุ (Scraper)
	อุปกรณ์ระบายอากาศในเครื่องบดถ่านหิน (Exhauster in pulvarizer)	● สภาพทั่วไปของอุปกรณ์ ตัวขับ การประกอบ และการ Alignment อุปกรณ์ ● ตรวจสอบสภาพ Bearing และตัวขับ ● ตรวจสภาพล้อ การสึกกร่อน การกัดกร่อน และการสมดุลในการหมุน ● ตรวจสอบ Housing ของ Exhauster เพื่อดูสภาพ Liner การสึกกร่อน การกัดกร่อน หรือการ Leak

อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา		การบำรุงรักษา
อุปกรณ์เผาไหม้ที่ใช้ถ่านหิน (Pulverized coal firing) (ต่อ)	หัวเผาไหม้ถ่านหิน (Coal burner)	● ตรวจสภาพของหัวพ่นถ่าน (Coal nozzle) เพื่อดูการสึกกร่อนการเผาไหม้ รวมทั้งฉนวนกันความร้อนรอบๆ หัวเผา ● ตรวจสอบสภาพของ Coal nozzle สภาพอิฐทนไฟ (Refractory throat) ● ตรวจสอบท่อส่งผงถ่านในระบบเพื่อดูการรั่วไหลผิดปรกติ
อุปกรณ์เผาไหม้แบบ Stoker coal firing	Underfeed stoker	รายการตรวจสอบขึ้นอยู่กับผู้ผลิต Underfeed stoker แต่โดยทั่วไปต้องตรวจสอบดังนี้ ● ตรวจสอบและการทำงานของชุดกระทุ้งหลักและรอง (Main ram and distribution ram) รวมทั้งข้อต่อต่างๆ ● ตรวจสอบการอุดตันของท่อส่งลม (Tuyeres) และปัญหาการขยับเคลื่อน ● ตรวจสอบสภาพและการทำงานของช่องจ่ายลมและแผ่นปิด (Windbox and damper) ● ตรวจสอบสภาพและการทำงานของเครื่องบด (Clinker and ash grinding mechanism) เครื่องกระทุ้ง (ram) ช่องลมและแผ่นปิด (Windbox damper)
	Spreader stoker	รายการตรวจสอบขึ้นอยู่กับผู้ผลิต Spreaders stoker แต่โดยทั่วไปต้องตรวจสอบดังนี้ ● ช่วงห่างระหว่าง Distributor blade และ Distributor tray ● ตรวจสอบการเสียดสีของ Feeder และ Lining ● ตรวจสอบชุดขับ เฟืองขับ โซ่ ซี่เฟือง รวมทั้งการวางแนว (Alignment) ● ตรวจสอบความเพียงพอของน้ำระบายความร้อนที่ไปยังอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ● ตรวจสอบ Over fire air fan และ Distribution nozzle
	ตะกรับเตาไฟแบบเคลื่อนที่ (Traveling grate)	● สภาพ Grate bar และการขยายตัวของส่วนต่างๆ ● สภาพหลัก รอง ตะกรับเตาไฟ ● สภาพ Dampers and frame และอุปกรณ์สนับสนุน ● ตรวจสภาพ Fire door liner และ ท่อส่งลมสำหรับ Over fire ● ตรวจสอบการกัดกร่อน การสึกกร่อนของชิ้นส่วนของตะกรับในเตาไฟ ● ตรวจสอบระบบ Air seal ● ตรวจสอบการสึกหรอที่หัวหน้าชิ้นส่วนต่างๆ

อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา		การบำรุงรักษา
อุปกรณ์เผาไหม้แบบ Stoker coal firing (ต่อ)	ตะกรับเตาไฟแบบเคลื่อนที่ (Traveling grate) (ต่อ)	• ตรวจสอบการรั่วไหลของอากาศจาก Windbox • ตรวจสอบ Air damper ว่าทำงานได้ถูกต้องและถูกตำแหน่ง • ตรวจสอบกลไกต่างๆ ของ Damper ดูการสึกหรอและสภาพผิดปรกติ • ตรวจสอบส่วนที่สัมผัสความร้อน หรือเปลวไฟ ดูความเสียหาย บิดตัว เป็นต้น • ตรวจสอบ Shear pin ว่าอยู่ในสภาพปรกติและทำงานได้ • ตรวจสอบกลไกการทำงานของชุดขับตะกรับเตาไฟ (Grate drive) • ตรวจสอบโครงสร้างของเตาเผา ผนัง อิฐ กระเบื้องทนไฟ รอยแตก รอยแยกเป็นชิ้นๆ
ระบบการกำจัดขี้เถ้า (Ash removal system) ส่วนประกอบการทำงานของระบบที่สำคัญ ได้แก่ • ระบบ Hydraulic ของระบบ • ระบบขนย้ายขี้เถ้า		• การสึกร่อน การกัดกร่อน และการรั่วซึม • กลไกการจัดส่ง ขนย้ายขี้เถ้าอย่างมีประสิทธิผล • สภาพของบ่อพัก บ่อเก็บขี้เถ้ารวมทั้งอิฐ ผนังทนความร้อน • การทำงานของระบบสุญญากาศในระบบและระบบกักเก็บ • การสึกกร่อนของท่อส่ง ในส่วนของท่อโค้ง ท่อหักโค้ง เป็นต้น • สภาพปั๊มขี้เถ้า
เตาเผาไหม้และผนัง	สภาพโดยทั่วไป	• ตรวจสอบการขยายตัว และหดตัวของชิ้นส่วนรับความดันระหว่างการเริ่มเดินเครื่องและหยุดเดินเครื่อง • ตรวจสอบระบบยึดท่อ ท่อรวม (Header support hanger) อยู่ในช่วงการทำงานตามที่ออกแบบ หากไม่ถูกต้องอาจแสดงถึงปัญหาที่เกิดจากการยืดตัว และหดตัวที่เกิดขึ้น
	อิฐคอเตา	• คอยตรวจสอบว่ามีการทรุดตัวหรือไม่ • คอยตรวจสอบว่ามีการแตกร้าวหรือไม่ • คอยตรวจสอบว่ามีการบางลงถึง 50 มิลลิเมตร หรือไม่ • ถ้ามีสภาพใน 3 กรณีแรก ต้องเปลี่ยนอิฐคอเตาใหม่ เพราะเปลี่ยนอิฐคอเตาพังถล่มลงมาในขณะที่เดินเครื่องหม้อน้ำได้โดยที่ไม่มีผู้ใดทราบอันตรายกับหม้อน้ำมากเพราะเปลวไฟจะสัมผัสท่อไฟใหญ่โดยตรง • พยายามอย่าให้อิฐทนไฟถูกน้ำหรือความชื้น

อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา		การบำรุงรักษา
เตาเผาไหม้และผนัง (ต่อ)	อิฐทนไฟ	1) การบำรุงรักษาอิฐทนไฟ ● ระวังอย่าให้อิฐทนไฟถูกความร้อนชื้นหรือน้ำ เพราะเมื่อน้ำในอิฐทนความร้อน ความร้อน น้ำในอิฐทนความร้อนจะระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้ดันอิฐทนร้อนแตกร้าวมาก ● ระวังอย่าให้อิฐทนไฟเย็นหรือร้อนขึ้นทันทีทันใด เพราะอุณหภูมิที่เปลี่ยนอย่างรวดเร็ว อิฐทนความร้อนจะมีการแตกร้าว ● โดยปรกติ ถ้าอิฐทนไฟมีรอยแตกกว้างไม่มากกว่า 3 มิลลิเมตร และไม่มีการรั่วของก๊าซร้อน ไม่มีความจำเป็นต้องซ่อมแซมใด เนื่องจากเมื่ออิฐทนไฟร้อนขึ้น จะมีการขยายตัวมาประสานปิดรอยร้าวนั่นเอง ● แต่ถ้าอิฐทนไฟ มีรอยแตกร้าวกว้างมากกว่า 3 ม.ม. ต้องทำการซ่อมแซมอิฐทนไฟ เพื่อป้องกันความเสียหายของหม้อน้ำ 2) การซ่อมบำรุงอิฐทนไฟ ถ้าอิฐทนไฟ มีรอยแตกร้าวกว้างมากกว่า 3 ม.ม. มีวิธีซ่อมทำได้หลายวิธี เช่น ● ใช้ Ceramic fiber ยัดลงไปในช่องรอยแตกเล็กนั้น ● เซาะรอยแตกเป็นร่องตัววี ใช้น้ำทำความสะอาดผิว และเอาวัสดุทนไฟเหมือนเดิม อุดลงไป ● รื้ออิฐทนไฟทั้งหมดออก แล้วทำอิฐทนไฟทั้งหมดหรือบางส่วนใหม่

6.6.2 ระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว

การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหัวเผาและอุปกรณ์ช่วยเหลือการเผาไหม้ต่างๆ ในหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว แสดงได้ดังตารางที่ 6-19 และ 6-20

ตารางที่ 6-19 การตรวจสอบสภาพและเกณฑ์การยอมรับของอุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
กรองน้ำมัน	ตาข่ายกรองน้ำมัน (Wire net)	1) ตรวจสอบความเสียหาย 2) ตรวจสอบการอุดตัน 3) ตรวจสอบระยะห่างระหว่างตาข่ายและจุดติดตั้ง 4) ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมัน	1) ไม่มีความเสียหาย 2) ไม่อุดตัน 3) ไม่มีช่องว่าง 4) ไม่มีการรั่วซึมของน้ำมัน

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
เครื่องให้ความร้อนน้ำมัน	ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller)	1) ตรวจสอบสภาพการทำงาน 2) ตรวจสอบหนาสัมผัสการลัดวงจร และสภาพ ฉนวนของหน้าสัมผัสทางไฟฟ้า (Electrical contact)	1) อุณหภูมิของน้ำมันต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) หน้าสัมผัสต้องทำงานได้ดี ไม่มีการลัดวงจร หรือการเสื่อมสภาพของฉนวน
	วาล์วควบคุม (Control valve)	ตรวจสอบสภาพการทำงาน	ต้องทำงานปรกติ
	อุปกรณ์ดักไอน้ำ	ตรวจสอบการระบายของน้ำ	น้ำควรระบายได้ปรกติ
	ข้อต่อท่อและวาล์ว	ตรวจสอบการรั่วซึมของไอน้ำหรือน้ำมัน	ไม่มีการรั่วซัมของน้ำมันเชื้อเพลิง
ปั๊มเชื้อเพลิง	ท่อและซีล (Sealing part and pipe)	ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันเชื้อเพลิง	ไม่มีการรั่วซึมของน้ำมันเชื้อเพลิง
	ปะเก็นเชือก (Gland packing)	ตรวจสอบความเสียหายจากความร้อนสูง	ไม่มีความเสียหายจากความร้อนสูง
	ตลับลูกปืน (Bearing)	ตรวจสอบการสั่นสะเทือน การรั่วซึมของน้ำมัน และความเสียหายจากความร้อนสูง	ไม่มีการสั่นสะเทือน ไม่มีการรั่วซึมของน้ำมัน ความเสียหายจากความร้อน
	แกนหมุน (Rotor)	ตรวจสอบหาเสียงที่ผิดปรกติ และการสั่นสะเทือน	ไม่มีการสั่นสะเทือนและเสียงที่ผิดปรกติ
	มาตรวัดแรงดัน (Pressured gauge)	ตรวจสอบแรงดันขาออกของปั๊ม	แรงดันควรอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด
หัวเผาและกลไกสร้างละอองน้ำมัน	หัวฉีด (Nozzle) ตัวปรับสภาพน้ำมัน (Stabilizer) และถ้วยสร้างละอองน้ำมัน (Atomizing cup)	ตรวจสอบความเสียหายจาการลุกไหม้ การผิดรูป การเสื่อมสภาพและเขม่าดำ	ไมมีความเสียหายจากการลุกไหม้ การผิดรูป การเสื่อสภาพและเขม่าดำ
	ปลายหัวฉีด (Nozzle tip)	ตรวจสอบความสามารถในการสร้างละอองน้ำมัน	สีและรูปร่างของเปลวไฟควรจะเหมาะสม

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
หัวเผาและกลไกสร้างละอองน้ำมัน (ต่อ)	ตลับลูกปืนของหัวเผา	ตรวจสอบการสั่นสะเทือนที่ผิดปรกติ การรั่วซึมของน้ำมัน ความร้อนที่สูงผิดปรกติและการหล่อลื่นอุปกรณ์	ไม่มีการสั่นสะเทือนที่ผิดปรกติ ไม่มีการรั่วซึมของน้ำมัน ความร้อนไม่สูงผิดปรกติมีปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสม
	กลไกผสมอากาศและน้ำมัน (A/F ratio mechanism)	1) ตรวจสอบการสร้างละอองน้ำมันโดยพิจารณาจากสีของเปลวไฟ 2) ประเมินสัดส่วนอากาศและน้ำมันโดยใช้มาตรวัดออกซิเจนหรือควัน	1) สีของเปลวไฟควรปรกติ 2) ค่าจากการวัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ควรอยู่ในเกณฑ์ปรกติ
	ขั้วไฟฟ้า (Electrode)	1) ตรวจสอบการเปรอะเปื้อน เสื่อมสภาพหรือลุกไหม้ 2) ตรวจสอบตำแหน่งและระยะห่างระหว่างขั้ว 3) ตรวจสอบรอยแตกร้าวของฉนวน 4) ตรวจสอบการเสื่อมสภาพของลวดนำไฟฟ้าและการหลุดหลวมที่จุดเชื่อมต่อ	1) ไม่มีการเสื่อมสภาพ ความเสียหายจากการลุกไหม้ที่สังเกตได้ 2) ตำแหน่งและระยะห่างควรอยู่ในระยะเหมาะสม 3) ไม่มีความเสียหายหรือรอยแตกร้าว 4) ไม่มีการเสื่อมสภาพของลวดตัวนำและการหลุดหลวมของจุดเชื่อมต่อ
หัวเผานำร่อง	หัวเผา (Burner)	1) ตรวจสอบความเสียหายจากการลุกไหม้ การผิดรูป เขม่าดำและการเสื่อมสภาพ 2) ตรวจสอบตำแหน่ง ทิศทาง และความยาวของเปลวไฟนำร่อง 3) ตรวจสอบแรงดันก๊าซเชื้อเพลิงกรณีที่ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง	1) ไม่มีความเสียหายจากการลุกไหม้ การผิดรูป การเสื่อมสภาพและเขม่าดำ 2) ต้องอยู่ในระยะที่กำหนด 3) ต้องมีแรงดันตามเกณฑ์ที่กำหนด

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
หัวเผานำร่อง (ต่อ)	ขั้วไฟฟ้า (Electrode)	1) ตรวจสอบการเปรอะเปื้อน เสื่อมสภาพหรือลุกไหม้ 2) ตรวจสอบตำแหน่งและระยะห่างระหว่างขั้ว 3) ตรวจสอบรอยแตกร้าวของฉนวน 4) ตรวจสอบการเสื่อมสภาพของลวดนำไฟฟ้าและการหลุดหลวมที่จุดเชื่อมต่อ	1) ไม่มีการเสื่อมสภาพ ความเสียหายจากการลุกไหม้ที่สังเกตได้ 2) ตำแหน่งและระยะห่างควรอยู่ในระยะเหมาะสม 3) ไม่มีความเสียหายหรือรอยแตกร้าว 4) ไม่มีการเสื่อมสภาพของลวดตัวนำและการหลุดหลวมของจุดเชื่อมต่อ
ห้องเผาไหม้และวัสดุทนความร้อน	วัสดุทนไฟและทนความร้อน (Refractory material and burner tile)	ตรวจสอบการผิดรูป การลุกไหม้และเขม่าดำตลอดช่องมองลอดและหัวเผา	ไม่มีการผิดรูป การลุกไหม้และคราบเขม่าดำที่สังเกตได้
พัดลมดูดอากาศ	ตลับลูกปืน (Bearing)	ตรวจสอบการสั่นสะเทือนที่ผิดปรกติ การรั่วซึมของน้ำมัน ความร้อนที่สูงผิดปรกติและการหล่อลื่นอุปกรณ์	ไม่มีการสั่นสะเทือนทีผิดปรกติ ไม่มีการรั่วซึมของน้ำมัน ความร้อนไม่สูงผิดปรกติมีปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสม
	ใบพัดและแผ่นปิดช่องลม (Vane and damper)	ตรวจสภาพการทำงาน	ทำงานได้อย่างไม่ติดขัด การเปิดปิดเป็นปรกติ
	ท่ออากาศและท่อลมใหญ่ (Air duct and wind box)	ตรวจสอบความผิดปรกติการรั่วซึมของอากาศและคราบน้ำมัน	ไม่มีความผิดปรกติที่สังเกตได้และการรั่วซึมของอากาศหรือคราบน้ำมัน
	ตาข่ายและช่องลมดูด (Wire net and suction port)	ตรวจสอบความเสียหายและการยึดเกาะของสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีความเสียหายและการยึดเกาะของสิ่งแปลกปลอม
ประตูลดแรงระเบิด (Explosion door)	แผ่นปิดและโครง (Plate and frame)	1) ตรวจสอบการผิดรูปการลุกไหม้ 2) ตรวจสอบการรั่วซึมของก๊าซ	1) ไม่มีการผิดรูป การลุกไหม้ และการทำงานเป็นปรกติ 2) ไม่มีการรั่วซึมของก๊าซ
	สปริง	ตรวจสอบ การชำรุด สนิมและความบกพร่องอื่นๆ	ไม่มีการชำรุดบกพร่องหรือคราบสนิมที่สามารถสังเกตเห็นได้

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
ท่อก๊าซและปล่องควัน	ผิวภายนอกและภายใน	1) ตรวจสอบการผิดปรกติของสี 2) ตรวจสอบความเสียหาย การผุกร่อนและรอยแตกร้าว 3) ตรวจสอบเขม่าดำ ขี้เถ้า คราบน้ำ และการผุกร่อน 4) ตรวจสอบการรั่วซึมของก๊าซ การไหลเข้าของอากาศโดยใช้มาตรวัดลม	1) ไม่มีความผิดปรกติของสี 2) ไม่มีความเสียหายที่สังเกตได้ ไม่มีการผุกร่อนและรอยแตกร้าว 3) ไม่มีเขม่าดำและขี้เถ้า ไม่มีคราบน้ำและการผุกร่อน 4) อากาศไหลผ่านอย่างเหมาะสม ไม่มีการรั่วซึมของก๊าซและการเข้ามาปะปนของอากาศภายนอก
	อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า (Lightning rod)	ตรวจการหลุดหรือขาดของลวดตัวนำ และการทำงานของสายดิน	ลวดตัวนำไม่ขาดและสายดินอยู่ในสภาพสมบูรณ์
	ฐานราก (Foundation)	ตรวจสอบการทรุดตัวและการแตกร้าว	ไม่มีการทรุดตัวและการแตกร้าว
ถังน้ำมันเชื้อเพลิง	ผิวภายนอกและภายใน	ตรวจสอบการแตกร้าวและการผุกร่อน	ไม่มีการแตกร้าวและการผุกร่อนที่สังเกตได้
	ข้อต่อของท่อและวาล์ว	ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันเชื้อเพลิง	ไม่มีการรั่วซึมของน้ำมันเชื้อเพลิง
	ส่วนล่างของถัง (Bottom part)	ตรวจสอบการสะสมตัวของคราบตะกอน	ไม่มีคราบตะกอนมีสังเกตเห็นได้
	ฐานราก (Foundation)	ตรวจสอบการทรุดตัวและรอยแตกร้าว	ไม่มีการทรุดตัวและรอยแตกร้าว
	ตัวควบคุมปริมาณน้ำมัน (Oil level controller)	1) ตรวจสอบการทำงานของสวิตซ์ลูกลอย 2) ตรวจสอบความเสียหายที่ตัวลูกลอย 3) ตรวจสอบการแตกร้าวของลูกยางย่น (Bellow) และการรั่วซึมของน้ำมัน	1) สวิตซ์ทำงานได้ปรกติ 2) ลูกลอยไม่เสียหายและเคลื่อนที่ได้ปรกติ 3) ไม่มีการแตกร้าวที่ลูกยางย่น และการรั่วซึมของน้ำมัน
	มาตรวัดระดับน้ำมัน (Oil level gauge)	ตรวจสอบการทำงาน	ต้องทำงานได้ปรกติ

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
อุปกรณ์ตัดเชื้อเพลิง (โซลินอยด์วาล์ว)	ขดลวด (Coil)	ตรวจสอบความผิดปรกติของความร้อน กลิ่น เสียง และการสั่นสะเทือน	ไม่มีความผิดปรกติของความร้อน กลิ่น เสียง และการสั่นสะเทือน
	วาล์ว	ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันผ่านบ่าวาล์ว ปะเก็นและหน้าแปลน	การรั่วซึมของน้ำมันผ่านบ่าวาล์วต้องน้อยกว่าที่กำหนดและไม่มีการรั่วซึมของน้ำ มันผ่านปะเก็นและหน้าแปลน
	กลไกการตัดเชื้อเพลิง	ตรวจสอบสภาพการทำงาน	ต้องทำงานอย่างสมบูรณ์และไม่มีเสียงผิดปรกติ
อุปกรณ์ตัดเชื้อเพลิง (วาล์ว มอเตอร์ และน้ำมัน)	ต้นแรง (Driving source)	ตรวจสอบความผิดปรกติของอุณหภูมิกลิ่น และการรั่วซึมของน้ำมันต้นกำลัง	ไม่มีความผิดปรกติของอุณหภูมิ กลิ่น และการรั่วซึมของน้ำมันต้นกำลัง
	วาล์วและปะเก็น	ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำ มันผ่านบ่าวาล์ว ปะเก็นและหน้าแปลน	ไม่มีความผิดปรกติของอุณหภูมิ กลิ่น และการรั่วซึมของน้ำมันต้นกำลัง
	การติดตั้ง (Fixing)	ตรวจสอบลักษณะการติดตั้ง	ต้องไม่มีการเอนเอียงที่สังเกตได้
	กลไกการตัดเชื้อเพลิง	ตรวจสอบสภาพการทำงาน	ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ตำแหน่งการเปิดปิดต้องอยู่ในเกณฑ์ปรกติ
มอเตอร์ควบคุมการไหลของอากาศและน้ำมัน	ตัวบ่งชี้มุมของแกนหมุน (Indicator of rotary angle)	ตรวจสอบว่าตำแหน่งการเผาไหม้เป็นไปอย่างปรกติ	ตำแหน่งการเผาไหม้ทั้งระดับสูงและต่ำเป็นไปอย่างปรกติ
	ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer)	1) ตรวจสอบการขาดหลุด การลุกไหม้ การเปรอะเปื้อนของตัวปัด และผิวหน้าของขดลวด 2) ตรวจสอบหน้าเชื่อมสัมผัสระหว่างตัวปัดและผิวหน้าของขดลวด	1) ไม่มีการขาดหลุด การลุกไหม้และการเปรอะเปื้อน 2) หน้าสัมผัสมีสภาพปรกติ
	หน้าสัมผัสของรีเลย์ถ่วงสมดุล (Contact of balancing relay)	ตรวจสอบการเปรอะเปื้อน การเสียหายและการลุกไหม้ที่หน้าสัมผัส	ไม่มีการเปรอะเปื้อน การเสียหายและการลุกไหม้ที่หน้าสัมผัส
	ภายใน	ตรวจสอบการเปรอะเปื้อนและการสะสมของฝุ่น	ไม่มีการเปรอะเปื้อนและการสะสมของฝุ่น

อุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ		วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์การยอมรับ
มอเตอร์ควบคุมการไหลของอากาศและน้ำมัน (ต่อ)	จุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้า	1) ตรวจสอบการหลุดหลวมของตะปูควง 2) ตรวจสอบฝุ่น ความชื้น คราบสนิมและการผุกร่อน	1) ไม่มีการหลุดหลวม 2) ไม่มีฝุ่น ความชื้น คราบสนิม และการผุกร่อน
วาล์วควบคุมการไหลของอากาศและก๊าซและแผ่นปิดอากาศ	ข้อต่อวาล์ว	ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันเชื้อเพลิง	ไม่มีการรั่วซึม
	วาล์วและแผ่นปิดอากาศ (Air damper)	ตรวจสอบความผิดปรกติของตำแหน่งการเผาไหม้ทั้งในระดับสูงและต่ำ	ไม่มีความผิดปรกติ
ส่วนเชื่อมโยงระบบควบคุมอากาศและน้ำมัน	ตะปูควง	ตรวจสอบการหลุดหลวม	ไม่มีการหลุดหลวม
	ชิ้นส่วนที่ติดตั้ง	ตรวจสอบตำแหน่งการติดตั้งว่าถูกต้อง	ไม่มีความผิดปรกติ ชิ้นส่วนถูกติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสม

ตารางที่ 6-20 การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว

อุปกรณ์อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา	การบำรุงรักษา
หัวเผาทั่วไป	• ตรวจความดันของน้ำมันเตา ความดันลม หรือไอน้ำว่าได้ตามข้อบ่งใช้หรือไม่ • ตรวจดูอุณหภูมิของน้ำมันที่เข้าหัวฉีดว่าได้ตามข้อบ่งใช้หรือไม่ • ทำความสะอาดหัวเผาเป็นประจำ สำหรับพวกหัวฉีดที่ใช้ความดันของน้ำมันเตาเองนั้นต้องระวังอย่าให้ร่องต่างๆ ที่ปลายหัวฉีดเกิดบิดเบี้ยวหรือชำรุดได้ ไม่ควรใช้เหล็กแข็งขูดทำความสะอาด ส่วนหัวเผาแบบถ้วยเหวี่ยง ใช้ผ้าชุบน้ำมันสนเช็ดทำความสะอาด ถ้าหากมีคราบคาร์บอนให้ใช้มีดอลูมิเนียมที่มากับหัวเผาทำความสะอาด ห้ามใช้วัสดุที่เป็นเหล็กหรือสแตนเลส ทำความสะอาดเพราะจะทำให้เกิดรอยภายในถ้วย • ตรวจดูสภาพของช่องบังคับลมอยู่เสมอ หากชำรุดให้รีบซ่อมแซมให้ดีดังเดิม • ตรวจสภาพของช่องหัวเผา หากอิฐทนไฟแตกหักและหล่นลงมาให้รีบแก้ไข

อุปกรณ์อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา		การบำรุงรักษา
หัวเผาทั่วไป (ต่อ)		• ตรวจดูข้อต่อที่เชื่อมคันบังคับช่องลมกับวาล์วน้ำมัน อย่าให้หลวมหรือหลุด • ตรวจดูปริมาณของอากาศที่เข้าหัวเผา ไม่ควรเกินกว่า 1.2 เท่าของจำนวนอากาศตามทฤษฎีการเผาไหม้ โดยดูจากปริมาณ O_2 ส่วนเกินในก๊าซไอเสีย ซึ่งไม่ควรเกิน 3.5% หรือดูจากปริมาณ CO_2 ซึ่งไม่ควรต่ำกว่า 12.5% • ตรวจสภาพการสึกหรอของหัวเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยสังเกตจากเปลวไฟที่ออกจากหัวเผาไหม้ หรือดูจากความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ • ตรวจสอบปัญหาจากการทำงานของ Burner vane และกลไกส่วนอื่น เพื่อให้ทราบถึงความผิดปรกติที่อาจเกิดขึ้น
หัวเผา	แบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน	หัวฉีดแบบไฟมาก-น้อย และหัวฉีดแบบต่อเนื่อง จะมีกรองละเอียดเล็กๆอยู่ภายใน ต้องทำความสะอาดออกให้หมด การฉีดน้ำมันจึงจะเป็นปรกติ
	แบบพ่นฝอยโดยใช้อากาศหรือไอน้ำ	• ปรกติแล้วการอุดตันมีน้อย เพราะอากาศหรือไอน้ำ ที่พ่นฝอยจะไล่สิ่ง สกปรกออกตลอดเวลา แต่ใช้ไปนานๆ เข้า อาจเกิดอุดตันได้ ซึ่งจะสังเกตได้จากเปลวไฟไม่เป็นฟุ่ม ออกบ้าง ไม่ออกบ้าง • ถอดออกล้างทำความสะอาด และเอาคราบคาร์บอนแข็งตามร่องของ Swirler ออกให้หมด และประกอบเข้าที่ให้สนิท ก็จะได้การฉีดน้ำมันและเผาไหม้เป็นปรกติ
	แบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน	• ลักษณะการหมุนเหวี่ยงของถ้วย จะทำให้มีตะกอนสะสมบนผิวถ้วย รวมทั้ง ถ้าอุ่นน้ำมันร้อนจัดจนเกินไปจนไฟลุกในถ้วย ภายในถ้วยจะแห้งเป็นตะกรัน จึงต้องทำความสะอาดทุกวัน • หลังจากหยุดหัวเผาทำงานแล้ว ให้อ้าหัวเผาออกมา จะสามารถทำความสะอาดได้โดยใช้ผ้าชุบน้ำมันโซล่า ล้างเช็ดออกให้หมด ห้ามใช้ของแข็งมีคมขุด เพราะจะเกิดรอย (ควรรักษาให้ผิวเรียบดั่งกระจก) และอย่าให้ปากขอบถ้วยเว้าแหว่ง (ควรรักษาให้ปากขอบถ้วยคมดั่งใบมีด) • ทำสะอาดแล้วปิดฝา แล้วเริ่มเดินหม้อน้ำได้
ระบบจ่ายเชื้อเพลิง	มอเตอร์ ชุด Turbine drive และเกียร์ปั๊ม	• ช่องว่าง (Clearance) ในส่วนต่างๆ • สิ่งผิดปรกติภายในเนื่องจากช่องว่าง (Clearance) ในส่วนต่างๆ มากเกินไป • การสึกหรอของแบริ่ง • การรั่วไหล การซึมของน้ำมัน

อุปกรณ์อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา		การบำรุงรักษา
ระบบจ่ายเชื้อเพลิง (ต่อ)	ปั๊มลูกสูบที่ขับด้วยไอน้ำ (Steam driven reciprocating pump)	● การสึกหรอของลูกสูบและกระบอกสูบ ทั้งในส่วนที่สัมผัสไอน้ำและน้ำมัน ● การทำงานของวาล์วไอน้ำ และส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ● บ่าวาล์วทั้งในส่วนของระบบน้ำมัน และไอน้ำ ● การรั่วไหล ซึมของน้ำมันในส่วนต่างๆ รวมทั้งข้อต่อทุกจุด ● สภาพไส้กรอง และอุปกรณ์เสริมอื่นๆ
	วาล์วและท่อส่งน้ำมัน	● ตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมแรงดันออก และค่า Setting ของ Relief Valve ● ตรวจสอบ การทำงานและค่าความดันน้ำมันขาออกที่ควบคุมอยู่ ● ตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมความดันของไอน้ำที่จ่ายเข้า Oil heater ● ตรวจสอบและทำความสะอาดไส้กรองของระบบ ทั้งในระบบน้ำมันและระบบไอน้ำ ● ตรวจสอบและตั้งค่า (Calibration) ความดันทั้งในระบบไอน้ำมันและไอน้ำ ● ตรวจสอบการทำงานของ Trap drain valve ในระบบไอน้ำ ● ตรวจสภาพ Shut off วาล์ว และ วาล์วปรับ (ความดัน ปริมาณ และอื่นๆ) รวมทั้งการตรวจสอบการรั่วซึมของระบบผ่านวาล์ว ● ตรวจสอบและทำความสะอาดหัวจ่ายน้ำมัน ดูร่องรอยของการรั่วซึม การสึกกร่อน การเปลี่ยนสี เปลี่ยนสภาพของ Burner nozzle ● ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันตามข้อต่อและจุดอื่นๆ ในระบบ
	ไส้กรองน้ำมันทั่วไป (Oil strainer)	● ควรตรวจและทำความสะอาดหม้อกรองน้ำมันเป็นประจำอย่าให้อุดตัน ขนาดรูไส้ กรองน้ำมันต้องเหมาะสม ● ควรตรวจความดันปั๊มน้ำมันว่าปรกติหรือไม่ หากความดันต่ำไปตัวปั๊มอาจชำรุดหรือผุกร่อนหรือหม้อกรองด้านหน้าปั๊มอาจอุดตัน
	ไส้กรองน้ำมันร้อน	● เปิดฝาเอาตะกร้ากรองออกมา ใช้มือเข้าไปปาดกอบเอาตะกอนโคลนออกมา ขยี้ดูถ้าเป็นของแข็งดินทรายจะรู้สึกได้ ● ตรวจดูว่าตะกร้ากรองมีรอยทะลุผ่านได้รึเปล่า ● เอาน้ำมันค้างในไส้กรองออก ● ล้างให้สะอาด ● ก่อนประกอบเข้าให้เติมน้ำมันเตาที่สะอาดให้เต็มปะเก็นฝาต้องไม่ชำรุด ปิดฝา ขันน็อตให้แน่น

อุปกรณ์อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา		การบำรุงรักษา
ระบบจ่ายเชื้อเพลิง (ต่อ)	ไส้กรองน้ำมันเย็น	• เปิดฝาเอาตะกร้ากรองออกมา เทน้ำมันออกแล้ว จะรู้สึกเหมือนสิ่งสกปรกอุดตันกรอง (โดยเฉพาะในหน้าหนาว) ส่วนใหญ่มันคือไขที่ปนอยู่ในน้ำมันเตาเกรดซี ใช้มือเข้าไปปาดกอบเอาตะกอนโคลนออกมาขยี้ดูถ้าเป็นไข มันจะละลายออกไปหมด ทิ้งของแข็งเล็กๆ น้อยๆ ให้รู้สึกได้ • ในหน้าหนาวไส้กรองจะมีการอุดตันด้วยไข แก้ไขโดยต้องเอาท่อทองแดงไอน้ำมาพัน อุ่นให้ร้อนนิดหน่อย การอุดตันด้วยไขจะหมดไป
	ถังเก็บน้ำมันเตา	• ควรตรวจ และถ่ายน้ำและตะกอนเหนียวออกจากก้นถังอย่างสม่ำเสมอ • ระบายน้ำก้นถัง • เปิดวาล์วระบายช้าๆ ถ้าเปิดเร็วจะไม่รู้ว่ามีน้ำ • ตรวจสอบระบบการทำงานของลูกลอยบอกระดับในถังน้ำมัน
ระบบอุ่นน้ำมัน (Fuel oil heater)		• ตรวจสภาพผิวท่อของ Oil heater ว่ามีสิ่งสกปรก คราบที่ผิวท่อหรือไม่ • ตรวจสภาพการกัดกร่อน และการสึกกร่อนในระบบ ทั้งในด้านของน้ำมันและไอน้ำ • ตรวจสภาพท่อ Vent และ ท่อ Drain ว่าอุดตันหรือไม่ • ตรวจสอบการรั่วซึมของท่อ และแผงยึด • ตรวจสภาพการทำงานและค่า Setting ของ Relief Valve • ตรวจสภาพฉนวนที่ใช้ในระบบ • ตรวจดูว่าหม้ออุ่นน้ำมันเตาทำงานเป็นปรกติหรือไม่ อุณหภูมิของน้ำมันเตาที่ออกจากหม้ออุ่นสูงพอตามความต้องการหรือไม่
ช่องจ่ายลม (Windbox)		• ตรวจสอบการกัดกร่อน สึกกร่อนของแผ่นปิดทางลม (Air damper) หรือแผ่นเปลี่ยนทิศทางลมในช่องจ่ายลม • ตรวจสอบความสมบูรณ์ของฉนวนรอบห้องช่องจ่ายลม • ตรวจสอบสภาพและการทำงานของช่องเปิด รูตรวจสอบ ประตูทางเข้า ตลอดจนแผ่นปิดรอบ Windbox ว่าไม่มีลมรั่ว

อุปกรณ์อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา	การบำรุงรักษา
อุปกรณ์ปรับลมในห้องเผาไหม้ (Damper)	• ตรวจสอบกลไก คันบังคับ แผ่น Blade ทำงานได้ถูกต้องแม่นยำ • ตรวจสอบตำแหน่งของแผ่น Blade แสดงตำแหน่งได้ถูกต้องตรงกับตำแหน่งที่แสดงค่าด้านนอก • ตรวจสอบกลไกการแสดงตำแหน่งการใช้งานของอุปกรณ์ว่าแสดงถูกต้อง และสามารถยึดหดได้เมื่ออุณหภูมิอุปกรณ์เปลี่ยนแปลง • ตรวจสอบตำแหน่งหยุดของ Damper ในทิศทางปิดว่าอยู่ในตำแหน่งตามที่ออกแบบไว้ • ตรวจสอบแผ่นกันรั่วของลม (Seal strip) ของ Damper ไม่บิดงอหรือเสียหาย • ตรวจสอบแผ่น Blade มีสภาพปรกติ ไม่มีร่องรอยการสึกกร่อนหรือการกัดกร่อนหรือบิดงอ • ตรวจสอบแบริ่งจุดต่างๆ มีการหล่อลื่นเพียงพอ • ตรวจสอบการสึกหรอของแบริ่งและจุดหมุนต่างๆ • ตรวจสอบเส้นทางของก๊าซที่ผ่านการเผาไหม้แล้ว ไม่มีสิ่งสกปรกตกค้างอยู่ • กรณีเป็น Damper ชนิดควบคุมระยะไกล ต้องทำการตรวจสอบการสั่งการทำงาน และกลไกสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตลอดช่วงการควบคุม • หากมีการออกแบบการทำงานของ Damper ในส่วนของ Induced draft fan และ Forced draft fan ต้องมั่นใจว่าในช่วงการ Purge เตาหม้อน้ำตำแหน่งของ Damper ได้ ถูกสั่งให้เคลื่อนไป อยู่ในตำแหน่งที่ออกแบบไว้

6.6.3 ระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ

การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหัวเผาและอุปกรณ์ช่วยเหลือการเผาไหม้ต่างๆ ในหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ แสดงได้ดังตารางที่ 6-21

ตารางที่ 6-21 การตรวจสอบสภาพ และบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ

อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษา	การตรวจสอบสภาพ และบำรุงรักษา
ระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (Gas firing)	• ตรวจสภาพการกัดกร่อน และการอุดตันของหัวฉีดก๊าซ • ตรวจสภาพและการทำงานของกลไกชุดควบคุม Damper • ตรวจสภาพการทำงานของวาล์วควบคุมแรงดันในระบบ • ตรวจสอบการรั่วซึมในระบบต่างๆ รวมทั้งการรั่วซึมของวาล์วต่างๆ ในระบบ

บรรณานุกรม

กฎกระทรวง กำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549

กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อน้ำ พ.ศ. 2552

กรณีศึกษาการระเบิดของหม้อไอน้ำ, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2548.

คู่มือการใช้หม้อต้มน้ำมันร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ, บริษัทไทยสตีมเซอร์วิสแอนด์ซัพพลายจำกัด, กรุงเทพฯ, 2544.

คู่มือการปฏิบัติงานที่ดีสำหรับหม้อน้ำ, โครงการพัฒนาคุณภาพหม้อน้ำในภาคอุตสาหกรรม, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2552.

คู่มือการปรับแต่งหัวเผา, โครงการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่นอกเหนือจากโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2547.

คู่มือการปรับแต่งหัวเผา, ศูนย์วิศวกรรมอุณหภาพ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2547.

คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในระบบหม้อไอน้ำ, สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

คู่มือการอบรมโครงการพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในอุปกรณ์เครื่องจักรกลางที่ใช้ในโรงงานและอาคารธุรกิจ (ด้านหม้อไอน้ำ), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

คู่มือประกอบการอบรมผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2551.

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2549

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ พ.ศ. 2548

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อน้ำ พ.ศ. 2548

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ พ.ศ. 2548

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำของโรงงาน พ.ศ. 2549

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำโรงสีข้าวที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง พ.ศ. 2549

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549

ร่างมาตรฐานวิชาชีพเรื่องระบบหม้อไอน้ำ, สภาวิศวกร, กรุงเทพฯ, 2553.

เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ชุด รู้ 'รักษ์พลังงาน ระบบไอน้ำ, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2548.

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, An International Code, The American Society of Mechanical Engineers, New York, USA, 2001.

Boiler Operator's Guide, 4th edition, Anthony L. Kohan, McGraw-Hill, New York, USA, 1997.

Energy Efficiency Manual, Donald R. Wulfinghoff, Energy Institute Press, Maryland, USA, 1999.

Steam Engineering Tutorials, Spirax-Sarco Ltd., USA, 2010.

ภาคผนวก ก
กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่เกี่ยวกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนคือ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ซึ่งมีผลต่อทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้หม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ในประเทศไทยสาระสำคัญของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนจะเน้นและแบ่งออกเป็นสองหัวข้อหลักคือหัวข้อเกี่ยวกับความปลอดภัยในการเดินเครื่องหม้อน้ำ และหัวข้อเกี่ยวกับการรักษาสภาพแวดล้อม รายละเอียดกฎหมายของประเทศไทยที่เกี่ยวกับหม้อน้ำมีดังนี้

1.1 กฎหมายด้านความปลอดภัย

หน่วยงานที่มีหน้าที่กำกับดูแลด้านความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำในในประเทศไทยมี 2 หน่วยงานหลักด้วยกัน คือ **กรมโรงงานอุตสาหกรรม**ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม และ**กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน**ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้กระทรวงแรงงาน โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีหน้าที่กำกับดูแลหม้อน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานมีหน้าที่กำกับดูแลหม้อน้ำทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและนอกโรงงานอุตสาหกรรม

1.1.1 กฎหมายด้านความปลอดภัยของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ในปี พ.ศ. 2549 กรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้ประกาศใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำขึ้นใหม่โดยได้ยกเลิกกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำเดิมทั้งหมด ซึ่งในปัจจุบันกฎหมายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมใช้ในการกำกับดูแลความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำ เป็นกฎหมายที่ได้มีการประกาศขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. 2549 มีทั้งสิ้น 4 ฉบับ คือ

- กฎกระทรวง กำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549

รายละเอียดของกฎหมายด้านความปลอดภัยที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบแยกตามกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมตามข้างต้นแสดงได้ดังนี้

1) กฎกระทรวง กำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 6 และมาตรา 8 (2) (3) (4) (6) (7) และ (8) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 และมาตรา 50 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิก

(1) (5) และ (6) ของข้อ 6 ข้อ 8 และข้อ 9 แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

(2) ข้อ 2 และข้อ 3 แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

ข้อ 2 ในกฎกระทรวงนี้

“หม้อน้ำ (boiler)” หมายความว่า

(1) ภาชนะปิดสำหรับบรรจุน้ำที่มีปริมาณความจุเกิน 2 ลิตรขึ้นไป เมื่อได้รับความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงหรือแหล่งพลังงานความร้อนอื่น น้ำจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำภายใต้ความดันมากกว่า 1.5 เท่าของความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล หรือ

(2) ภาชนะปิดสำหรับบรรจุน้ำซึ่งใช้ในการผลิตน้ำร้อนที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนตั้งแต่ 8 ตารางเมตรขึ้นไป

“หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน” หมายความว่า ภาชนะปิดที่ภายในบรรจุของเหลวซึ่งมีคุณสมบัติในการรับและถ่ายเทความร้อนได้ โดยรับความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงหรือแหล่งพลังงานความร้อนอื่น เพื่อนำไปถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยของเหลวจะไหลเวียนตลอดเวลาเพื่อรับและถ่ายเทความร้อนได้อย่างต่อเนื่อง

“ภาชนะรับแรงดัน (pressure vessel)” หมายความว่า

(1) ภาชนะปิดที่มีความกดดันภายในภาชนะและภายนอกภาชนะแตกต่างกันมากกว่า 1.5 เท่าของความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 103 มิลลิเมตร หรือ

(2) ถังปฏิกิริยา (reactor)

หมวด 1

การออกแบบ การผลิต และการตรวจสอบการผลิต

ข้อ 3 ผู้ประกอบกิจการโรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือสร้างหม้อน้ำหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดัน ต้องปฏิบัติดังต่อไปนี้

(1) จัดให้มีการออกแบบ การผลิต และการตรวจสอบการผลิต

(2) จัดทำเอกสารคู่มือการใช้งาน การตรวจสอบ และการบำรุงรักษา และ

(3) จัดทำรายงานข้อมูลการผลิต การตรวจสอบ และการทดสอบความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

หมวด 2
การติดตั้ง

ข้อ 4 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่ใช้หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือภาชนะรับแรงดัน ต้องติดตั้งหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือภาชนะรับแรงดันที่ได้รับการออกแบบ การผลิต และการตรวจสอบการผลิตตามข้อ 3 หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดันที่ติดตั้งตามวรรคหนึ่ง หากนำเข้าจากต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นภาชนะใหม่หรือภาชนะที่ผ่านการใช้งานแล้ว ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 5 หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดันที่ติดตั้งเพื่อใช้งาน ต้องมีอุปกรณ์ความปลอดภัยตามหลักเกณฑ์ที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 6 สถานที่ติดตั้ง การติดตั้ง การตรวจสอบและทดสอบหลังการติดตั้ง และการเคลื่อนย้ายหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดัน ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 7 ระบบท่อต้องได้รับการออกแบบ การคำนวณ และควบคุมการติดตั้งตามมาตรฐานที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา โดยวิศวกรที่ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร

ข้อ 8 โรงงานที่มีการใช้หม้อน้ำ ต้องติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการบำบัดหรือปรับสภาพน้ำในระบบหม้อน้ำ หรือปรับสภาพน้ำเข้าหม้อน้ำ เพื่อให้น้ำมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 9 โรงงานที่มีการติดตั้งหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือภาชนะรับแรงดัน ต้องจัดทำรายงานข้อมูลการติดตั้ง การตรวจสอบและทดสอบหลังการติดตั้ง และการเคลื่อนย้ายตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

หมวด 3
การใช้งาน

ข้อ 10 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือภาชนะรับแรงดัน ต้องจัดทำและดำเนินการตามแผนการบำรุงรักษาหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดัน รวมถึงอุปกรณ์ประกอบต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 11 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้หม้อน้ำ หรือภาชนะรับแรงดัน ต้องใช้งานที่ความดันไม่เกินกว่าความดันอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด (maximum allowable working pressure) สำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนต้องใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกินกว่าอุณหภูมิอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด

ข้อ 12 หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ถังพักไอน้ำ ระบบท่อและอุปกรณ์ต่างๆ ต้องหุ้มฉนวนกันความร้อน

ข้อ 13 หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดันที่โครงสร้างรับแรงดันหรืออุปกรณ์ความปลอดภัยชำรุดไม่สามารถใช้งานได้ หรือไม่ปลอดภัยต่อการใช้งานต้องหยุดการใช้งานทันทีและแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบภายในสิบวันนับแต่วันที่พบความชำรุดเสียหาย กรณีที่โครงสร้างรับแรงดัน

หรืออุปกรณ์ความปลอดภัยชำรุดและจะนำกลับมาใช้งานใหม่ ต้องได้รับการซ่อมแซมและตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนดในข้อ 16

ข้อ 14 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือภาชนะรับแรงดัน ต้องจัดให้มีการตรวจสอบหรือทดสอบความปลอดภัยตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 15 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดัน ต้องจัดส่งรายงานผลการตรวจสอบความปลอดภัยให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมทราบภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ทำการตรวจสอบหรือทดสอบตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

หมวด 4

การซ่อมแซมและดัดแปลง

ข้อ 16 การดำเนินการซ่อมแซมและดัดแปลง การตรวจสอบและทดสอบหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดัน ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 17 ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดส่งรายงานผลการดำเนินการซ่อมแซม และดัดแปลงและผลการตรวจสอบและทดสอบหลังจากที่ได้ซ่อมแซมและดัดแปลงหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือภาชนะรับแรงดัน ให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อนการใช้งาน ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

หมวด 5

การยกเลิกการใช้งาน

ข้อ 18 การยกเลิกการใช้งานหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือภาชนะรับแรงดัน ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องดำเนินการตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

หมวด 6

บุคลากรประจำโรงงาน

ข้อ 19 คนงาน วิศวกร หรือสถาปนิกที่ปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม การออกแบบ การผลิต การใช้งาน การตรวจสอบหรือทดสอบ หรือการซ่อมแซมหรือดัดแปลงหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือภาชนะรับแรงดัน ต้องมีคุณสมบัติและต้องปฏิบัติให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 3 ข้อ 4 ข้อ 6 ข้อ 9 ข้อ 14 ข้อ 15 ข้อ 16 ข้อ 17 ข้อ 18 และ ข้อ 19 แห่งกฎกระทรวงกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน” หมายความว่า คนงานประจำโรงงานที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงาน การตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

“วิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ” หมายความว่า วิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรที่รับผิดชอบการใช้หม้อน้ำซึ่งมีอัตราการผลิตไอน้ำตั้งแต่ 20 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป ควบคุมดูแลผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำและจัดทำแผนการใช้งาน การบำรุงรักษาให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยและข้อกำหนดสำหรับหม้อน้ำ

“วิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน” หมายความว่า วิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรที่ทำหน้าที่ตรวจสอบแบบแปลนการติดตั้งและควบคุมการติดตั้งตรวจทดสอบวิเคราะห์และจัดทำรายงานความปลอดภัยในการใช้งานของหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พร้อมทั้งแนะนำวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง เป็นไปตามหลักวิศวกรรม

“วิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน”หมายความว่า วิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบและรับรองแบบ ควบคุมตรวจสอบ กำกับดูแลการสร้าง การซ่อมแซม หรือการดัดแปลงหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้เป็นไปตามแบบและรายละเอียดที่ผ่านการรับรอง

“หน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน” หมายความว่า นิติบุคคลที่มีขอบเขตการปฏิบัติงานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) ตรวจสอบและรับรองแบบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล

(2) ตรวจพิสูจน์หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ที่นำเข้าจากต่างประเทศตามข้อ 12

(3) ตรวจสอบ ควบคุม กำกับดูแลการสร้าง การซ่อมแซม หรือการดัดแปลง หม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนให้เป็นไปตามแบบ และรายละเอียด ที่ผ่านการรับรองจากหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

(4) ตรวจสอบแบบแปลนการติดตั้ง และการติดตั้งหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และเครื่องอุปกรณ์ส่วนควบให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรม

(5) ตรวจทดสอบ วิเคราะห์และจัดทำรายงานความปลอดภัยในการใช้งานของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พร้อมทั้งแนะนำวิธีการแก้ไขให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

หมวด 1

บุคลากรประจำโรงงาน วิศวกร และหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ข้อ 2 ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน วิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ วิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน วิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ที่ระบุในประกาศกระทรวงนี้ ต้องมีคุณสมบัติหน้าที่ความรับผิดชอบเป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก 1 และต้องขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม
ประกาศกำหนด

ข้อ 3 การจัดฝึกอบรม หลักสูตรการฝึกอบรม และการสอบมาตรฐานของผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก 2

หมวด 2

การออกแบบ

ข้อ 4 ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนต้องจัดให้มีการออกแบบและคำนวณหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่จะทำการสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานสากล ได้แก่ มาตรฐาน ASME, JIS, EN หรือมาตรฐานเทียบเท่า และต้องจัดให้มีหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนทำการตรวจสอบและรับรองแบบ พร้อมทั้งเก็บรักษาแบบและหนังสือรับรองแบบนั้นไว้ภายในโรงงานเพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบได้ความในวรรคแรก มิให้ใช้บังคับกับหม้อน้ำประเภทไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler) ที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนไม่เกิน 10 ตารางเมตร ความดันใช้งานสูงสุด (Maximum Allowable Working Pressure) ไม่เกิน 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่การคำนวณ การออกแบบ ให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรม โดยมีหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนทำการตรวจสอบและรับรองแบบ

หมวด 3

การสร้างและการตรวจสอบการสร้าง

ข้อ 5 ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องทำการสร้าง หรือดัดแปลงหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ได้รับการออกแบบและตรวจรับรองแบบ โดยหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเท่านั้น

ข้อ 6 ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องใช้วัสดุในการสร้างตามมาตรฐานตามที่ได้รับการออกแบบนั้น และมีเอกสารรับรองคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้ในการสร้าง (Mill Certificate) เฉพาะส่วนที่รับแรงดันที่สามารถสอบกลับแหล่งที่มาได้

ข้อ 7 ลวดเชื่อมที่ใช้ในการสร้าง ต้องเหมาะสมกับประเภทของวัสดุที่ใช้ในการสร้างและเป็นไปตามมาตรฐานลวดเชื่อม

ข้อ 8 ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องดำเนินการควบคุมและตรวจสอบการสร้าง ดังต่อไปนี้

(1) จัดให้มีช่างเชื่อม ที่มีความชำนาญในการเชื่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนโดยเฉพาะและได้รับการรับรองตามมาตรฐานการเชื่อม

(2) จัดให้มีเอกสารแสดงขั้นตอนการเชื่อม (Welding Procedure) เพื่อให้เจ้าหน้าที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถตรวจสอบได้

(3) จัดทำเอกสารบันทึกการดำเนินการทุกขั้นตอนในกระบวนการสร้างและการตรวจสอบพร้อมให้เจ้าหน้าที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถตรวจสอบได้ และต้องเก็บรักษาไว้อย่างน้อย 10 ปี

(4) จัดให้มีการตรวจสอบกระบวนการสร้าง หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนโดยหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ทั้งนี้ต้องไม่เป็นวิศวกรรายเดียวกับที่ดำเนินการรับรองแบบในข้อ 4

(5) หลังจากผ่านการตรวจสอบตาม (4) แล้ว ให้ติดตั้งแผ่นโลหะ (Name Plate) ที่ตัวหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนอย่างหนาแน่นถาวรในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจน และอย่างน้อยที่สุดต้องมีการแสดงข้อมูลต่อไปนี้เป็นภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษลงบนแผ่นโลหะ ดังนี้

ก. สำหรับหม้อน้ำ

(1) ชื่อและประเทศของบริษัทผู้ผลิต

(2) เลขทะเบียน วิศวกรหรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และตรวจสอบการสร้าง

(3) เดือน ปี ที่ผลิต

(4) มาตรฐานการสร้าง

(5) ความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด (Maximum allowable working pressure)

(6) อัตราการผลิตไอน้ำ

(7) ความดันทดสอบ

(8) หมายเลขเครื่อง (Serial Number)

(9) รุ่น (Model)

ข. สำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

(1) ชื่อและประเทศของบริษัทผู้ผลิต

(2) เลขทะเบียน วิศวกร หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและตรวจสอบการสร้าง

(3) เดือน ปี ที่ผลิต

(4) มาตรฐานการสร้าง

(5) ค่าความร้อนที่สามารถผลิตได้ (Capacity Output)

(6) อัตราการไหลต่ำสุด (Minimum Flow Rate)

(7) หมายเลขเครื่อง (Serial Number)

(8) รุ่น (Model)

ข้อ 9 ในการสร้าง หากกระบวนการสร้างทำให้คุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป เช่น การเชื่อม หรือการดัดโค้ง ให้ทำการอบคลายเครียดผลิตภัณฑ์ (Stress relief)

ข้อ 10 ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดทำรายงานการสร้าง (Manufacturing Data Report) และส่งรายงานการได้รับการรับรองแบบ และรายงานการตรวจสอบการสร้างให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้ให้เป็นไปตามแบบและวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด

หมวด 4
การติดตั้ง

ข้อ 11 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่จะติดตั้งหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเป็นผู้ตรวจสอบแบบแปลนการติดตั้ง รวมถึงระบบท่อต่างๆ

ข้อ 12 การนำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศมาใช้ในโรงงาน ต้องเป็นหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานสากล ได้แก่ มาตรฐาน ASME, JIS, EN หรือเทียบเท่าและได้รับการตรวจพิสูจน์จากหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ทั้งนี้ ในกรณีที่เป็นหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ใช้งานแล้วต้องมีเอกสารประวัติการใช้งาน การซ่อมแซมและการตรวจสอบด้วยความในวรรคแรก มิให้ใช้บังคับกับหม้อน้ำประเภทไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler) ที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนไม่เกิน 10 ตารางเมตร ความดันใช้งานสูงสุด (Maximum Allowable Working Pressure) ไม่เกิน 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่การคำนวณ การออกแบบ การสร้าง ให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรม โดยมีวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำหรือหม้อน้ำที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ทำการตรวจพิสูจน์

ข้อ 13 สถานที่ติดตั้งและฐานรากหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) หม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ติดตั้งในอาคารต้องมีระยะห่างจากเครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับระบบหม้อน้ำและหม้อต้ม ที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนไม่น้อยกว่า 2.5 เมตร และห่างจากผนังอาคาร หม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และเพดานไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร ยกเว้นหม้อน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler) ที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนไม่เกิน 10 ตารางเมตร และความดันใช้งานสูงสุด ไม่เกิน 10 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้ระยะดังกล่าวต้องเพียงพอต่อการบำรุงรักษาและตรวจสอบ

(2) สถานที่ติดตั้งต้องมีทางเข้าออกอย่างน้อย 2 ทาง มีความกว้างอย่างน้อย 0.6 เมตร ความสูงอย่างน้อย 2 เมตร และต้องปราศจากสิ่งกีดขวางทางเข้าออก

(3) ในกรณีที่จำเป็นต้องเก็บเชื้อเพลิงไว้ในบริเวณสถานที่ติดตั้ง ต้องเก็บอยู่ห่างจากหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนไม่น้อยกว่า 1 เมตร

(4) ฐานรากสถานที่ติดตั้งหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดต้องมั่นคงแข็งแรง

ข้อ 14 การทดสอบก่อนการใช้งาน

(1) ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการติดตั้งหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีการตรวจสอบภายนอกภายใน และการทำงานของระบบการควบคุมก่อนการใช้งานตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในภาคผนวก 3 โดยวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และจัดส่งต้นฉบับรายงานให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมภายใน 30 วัน หลังจากทำการตรวจสอบความปลอดภัย

(2) หม้อน้ำที่นำชิ้นส่วนมาประกอบ ณ สถานที่ใช้งานต้องทำการตรวจสอบตามแนวเชื่อมส่วนรับแรงดัน ภายใต้การควบคุมดูแลของวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อม หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หมวด 5
การใช้งาน

ข้อ 15 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบการใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ข้อ 16 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องแสดงใบอนุญาตผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ไว้ ณ ที่เปิดเผยและเห็นได้ง่ายในบริเวณที่ติดตั้งหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ข้อ 17 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำที่มีกำลังการผลิตไอน้ำเครื่องละตั้งแต่ 20 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป นอกจากจะต้องดำเนินการตามข้อ 16 แล้ว ต้องจัดให้มีวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบการใช้งานหม้อน้ำตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด

ข้อ 18 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำ ต้องจัดให้มีการตรวจสอบหม้อน้ำโดยวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ในเรื่องต่อไปนี้

(1) ตรวจสอบภายนอก

(2) ตรวจสอบภายใน

(3) ตรวจสอบการทำงานของระบบการควบคุม และอุปกรณ์ความปลอดภัย

ทั้งนี้ หลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบ ให้เป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก 3

สำหรับหม้อน้ำที่มีอัตราการผลิตไอน้ำเครื่องละตั้งแต่ 20 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป ที่มีการออกแบบโครงสร้าง การสร้างและใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายตามมาตรฐานสากล หากประสงค์จะตรวจสอบภายใน ทุกระยะเวลาเกินกว่า 1 ปีแต่ไม่เกิน 5 ปีต่อการตรวจสอบหนึ่งครั้งก็ให้กระทำได้ ทั้งนี้ ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด และได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อน

ข้อ 19 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีการตรวจทดสอบความปลอดภัยระหว่างการใช้งาน โดยวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ในเรื่องต่อไปนี้

(1) ตรวจสอบภายนอก

(2) ตรวจสอบภายใน

(3) ตรวจสอบการทำงานของระบบการควบคุม และอุปกรณ์ความปลอดภัย

ทั้งนี้ หลักเกณฑ์ และวิธีการตรวจสอบ ให้เป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก 3

สำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่มีการออกแบบ การสร้างและมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายตามมาตรฐานสากล หากประสงค์จะตรวจสอบภายใน ทุกระยะเวลาเกินกว่า 1 ปีแต่ไม่เกิน 3 ปี ต่อการตรวจทดสอบหนึ่งครั้ง ก็ให้กระทำได้ ทั้งนี้ ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด และได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อน

ข้อ 20 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเป็นประจำทุก 6 เดือน และเก็บรักษาไว้ในโรงงานเพื่อให้เจ้าหน้าที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถตรวจสอบได้

ข้อ 21 หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ที่หยุดใช้งานติดต่อกันนานกว่า 6 เดือน หากจะนำมาใช้อีกครั้ง ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดให้มีการตรวจสอบตามที่กำหนดในภาคผนวก 3 ก่อนทำการใช้งาน

ข้อ 22 ในกรณีที่ผู้ประกอบกิจการโรงงาน หรือส่วนราชการ มีความประสงค์ให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมดำเนินการตรวจทดสอบความปลอดภัยระหว่างการใช้งานของหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เมื่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมพิจารณาแล้ว เห็นว่ามีความเหมาะสมให้วิศวกรเครื่องกลผู้ซึ่งเป็นวิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรมีอำนาจในการดำเนินการตรวจสอบได้ โดยวิศวกรเครื่องกลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวได้รับการยกเว้นไม่ต้องขึ้นทะเบียนตามข้อ 2

ข้อ 23 ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดให้มีการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบตามข้อ 18 ข้อ 19 หรือข้อ 21 ตามแบบที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด และจัดส่งให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมภายใน 30 วัน นับแต่วันที่เสร็จสิ้นการตรวจสอบ

หมวด 6
การซ่อมแซมและดัดแปลง

ข้อ 24 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หากประสงค์จะทำการซ่อมแซม หรือดัดแปลงหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนส่วนที่มีผลกระทบต่อโครงสร้างส่วนที่รับความดัน ต้องดำเนินการดังนี้

(1) จัดให้มีวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อม หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ควบคุมดูแลการซ่อมแซม หรือ ดัดแปลงหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

(2) ดำเนินการให้เป็นไปตามหมวด 3

(3) ภายหลังการซ่อมแซมหรือดัดแปลงหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีการตรวจสอบและทดสอบภายใต้การควบคุม ดูแลของหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้

ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ทั้งนี้ หลักเกณฑ์ และวิธีการตรวจสอบ ให้เป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก 3

(4) จัดส่งรายงานผลการดำเนินงานซ่อมแซม ดัดแปลงและผลการตรวจสอบหลังการซ่อมแซมและดัดแปลงไปให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมภายใน 30 วัน หลังจากซ่อมแซมและดัดแปลงแล้วเสร็จ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด

หมวด 7
การยกเลิกการใช้หม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ข้อ 25 การยกเลิกการใช้งานหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เพื่อเคลื่อนย้ายหรือทำลาย ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องแจ้งให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมทราบก่อนดำเนินการเคลื่อนย้ายหรือทำลายไม่น้อยกว่า 30 วันทำการ

ภาคผนวก 1
หน้าที่และคุณสมบัติของบุคลากรประจำโรงงาน วิศวกร และหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ส่วนที่ 1 ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หน้าที่

(1) ควบคุม ดูแลประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนตลอดเวลาที่ปฏิบัติงานในหน้าที่

(2) ตรวจความเรียบร้อยของหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนก่อนเดินเครื่องและขณะเดินเครื่อง

(3) ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ และค่าควบคุมต่าง ๆ ตามช่วงระยะเวลา พร้อมจัดทำและเก็บรักษาบันทึกรายงานประจำวัน พร้อมที่จะให้เจ้าหน้าที่ตรวจดูได้ตลอดเวลา

(4) ควบคุม ดูแลคุณภาพน้ำป้อน และน้ำภายในหม้อน้ำให้เป็นไปตามประกาศ เรื่องคุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ

(5) ให้หยุดใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนทันที เมื่อพบข้อบกพร่องของหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายร้ายแรงและแจ้งให้วิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ หรือผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานทราบทันที

คุณสมบัติ

(1) ต้องผ่านการอบรมและสอบตามหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ระบุในภาคผนวก 2 หรือ

(2) ต้องมีคุณวุฒิได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างกลโรงงาน หรือช่างยนต์ หรือช่างเทคนิคอุตสาหกรรม หรือช่างเทคนิคการผลิต หรือสาขาอื่นที่มีวิชาการเรียนภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติเกี่ยวกับไอน้ำ ความร้อน การเผาไหม้ การประหยัดพลังงาน ความแข็งแรงของวัสดุ รวมกันไม่น้อยกว่า 9 หน่วยกิต

ส่วนที่ 2 วิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ มีหน้าที่ดังนี้

หน้าที่

(1) ควบคุม กำกับดูแลให้บุคลากรต่างๆ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ ปฏิบัติงานตามมอบหมาย

(2) อำนวยการ วางแผน จัดทำแผน และดำเนินการตามแผนในการใช้งาน การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อน้ำให้มีความมั่นคงแข็งแรงปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และสนับสนุนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

(3) จัดให้มีการตรวจทดสอบเพื่อความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำ ตามที่กฎหมายกำหนด

(4) ควบคุมการแก้ไข และซ่อมแซมหม้อน้ำให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัยต่อการใช้งาน

(5) ให้หยุดการใช้งานหม้อน้ำทันที เมื่อพบข้อบกพร่องของหม้อน้ำซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายร้ายแรง และแจ้งให้ผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานทราบทันที

(6) รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาดในการปฏิบัติหน้าที่

คุณสมบัติ

(1) ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร และไม่อยู่ในระหว่างพักใช้ใบอนุญาต

(2) ไม่เป็นผู้ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม และยังไม่พ้นกำหนดระยะเวลา 3 ปีนับจากวันที่ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียน

ส่วนที่ 3 วิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หน้าที่

(1) ตรวจสอบแบบแปลนการติดตั้ง รวมถึงระบบท่อต่างๆ สำหรับหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนใหม่ก่อนการติดตั้ง พร้อมจัดทำรายงานผลการตรวจสอบ ส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงาน

(2) ตรวจทดสอบความปลอดภัยภายหลังการติดตั้งและตรวจทดสอบความปลอดภัยประจำปีของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย โดยถูกต้องตามหลักวิศวกรรม และเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในภาคผนวก 3 พร้อมทั้งจัดทำรายงานผลการตรวจทดสอบตามแบบที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด ส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงาน

(3) หากตรวจสอบพบว่า หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด หรือไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน ต้องแจ้งผู้ประกอบกิจการโรงงาน และกรมโรงงานอุตสาหกรรมทราบทันที

(4) รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาดในการปฏิบัติหน้าที่

คุณสมบัติ

(1) ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร และไม่อยู่ในระหว่างพักใช้ใบอนุญาต

(2) ไม่เป็นผู้ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม และยังไม่พ้นกำหนดระยะเวลา 3 ปีนับจากวันที่ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียน

ส่วนที่ 4 วิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หน้าที่

(1) ตรวจพิสูจน์ความถูกต้องในการออกแบบสำหรับการผลิต หรือซ่อมแซมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนของวิศวกรผู้ออกแบบ พร้อมจัดทำหนังสือรับรองแบบ ส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนโดยอย่างน้อยต้องมีการระบุมาตรฐานการออกแบบ วิศวกรผู้ออกแบบ อัตราการผลิตไอหรือค่าความร้อนที่ผลิตได้ ชนิดของเชื้อเพลิง รุ่น (Model) ในหนังสือรับรองแบบ ทั้งนี้ผู้ออกแบบและผู้ตรวจพิสูจน์แบบต้องไม่เป็นบุคคลเดียวกัน และไม่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานเดียวกัน

(2) ตรวจสอบการสร้าง หรือซ่อมแซมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พร้อมจัดทำรายงานการตรวจสอบการสร้างส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดย

(ก) ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ในการผลิต ขั้นตอนการผลิตหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

(ข) ตรวจสอบสภาพโรงงานที่สร้างหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนรวมทั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

(ค) ตรวจสอบคุณสมบัติของบุคลากรให้เหมาะสมกับข้อกำหนดในงานที่ปฏิบัติ

(3) ตรวจพิสูจน์การคำนวณ การออกแบบ การสร้าง หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศ พร้อมจัดทำหนังสือรับรองการตรวจพิสูจน์ ส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีความประสงค์ใช้หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนดังกล่าว

(4) จัดทำสรุปรายงานผลการดำเนินการตาม (1) ถึง (3) ตามแบบที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด จัดส่งกรมโรงงานอุตสาหกรรมทุก 6 เดือน ทั้งนี้ กรณีมีการดำเนินการตาม (1) ให้แนบสำเนาหนังสือรับรองแบบด้วย

(5) หากตรวจสอบพบว่า การออกแบบ การผลิต หรือการซ่อมแซม หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด หรือไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน ต้องแจ้งผู้ออกแบบ หรือผู้ประกอบกิจการโรงงานทราบทันที

(6) รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาดในการปฏิบัติหน้าที่

คุณสมบัติ

(1) ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร และไม่อยู่ในระหว่างพักใช้ใบอนุญาต

(2) ไม่เป็นผู้ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมและยังไม่พ้นกำหนดระยะเวลา 3 ปีนับจากวันที่ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียน

ส่วนที่ 5 หน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หน้าที่

(1) ตรวจพิสูจน์ความถูกต้องในการออกแบบสำหรับการผลิต หรือซ่อมแซมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนของวิศวกรผู้ออกแบบ พร้อมจัดทำหนังสือรับรองแบบ ส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยอย่างน้อยต้องมีการระบุ

มาตรฐานการออกแบบ วิศวกรผู้ออกแบบ อัตราการผลิตไอหรือค่าความร้อนที่ผลิตได้ ชนิดของเชื้อเพลิง รุ่น (Model) ในหนังสือรับรองแบบ ทั้งนี้ผู้ออกแบบและผู้ตรวจพิสูจน์แบบต้องไม่เป็นบุคคลเดียวกัน และไม่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานเดียวกัน

(2) ตรวจสอบการสร้าง หรือซ่อมแซมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พร้อมจัดทำรายงานการตรวจสอบการสร้างส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดย

(ก) ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ในการผลิต ขั้นตอนการผลิต การทดสอบรอยบกพร่องจากกระบวนการผลิตหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล

(ข) ตรวจสอบสภาพโรงงานที่ผลิตหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนรวมทั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

(ค) ตรวจสอบคุณสมบัติของบุคลากรให้เหมาะสมกับข้อกำหนดในงานที่ปฏิบัติ

(3) ตรวจพิสูจน์การคำนวณ การออกแบบ การสร้าง หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศ พร้อมจัดทำหนังสือรับรองการตรวจพิสูจน์ ส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีความประสงค์ใช้หม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนดังกล่าว

(4) ตรวจสอบแบบแปลนการติดตั้ง รวมถึงระบบท่อต่างๆ สำหรับหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนใหม่ก่อนการติดตั้ง พร้อมจัดทำรายงานผลการตรวจสอบ ส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงาน

(5) ตรวจทดสอบความปลอดภัยภายหลังการติดตั้ง และตรวจทดสอบความปลอดภัยประจำปีของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย โดยถูกต้องตามหลักวิศวกรรม และเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในภาคผนวก 3 พร้อมทั้งจัดทำรายงานผลการตรวจทดสอบตามแบบที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด ส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงาน

(6) สรุปรายงานผลการดำเนินการตาม (1) ถึง (3) ตามแบบที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด จัดส่งกรมโรงงานอุตสาหกรรมทุก 6 เดือน ทั้งนี้กรณีมีการดำเนินการตาม (1) ให้แนบสำเนาหนังสือรับรองแบบด้วย

(7) หากตรวจสอบพบว่า การออกแบบ การผลิต การซ่อมแซม หรือการติดตั้งหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด หรือไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน ต้องแจ้งผู้ออกแบบ หรือผู้ประกอบกิจการโรงงานทราบทันที

(8) รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาดในการปฏิบัติหน้าที่

คุณสมบัติ

(1) เป็นนิติบุคคลที่จดทะเบียนภายใต้กฎหมายไทย และมีทุนจดทะเบียนไม่น้อยกว่า 1 ล้านบาท

(2) มีสำนักงานที่แน่นอน สถานที่ปฏิบัติงานที่เหมาะสมและมีพื้นที่เพียงพอเพื่อใช้ในการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบและตรวจสอบ

(3) มีวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณสมบัติและคุณวุฒิดังนี้ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 คน

(ก) ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร และไม่อยู่ระหว่างการพักใช้ใบอนุญาต

(ข) มีประสบการณ์ด้านงานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนไม่น้อยกว่า 3 ปี

(4) มีผู้ชำนาญการที่ผ่านการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทดสอบแบบไม่ทำลาย ได้แก่ การทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง การทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก การทดสอบด้วยสารแทรกซึม จากสถาบันที่เชื่อถือได้ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 คน

(5) มีเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบดังนี้

(ก) ชุดเครื่องมือตรวจสอบแนวเชื่อมเหล็ก

(ข) เครื่องมือวัดความหนาโลหะ

(ค) เครื่องมือทดสอบลิ้นนิรภัย

(ง) เครื่องมือทดสอบเกจวัดความดัน

(จ) เครื่องอัดน้ำความดันสูง

(6) มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมประเภทนิติบุคคลจากสภาวิศวกร

(7) ไม่เป็นหน่วยงานที่ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมและยังไม่พ้นกำหนดระยะเวลา 3 ปีนับจากวันที่ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียน

(8) เป็นหน่วยงานที่ผู้บริหารไม่เป็นบุคคลเดียวกับผู้บริหารของหน่วยงานที่ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม และยังไม่พ้นกำหนดระยะเวลา 3 ปีนับจากวันที่ถูกเพิกถอนการขึ้นทะเบียน

ภาคผนวก 2

การจัดฝึกอบรม หลักสูตรการฝึกอบรมและการสอบมาตรฐาน

ส่วนที่ 1 การจัดฝึกอบรม

1. การจัดฝึกอบรมหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องดำเนินการโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือหน่วยงานที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมมอบหมาย หรือหน่วยงานจัดฝึกอบรมที่ขึ้นทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม

2. คุณสมบัติของหน่วยงานจัดฝึกอบรม หน่วยงานจัดฝึกอบรม ต้องเป็นมหาวิทยาลัย หรือหน่วยงานภาครัฐ หรือองค์กรเอกชน ที่จดทะเบียนภายใต้กฎหมายไทยที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

(1) มีประสบการณ์ในการจัดฝึกอบรมให้บุคคล หรือหน่วยงานภายนอกต่างๆ ไม่น้อยกว่า 1 ปี

(2) มีวิทยากรที่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามข้อ 3 ทั้งนี้ต้องมีจำนวนเพียงพอในการบรรยายตามหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง

(3) มีบุคลากรที่ทำหน้าที่บริหารจัดการการฝึกอบรม ซึ่งมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาตรีอย่างน้อย 1 คน

(4) ไม่ใช่หน่วยงานที่ถูกเวียนชื่อเป็นผู้ละทิ้งงาน

(5) ไม่มีปัญหาด้านการเงิน

(6) ไม่เป็นหน่วยงานที่ถูกเพิกถอนสิทธิหรือใบรับรองการจัดฝึกอบรม

3. คุณสมบัติของวิทยากร

(1) ต้องจบปริญญาตรีขึ้นไปในด้านวิศวกรรมศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและมีประสบการณ์ในหัวข้อที่บรรยายไม่น้อยกว่า 3 ปี หรือ

(2) ต้องจบประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างยนต์ ช่างกลโรงงาน ช่างเทคนิคอุตสาหกรรม หรือช่างไฟฟ้าโดยมีประสบการณ์เกี่ยวกับหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และหัวข้อที่บรรยายไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือ

(3) ช่างชำนาญการโดยมีประสบการณ์เกี่ยวกับหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และหัวข้อที่บรรยายไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือ

(4) เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานของรัฐซึ่งปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและมีประสบการณ์ในหัวข้อที่บรรยายไม่น้อยกว่า 3 ปี

4. การยื่นคำขอเป็นหน่วยงานจัดฝึกอบรมให้ยื่นต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วยหลักฐานดังต่อไปนี้

(1) หลักฐานการจดทะเบียนนิติบุคคล

(2) รายชื่อกรรมการบริหาร

(3) รายชื่อบุคลากรที่ทำหน้าที่บริหารจัดการการฝึกอบรม พร้อมเอกสารหลักฐานแสดงคุณสมบัติ

(4) รายชื่อวิทยากร เอกสารหลักฐานแสดงคุณสมบัติของวิทยากรและหนังสือยืนยันการเป็นวิทยากรให้กับหน่วยงาน

(5) เอกสารประกอบการฝึกอบรมที่มีเนื้อหาวิชาตรงกับหัวข้อและวัตถุประสงค์ในหลักสูตรผู้ควบคุมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

(6) แผนการดำเนินการและเป้าหมายการจัดอบรมประจำปี โดยระบุสถานที่จัดฝึกอบรม

(7) อัตราค่าลงทะเบียน

(8) แผนที่หรือเอกสารแสดงที่ตั้งของหน่วยงานโดยสังเขป

(9) อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

5. หน่วยงานจัดฝึกอบรมต้องแจ้งแผนการดำเนินการประจำปี ภายในวันที่ 31 มกราคม ของทุกปี

6. หน่วยงานจัดฝึกอบรมต้องแจ้งกำหนดการจัดฝึกอบรม พร้อมแนบรายชื่อวิทยากรต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม ทุกครั้งไม่น้อยกว่า 15 วันทำการก่อนการจัดฝึกอบรม

7. หน่วยงานจัดฝึกอบรม ต้องจัดให้มีผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ครั้งละไม่เกิน 70 คน และจัดให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีการลงชื่อเข้าอบรมทั้งภาคเช้าและบ่ายตลอดหลักสูตรการฝึกอบรม

8. ให้พนักงานเจ้าหน้าที่ของกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีอำนาจเข้าไปในสถานที่จัดฝึกอบรมของหน่วยงานจัดฝึกอบรม เพื่อประโยชน์ในการควบคุมและกำกับดูแลการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

9. หน่วยงานจัดฝึกอบรม ต้องจัดให้มีการฝึกอบรมตามหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนตามที่กำหนดในส่วนที่ 2

10. หน่วยงานจัดฝึกอบรมต้องออกใบรับรองให้ผู้เข้ารับการอบรมที่ผ่านการสอบมาตรฐานหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนโดยให้ระบุชื่อหน่วยงานจัดฝึกอบรมเลขทะเบียนหน่วยงานจัดฝึกอบรม ชื่อหลักสูตร ชื่อสกุลผู้ผ่านการอบรม วันเดือนปีที่อบรม ลงในใบรับรอง

11. หน่วยงานฝึกอบรม ต้องรายงานสรุปผลการฝึกอบรมพร้อมแนบรายชื่อ และข้อมูลผู้สำเร็จการฝึกอบรมต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อทราบภายใน 15 วัน นับแต่วันที่เสร็จสิ้นการฝึกอบรม

12. การขึ้นทะเบียนเป็นหน่วยงานจัดฝึกอบรมผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน มีผลใช้บังคับ 3 ปีนับตั้งแต่วันที่ขึ้นทะเบียน หากหน่วยงานจัดฝึกอบรมมีความประสงค์จะดำเนินการต่อไป ให้ยื่นคำขอต่ออายุทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม ก่อนวันที่หมดอายุไม่น้อยกว่า 30 วัน

13. กรณีที่ตรวจสอบพบว่า หน่วยงานจัดฝึกอบรมฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามกฎหมายนี้ ให้อธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือผู้ซึ่งอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรมมอบหมายมีอำนาจสั่งการดังต่อไปนี้

(1) มีหนังสือเตือนให้ปฏิบัติให้ถูกต้องภายในระยะเวลาที่กำหนด

(2) เพิกถอนสิทธิการจัดฝึกอบรมเป็นการชั่วคราว

(3) เพิกถอนใบรับรองการเป็นหน่วยงานจัดฝึกอบรม

ส่วนที่ 2 หลักสูตรการฝึกอบรมผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

1. หลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน มีระยะเวลาการฝึกอบรมจำนวน 36 ชั่วโมง ประกอบด้วยภาคทฤษฎี 30 ชั่วโมง การดูงานภาคสนาม 3 ชั่วโมง และการสอบมาตรฐาน 3 ชั่วโมง

2. หัวข้อ ระยะเวลาในการฝึกอบรมและวัตถุประสงค์ ของหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้เป็นไปตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด

ส่วนที่ 3 การสอบมาตรฐาน

1. การสอบมาตรฐานหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องดำเนินการโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือหน่วยงานที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมมอบหมาย

2. ผู้เข้าสอบมาตรฐานต้องเป็นผู้ที่เข้าอบรมหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลาเรียนตามหลักสูตรทั้งหมด

3. ผู้เข้าสอบมาตรฐาน ต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 จึงจะถือว่าผ่านการสอบมาตรฐาน

ภาคผนวก 3

หลักเกณฑ์ และวิธีการตรวจทดสอบหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ส่วนที่ 1 การเตรียมการก่อนการตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

1. ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดเตรียมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนก่อนการตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและบุคลากร ดังนี้

1.1 หยุดการใช้หม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ล่วงหน้าก่อนการตรวจทดสอบ โดยการหยุดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (ปิด Burner กรณีหม้อน้ำใช้เชื้อเพลิงเหลว หากใช้เชื้อเพลิงแข็ง เช่น ฟืน ขี้เลื่อย แกลบ ถ่านหิน ฯลฯ ให้นำเชื้อเพลิงพร้อมขี้เถ้าออกจากเตาให้หมด)

1.2 ระบายไอน้ำออกจากหม้อน้ำให้หมด และลดอุณหภูมิภายในหม้อน้ำหรือ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนให้มีอุณหภูมิไม่เกิน 49^{0}C ทั้งนี้ การลดอุณหภูมิหม้อน้ำไม่ควรถ่ายน้ำร้อนทั้งหมดทิ้งแล้วเติมน้ำเย็นทันที

1.3 เปิดประตูเตาหรือฝาด้านหน้า-หลัง หรือช่องเปิดต่างๆ ของหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เพื่อให้เห็นผิวด้านสัมผัสไฟและทำความสะอาดผิวด้านสัมผัสไฟทั้งหมดให้ปราศจากเขม่าขี้เถ้า

1.4 ระบายน้ำออกจากหม้อน้ำให้หมด เปิดช่องคนลอด ช่องมือลอด ช่องทำความสะอาดและทำความสะอาดภายในหม้อน้ำ

1.5 จัดเตรียมปะเก็นของส่วนต่างๆ เช่น ช่องคนลอด ช่องมือลอด ฝาหน้า-หลัง และหน้าแปลนต่างๆ เพื่อสำหรับเปลี่ยนใหม่ภายหลังจากการเปิดตรวจทดสอบหรือทำความสะอาด

1.6 จัดให้ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และผู้ที่เกี่ยวข้องอยู่อำนวยความสะดวกหรือให้ข้อมูลแก่วิศวกร และรับทราบคำแนะนำจากวิศวกรในวันตรวจทดสอบ

1.7 กรณีที่มีการใช้หม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป โดยมีระบบท่อร่วมกันให้ตัดแยกระบบท่อไอน้ำของหม้อน้ำ หรือท่อน้ำมันของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ที่กำลังใช้งานออกจากระบบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่จะตรวจทดสอบ

1.8 จัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น บันทึกประจำวันการใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ประวัติการซ่อมแซมหรือบำรุงรักษา รายงานผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเข้าหม้อน้ำ รายงานผลการวิเคราะห์คุณภาพของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน หรือเอกสารที่จำเป็นเพื่อประกอบการตรวจทดสอบ

1.9 ถอดชิ้นส่วนอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการตรวจทดสอบตามคำร้องขอของผู้ตรวจทดสอบ

2. ผู้ตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน จะต้องทบทวนประวัติหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เพื่อประกอบการพิจารณาตรวจทดสอบ การสืบค้นปัญหาและการวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยให้พิจารณาจากข้อมูลตามข้อ 1.8

3. ผู้ประกอบกิจการโรงงานและวิศวกรผู้ตรวจทดสอบจะต้องคำนึงถึงอันตรายต่างๆ และดำเนินการให้เกิดความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะตรวจสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ในเรื่องดังต่อไปนี้

3.1 ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้เพียงพอต่อการใช้งาน และต้องระมัดระวังอันตรายต่างๆ ในบริเวณทำงาน และอันตรายที่อาจเกิดจากการตรวจทดสอบ

3.2 ต้องจัดให้มีการป้องกันการเริ่มทำงานของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยการตัดแยกระบบพลังงานเพื่อป้องกันอันตรายจากการจ่ายพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานอื่นๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ตรวจทดสอบในระหว่างการตรวจทดสอบ

3.3 ต้องจัดให้มีการระบายอากาศภายในห้องเผาไหม้หม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือบริเวณที่อับอากาศ (Confined Space) อย่างเพียงพอที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ตรวจทดสอบ

ส่วนที่ 2 การตรวจสอบสภาพภายนอก (External Inspection)

ผู้ตรวจทดสอบต้องดำเนินการดังนี้

1. ตรวจดูสภาพการติดตั้งหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบท่อ ความถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ความเหมาะสมของพื้นที่ติดตั้ง

2. ตรวจสอบสภาพภายนอก หากพบสิ่งผิดปกติให้ถอดฉนวนออกบางส่วนเพื่อตรวจสภาพเปลือกหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือโครงสร้างภายในฉนวน

3. ตรวจสอบสภาพการรั่วซึมของส่วนต่างๆ ของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

4. ตรวจสอบสภาพรอยร้าวในส่วนต่างๆ ของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

5. ตรวจสอบจำนวน ขนาด การติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย เพื่อให้มีความสมบูรณ์ตามหลักวิศวกรรมและถูกต้องตามที่กฎหมายกำหนด

ส่วนที่ 3 การตรวจสอบสภาพภายใน (Internal Inspection)

ผู้ตรวจทดสอบต้องดำเนินการดังนี้

1. ตรวจสอบสภาพผิวด้านสัมผัสไฟ และด้านสัมผัสน้ำ เช่น ผนังเตา ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) ท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก (Smoke Tube) ผนังหน้า-หลัง (End Plate) ท่อน้ำ (Water Tube) ท่อของเหลว อุปกรณ์อุ่นน้ำ (Economizer) อุปกรณ์อุ่นอากาศ (Air Pre-heater) ของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยให้ตรวจสอบดังต่อไปนี้

1.1 ตรวจสอบการบิดเบี้ยว การยุบตัวหรือการเสียรูป การแตกร้าวของรอยเชื่อม การรั่วซึม และต้องตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาว ความหนา เพื่อประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างรับความดัน

1.2 ตรวจสอบการบิดเบี้ยว การเสียรูปหรือความผิดปกติเนื่องจากความร้อน(Overheat)

1.3 ตรวจสอบสภาพการผุกร่อน การกัดกร่อนของผิวด้านสัมผัสน้ำ และด้านสัมผัสไฟ

1.4 สำหรับหม้อน้ำ ตรวจสอบสภาพของตะกรันและการสะสมของโคลนตะกอน โดยความหนาของตะกรันที่ตรวจพบต้องไม่มากกว่า 1/16 นิ้ว (1.5 มิลลิเมตร)

1.5 ตรวจสอบสภาพปูนทนไฟ อิฐทนไฟ หรือฉนวนกันความร้อน

1.6 ตรวจสอบความหนาและความแข็งแรงของโครงสร้างรับความดัน และสภาพรอยเชื่อมต่างๆ โดยวิธีการและเครื่องมือตรวจสอบให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ตรวจสอบ

1.7 ตรวจสอบสภาพเหล็กยึดโยงต่างๆ

1.8 ตรวจสอบการอุดตันของท่อทางเข้าและออกต่างๆ

2. ตรวจทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างรับความดันของหม้อน้ำ ด้วยการอัดน้ำ (Hydrostatic Test) โดยน้ำที่ใช้อัดทดสอบหม้อน้ำต้องมีอุณหภูมิไม่เกิน 49^{0}C ในการตรวจทดสอบให้ดำเนินการดังนี้

2.1 กรณีหม้อน้ำ สร้างใหม่ หรือมีการดัดแปลง ซ่อมแซม หรือเปลี่ยนโครงสร้างรับความดัน ให้วิศวกรผู้ตรวจทดสอบทำการอัดน้ำที่ความดันไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความดันอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด (Maximum Allowable Working Pressure หรือ MAWP) และคงความดันไว้ไม่น้อยกว่า 10 นาที จากนั้นให้ลดความดันลงเหลือเท่ากับ 1 เท่า หรือไม่เกิน 1.25 เท่าของความดันอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด (MAWP) แล้วตรวจสอบการรั่วซึมในส่วนต่างๆ

2.2 กรณีการตรวจทดสอบความดันด้วยการอัดน้ำประจำปี (Annual Hydrostatic Test) ให้วิศวกรผู้ตรวจทดสอบทำการอัดน้ำที่ความดันไม่ต่ำกว่า 1 เท่า หรือไม่เกิน 1.25 เท่าของความดันอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด (MAWP) และต้องมีการตรวจสอบการรั่วซึม โดยในการนี้ให้คงความดันไว้จนกว่าการตรวจสอบการรั่วซึมจะแล้วเสร็จ

2.3 ในการดำเนินการตามข้อ 2.1 หรือข้อ 2.2 หากไม่ทราบข้อมูลความดันอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด (MAWP) ให้วิศวกรอัดน้ำทดสอบที่ความดันไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความดันใช้งานสูงสุด (Maximum Working Pressure หรือ MWP) และคงความดันไว้ไม่น้อยกว่า 30 นาที เพื่อตรวจสอบการรั่วซึมในส่วนต่างๆ

2.4 ปรับตั้งการทำงานลิ้นนิรภัย (Safety Valve) ของหม้อน้ำให้ระบายไอน้ำที่ความดันไม่เกิน 1.03 เท่าของความดันอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด (MAWP)

ส่วนที่ 4 การตรวจสอบสภาพการทำงานของระบบการควบคุมและอุปกรณ์ความปลอดภัย (Functional Test)

ผู้ตรวจทดสอบจะต้องตรวจสอบสภาพ ความเหมาะสม ความครบถ้วน ความถูกต้องในการทำงานของอุปกรณ์ส่วนควบ อุปกรณ์ ระบบความปลอดภัยตามที่กำหนดในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ส่วนที่ 5 การดำเนินการภายหลังการตรวจสอบ และความรับผิดชอบของผู้ตรวจสอบ

1. ผู้ตรวจทดสอบต้องจัดให้มีการถ่ายภาพที่แสดงถึงการตรวจทดสอบภายใน และหรือภายนอกหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนซึ่งกระทำโดยผู้ตรวจทดสอบ โดยให้แนบภาพถ่ายท้ายรายงานผลการตรวจทดสอบ

2. ผู้ตรวจทดสอบ ต้องจัดทำเอกสารรายงานผลการตรวจทดสอบความปลอดภัยหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน แล้วจัดส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานพร้อมกับสำเนาใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม และสำเนาหนังสืออนุญาตให้ขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนโดยรับรองสำเนาถูกต้อง

3. กรณีพบว่าโครงสร้าง ส่วนประกอบหรือระบบการทำงานของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งหมดมีข้อบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์เชิงวิศวกรรม วิศวกรตรวจทดสอบหรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องบันทึกข้อบกพร่องหรือความไม่สมบูรณ์พร้อมคำแนะนำวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องและความไม่สมบูรณ์นั้นให้แก่ผู้ประกอบกิจการโรงงาน

---

3) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 5 แห่งกฎกระทรวงกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ตามประกาศนี้ อุปกรณ์หรือระบบความปลอดภัยและการติดตั้ง ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานหม้อน้ำ มาตรฐานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนหรือมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้อง ในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานใดกำหนดให้ใช้อุปกรณ์หรือระบบความปลอดภัยและการติดตั้งตามหลักวิศวกรรมในกรณีที่อุปกรณ์ หรือระบบความปลอดภัย หรือการติดตั้งไม่เป็นไปตามประกาศนี้ ต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

หมวด 1

อุปกรณ์ และระบบความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำ

ข้อ 2 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการติดตั้งหรือใช้หม้อน้ำ ต้องจัดให้มีอุปกรณ์และระบบความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำ ดังนี้

2.1 เครื่องสูบน้ำป้อนหม้อน้ำ

2.1.1 ต้องสามารถสูบน้ำป้อนหม้อน้ำที่ปริมาณไม่น้อยกว่าอัตราการผลิตไอน้ำสูงสุด

2.1.2 ต้องสามารถสูบน้ำป้อนหม้อน้ำที่ความดันไม่น้อยกว่า 1.1 เท่าของความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด (Maximum Allowable Working Pressure: MAWP)

2.2 ลิ้นนิรภัย

2.2.1 ต้องติดตั้งอย่างน้อย 1 ชุด และในกรณีที่หม้อน้ำมีพื้นที่ผิวรับความร้อนมากกว่า 50 ตารางเมตร ต้องติดตั้งอย่างน้อย 2 ชุด

2.2.2 ต้องสามารถระบายไอน้ำที่ความดันออกแบบหม้อน้ำได้ไม่น้อยกว่าอัตราการผลิตไอน้ำสูงสุดและต้องระบายไอน้ำได้มากกว่าอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงสูงสุด (Maximum Firing Rate)

2.2.3 ต้องสามารถทดสอบการทำงานได้ในขณะใช้งาน

2.2.4 ต้องไม่มีลิ้นปิดเปิดคั่นระหว่างหม้อน้ำกับลิ้นนิรภัยและต้องไม่มีลิ้นปิดเปิด หรือปลั๊กอุดที่ท่อทางออกของลิ้นนิรภัย

2.2.5 ต้องปรับตั้งลิ้นนิรภัยให้ระบายไอน้ำที่ความดันไม่เกิน 1.03 เท่าของความดันอนุญาตใช้งานสูงสุดของหม้อน้ำ (MAWP)

2.2.6 การต่อท่อระบายไอน้ำออกจากลิ้นนิรภัย ต้องมีขนาดและวิธีการติดตั้งที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

2.2.7 ต้องจัดให้มีการป้องกันอันตรายหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ เนื่องจากความดัน ความร้อนและเสียงซึ่งเกิดจากการระบายไอน้ำของลิ้นนิรภัย

2.3 อุปกรณ์แสดงระดับน้ำ เช่น หลอดแก้ว แท่งแก้ว แถบแม่เหล็ก เป็นต้น

2.3.1 ต้องติดตั้งอย่างน้อย 1 ชุด

2.3.2 ต้องติดตั้งครอบป้องกันอันตราย ในกรณีอุปกรณ์แสดงระดับน้ำเป็นแบบหลอดแก้วและหลอดแก้วต้องเป็นชนิดนิรภัย

2.3.3 ต้องมีเครื่องหมายแสดงระดับน้ำต่ำสุด ระดับน้ำปกติและระดับน้ำสูงสุดให้เห็นชัดเจน

2.3.4 ต้องติดตั้งลิ้นปิดเปิด ที่ท่อระหว่างหม้อน้ำกับอุปกรณ์แสดงระดับน้ำโดยขนาดของท่อและลิ้นปิดเปิดต้องไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร

2.3.5 ต้องติดตั้งลิ้นปิดเปิดและต่อท่อระบายใต้อุปกรณ์แสดงระดับน้ำไปยังที่ที่ปลอดภัยและสามารถมองเห็นน้ำหรือไอน้ำที่ระบายออก

2.4 ลิ้นกันกลับ (Check Valve หรือ Non Return Valve)

2.4.1 ต้องติดตั้งที่ท่อป้อนน้ำระหว่างเครื่องสูบน้ำกับหม้อน้ำ อย่างน้อย 1 ชุด โดยให้อยู่ใกล้หม้อน้ำมากที่สุด และมีขนาดไม่เล็กกว่าท่อป้อนน้ำ ในกรณีที่หม้อน้ำมีการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำ (Economizer) ให้ติดตั้งลิ้นกันกลับระหว่างเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์อุ่นน้ำ

2.4.2 ในกรณีที่หม้อน้ำใช้เครื่องสูบน้ำ 2 เครื่องต่อท่อป้อนน้ำเข้าหม้อน้ำร่วมกันต้องติดตั้งลิ้นกันกลับเพิ่มอีก 1 ชุด ที่ท่อส่งน้ำของเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่อง

2.4.3 ในกรณีที่หม้อน้ำ 2 เครื่องต่อท่อจ่ายไอน้ำร่วมกันต้องติดตั้งลิ้นกันกลับที่ท่อจ่ายไอน้ำของหม้อน้ำแต่ละเครื่อง

2.5 มาตรวัดความดันไอน้ำ (Pressure Indicator หรือ Pressure Gauge)

2.5.1 ต้องติดตั้งอย่างน้อย 1 ชุด

2.5.2 ต้องติดตั้งท่อไส้ไก่ (Siphon) หรือท่อรูปตัวยู (U-Shape) ระหว่างหม้อน้ำและมาตรวัดความดันไอน้ำ

2.6 ลิ้นระบายใต้หม้อน้ำ (Blow down Valve)

2.6.1 ต้องติดตั้งอย่างน้อย 1 ชุด

2.6.2 ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร และไม่มากกว่า 65 มิลลิเมตร

2.6.3 ต้องติดตั้งบริเวณจุดต่ำสุดของหม้อน้ำ และอยู่ในตำแหน่งที่สะดวกต่อการใช้งาน

2.6.4 ต้องจัดให้มีการป้องกันอันตรายหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ เนื่องจากความดัน ความร้อนและเสียง ซึ่งเกิดจากการระบายน้ำร้อนออกจากลิ้นระบายใต้หม้อน้ำ

2.7 ฉนวนกันความร้อน

2.7.1 ต้องหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ตัวหม้อน้ำ ลิ้นจ่ายไอน้ำ (Main Steam Valve) ท่อจ่ายไอน้ำ ถังพักไอน้ำ ผนังห้องเผาไหม้เชื้อเพลิง (ในกรณีห้องเผาไหม้อยู่นอกหม้อน้ำ) รวมทั้งถังเก็บน้ำร้อน ปล่องไอเสียและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ ซึ่งมีอุณหภูมิผิวตั้งแต่ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป และติดตั้งอยู่ในระดับความสูงหรือบริเวณที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้อยู่ใกล้เคียง

2.7.2 ผิวฉนวนกันความร้อน ต้องมีอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ในขณะใช้หม้อน้ำ

2.8 ลิ้นจ่ายไอน้ำ

2.8.1 ต้องเป็นชนิดปิดเปิดช้า เช่น โกล์บวาล์ว (Globe Valve)

2.8.2 ต้องติดตั้งที่ด้านบนของตัวหม้อน้ำ ถังพักไอน้ำ (Steam Header) โดยติดตั้งให้ใกล้กับโครงสร้างรับความดันมากที่สุด

2.9 เครื่องควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ

2.9.1 ต้องติดตั้งอย่างน้อย 1 ชุด

2.9.2 ต้องติดตั้งให้มีหน้าที่การทำงานอย่างน้อย ดังนี้

(1) ต้องต่อวงจรการทำงานของสัญญาณเตือนภัย เมื่อระดับน้ำต่ำผิดปกติ (Low Water Alarm) โดยสัญญาณเตือนภัยให้แสดงเป็นแสงและเสียง สำหรับวงจรแสงเตือนภัย ต้องติดตั้งให้ทำงานด้วยสวิตช์ตัดต่อแบบอัตโนมัติจากเครื่องควบคุมระดับน้ำ โดยต้องไม่มีสวิตช์ตัดต่อการทำงานแบบปิดเปิดด้วยมือ

(2) ต้องตัดวงจรพัดลมช่วยเผาไหม้เชื้อเพลิง เมื่อระดับน้ำต่ำถึงจุดวิกฤต (Low Water Cut-off) ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งใช้พัดลมช่วยเผาไหม้และป้อนเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยคน

(3) ต้องตัดวงจรการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์เผาไหม้เชื้อเพลิง เมื่อระดับน้ำต่ำถึงจุดวิกฤตในกรณีที่ใช้เครื่องพ่นไฟ (Burner) หรืออุปกรณ์เผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งแบบป้อนเชื้อเพลิงและอากาศอัตโนมัติ

2.10 สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Switch)

2.10.1 ต้องติดตั้งอย่างน้อย 1 ชุด โดยไม่มีลิ้นปิดเปิดคั่นระหว่างหม้อน้ำกับสวิตช์ควบคุมความดัน

2.10.2 ต้องติดตั้งให้มีหน้าที่การทำงานอย่างน้อย ดังนี้

(1) ต้องตัดวงจรการทำงานทั้งหมดของเครื่องพ่นไฟ หรืออุปกรณ์เผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งแบบป้อนเชื้อเพลิงและป้อนอากาศ (Force Draft Fan) อัตโนมัติ เมื่อความดันไอน้ำสูงถึงจุดวิกฤต (High Pressure Cut off) ในกรณีนี้เมื่อความดันไอน้ำต่ำลงถึงจุดที่ตั้งไว้ สวิตช์ควบคุมความดันต้องไม่สามารถต่อวงจรให้อุปกรณ์เผาไหม้เชื้อเพลิงทำงานใหม่แบบอัตโนมัติ

(2) ต้องต่อวงจรการทำงานของสัญญาณเตือนภัย เมื่อความดันไอน้ำสูงถึงจุดวิกฤต โดยสัญญาณเตือนภัยให้แสดงเป็นแสงและเสียง สำหรับวงจรแสงเตือนภัย ต้องติดตั้งให้ทำงานด้วยสวิตช์ตัดต่อแบบอัตโนมัติจากสวิตช์ควบคุมความดันโดยตรงและต้องไม่มีสวิตช์ตัดต่อการทำงานแบบปิดเปิดด้วยมือ

2.11 อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ (Flame Detector) สำหรับเชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซ

2.11.1 ต้องเป็นชนิดที่สามารถตรวจจับรังสีความร้อนหรือคลื่นแสงหรืออุณหภูมิของห้องเผาไหม้ ตรงตามประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้กับหม้อน้ำ

2.11.2 ต้องติดตั้งที่เครื่องพ่นไฟหรือห้องเผาไหม้และให้ทำหน้าที่ตัดวงจรการทำงานของเครื่องพ่นไฟ ในกรณี ดังนี้

(1) เมื่อตรวจพบเปลวไฟในห้องเผาไหม้ ในขณะวงจรไล่อากาศอัตโนมัติของเครื่องพ่นไฟกำลังทำงาน (Pre Purge)

(2) เมื่อตรวจไม่พบเปลวไฟในห้องเผาไหม้ ในขณะที่วงจรไล่อากาศอัตโนมัติทำงานสิ้นสุดลง และวงจรป้อนเชื้อเพลิงกำลังทำงานแต่จุดไฟไม่ติด หรือจุดไฟติดแล้วแต่เปลวไฟดับไป

2.12 มาตรวัดอุณหภูมิปล่องไอเสีย

ต้องติดตั้งที่ปล่องไอเสียบริเวณใกล้ทางออกของหม้อน้ำมากที่สุด อย่างน้อย 1 ชุด

2.13 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิปล่องไอเสีย (Flue Gas Thermostat)

2.13.1 ต้องติดตั้งที่ปล่องไอเสียบริเวณใกล้ทางออกของหม้อน้ำมากที่สุดอย่างน้อย 1 ชุด

2.13.2 ต้องติดตั้งให้มีหน้าที่การทำงาน เมื่ออุณหภูมิปล่องไอเสีย สูงเกินอุณหภูมิที่กำหนด โดยต้องต่อวงจรการทำงานของสัญญาณเตือนภัย โดยสัญญาณเตือนภัยให้แสดงเป็นแสงและเสียง สำหรับวงจรแสงเตือนภัย ต้องติดตั้งให้ทำงานด้วยสวิตช์ตัดต่อแบบอัตโนมัติจากสวิตช์ควบคุมอุณหภูมิโดยตรง โดยต้องไม่มีสวิตช์ตัดต่อการทำงานแบบปิดเปิดด้วยมือ

2.14 บันไดและทางเดินสำหรับหม้อน้ำ

หม้อน้ำที่สูงเกิน 3 เมตรจากพื้นถึงเปลือกด้านบน ต้องติดตั้งบันไดและทางเดินพร้อมราวจับและขอบกันตก

หมวด 2
อุปกรณ์ และระบบความปลอดภัยสำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ข้อ 3 ในหมวดนี้

“ของเหลว” หมายถึง ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Heat Transfer Medium หรือ Thermal Fluid หรือ Thermo Fluid หรือ Thermic Fluid หรือ Thermal Oil หรือ Thermo Oil หรือ Hot Oil) เช่น น้ำมันจากปิโตรเลียม (Mineral Oil) ของเหลวกึ่งสังเคราะห์ (Semi-synthetic Fluid) ของเหลวสังเคราะห์ (Synthetic Fluid) หรือของเหลวอื่นๆ ที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำและจุดเดือดสูงกว่าน้ำ โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งผ่านความร้อน

ข้อ 4 ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการติดตั้งหรือใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนต้องจัดให้มีอุปกรณ์และระบบความปลอดภัยอย่างน้อย ดังนี้

4.1 ถังรับการขยายตัว (Expansion Tank)

4.1.1 ปริมาณความจุของถัง

กรณีของเหลวในระบบทั้งหมด น้อยกว่า 1000 ลิตร ถังต้องรองรับปริมาณของเหลวที่ขยายตัวได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณของเหลวในระบบทั้งหมด

กรณีของเหลวในระบบทั้งหมด ตั้งแต่ 1000 ลิตรขึ้นไป ถังต้องรองรับปริมาณของเหลวที่ขยายตัวได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของปริมาณของเหลวในระบบทั้งหมด

4.1.2 ต้องติดตั้งถังในตำแหน่งที่สูงกว่าท่อหรืออุปกรณ์ที่มีของเหลวและอยู่สูงสุดในระบบ ไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร ยกเว้นระบบที่ใช้ก๊าซเฉื่อยเพิ่มความดันหน้าเครื่องสูบของเหลว

4.1.3 ต้องติดตั้งเครื่องควบคุมระดับของเหลวในถังรับการขยายตัว และให้ส่งสัญญาณเตือนภัย เป็นแสงหรือเสียง เมื่อระดับของเหลวต่ำกว่าปกติ

4.1.4 กรณีที่มีของเหลวในระบบตั้งแต่ 1000 ลิตรขึ้นไป ต้องจัดให้มีท่อระบายของเหลวไหลล้น (Overflow Pipes) จากถังรับการขยายตัวลงสู่ถังเก็บของเหลว

4.1.5 ต้องติดตั้งท่อสำหรับของเหลวขยายตัว(Expansion Pipe) ระหว่างจุดต่ำสุดของถังรับการขยายตัว กับ ท่อทางดูดของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน

4.2 ถังเก็บของเหลว (Storage Tank หรือ Drain Tank)

4.2.1 ต้องติดตั้งถังเก็บของเหลวในกรณีที่มีของเหลวในระบบตั้งแต่ 1000 ลิตรขึ้นไป

4.2.2 ต้องติดตั้งเครื่องสูบของเหลว สำหรับเติมของเหลวเข้าสู่ระบบหรือถ่ายของเหลวออกจากระบบสู่ถังเก็บ โดยใช้สวิตช์ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบของเหลวแบบปิดเปิดด้วยมือ ห้ามเติมของเหลวเข้าสู่ระบบ ในขณะที่ของเหลวในระบบมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าจุดเดือดของน้ำ

4.3 เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน (Circulating Pump)

4.3.1 ต้องติดตั้งลิ้นปิดเปิดที่ท่อทางเข้าและออกของเครื่องสูบของเหลว

4.3.2 ต้องมีอัตราการไหลและความดันเพียงพอต่อการหมุนเวียนของเหลวผ่านท่อรับความร้อน โดยไม่ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของของเหลว (Film Temperature) สูงเกินค่าที่ยอมได้

4.3.3 ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง ต้องติดตั้งเครื่องสูบของเหลวที่ใช้กำลังจากเครื่องยนต์ อย่างน้อย 1 ชุด และต้องสามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้ทันทีเมื่อไฟฟ้าดับหรือต้องจัดให้มีระบบไฟฟ้าสำรอง สำหรับป้อนมอเตอร์เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน พร้อมทั้งจัดให้มีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับควบคุมอุณหภูมิที่ผิวของของเหลวไม่ให้สูงกว่าอุณหภูมิที่ของเหลวนั้นสามารถรองรับได้

4.3.4 กรณีที่เครื่องสูบของเหลวไม่ทำงาน ต้องตัดระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยอัตโนมัติ

4.4 ไส้กรอง (Strainer)

ต้องติดตั้งไส้กรองที่ท่อทางดูดของเครื่องสูบของเหลว โดยมีขนาดไม่เล็กกว่าท่อของเหลว

4.5 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เครื่องอ่านค่าและควบคุมอุณหภูมิของเหลว (Temperature Indicator and Controller)

4.5.1 ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ ที่ท่อทางเข้าของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและที่ปล่องไอเสีย

4.5.2 ต้องติดตั้งให้ตัดระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงและส่งสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ เมื่ออุณหภูมิของของเหลวที่ท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนสูงถึงจุดที่กำหนด สัญญาณเตือนภัยให้แสดงเป็นแสงและเสียง สำหรับวงจรแสงเตือนภัย ต้องติดตั้งให้ทำงานด้วยสวิตช์ตัดต่อแบบอัตโนมัติ โดยต้องไม่มีสวิตช์ตัดต่อการทำงานแบบปิดเปิดด้วยมือ

4.5.3 ต้องทำหน้าที่ส่งสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิปล่องไอเสียสูงผิดปกติ สัญญาณเตือนภัยให้แสดงเป็นแสงและเสียง สำหรับวงจรแสงเตือนภัย ต้องติดตั้งให้ทำงานด้วยสวิตช์ตัดต่อแบบอัตโนมัติ โดยต้องไม่มีสวิตช์ตัดต่อการทำงานแบบปิดเปิดด้วยมือ

4.6 มาตรวัดความดันของเหลว

4.6.1 ต้องติดตั้งที่ท่อทางเข้าและท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยมาตรวัดความดันต้องอ่านค่าได้อย่างน้อย 1.5 เท่าของความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด

4.6.2 ต้องติดตั้งที่ท่อทางดูด ระหว่างเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนกับไส้กรองโดยมาตรวัดความดัน ต้องอ่านค่าได้ทั้งค่าความดันและค่าสุญญากาศ

4.7 ลิ้นนิรภัย

4.7.1 ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องสูบของเหลวที่ท่อทางเข้าของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องติดตั้งลิ้นนิรภัย (Safety Relief Valve) ที่ท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และท่อทางออกของลิ้นนิรภัยให้ต่อเข้าสู่ถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว รวมทั้งต้องไม่มีลิ้นปิดเปิดที่ท่อทางเข้าและออกของลิ้นนิรภัย

4.7.2 การติดตั้งลิ้นนิรภัยตามข้อ 4.7.1 ต้องอยู่ในระดับที่สูงกว่าถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว

4.8 เครื่องวัดการไหลของของเหลว

4.8.1 ต้องติดตั้งที่ท่อทางออกของท่อรับความร้อนทุกท่อของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

4.8.2 ต้องส่งสัญญาณให้ตัดระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงและส่งสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ เมื่อการไหลของของเหลวของท่อรับความร้อนท่อใดท่อหนึ่งต่ำถึงจุดวิกฤต

4.8.3 ในกรณีที่ของเหลวในระบบมีอัตราการไหลต่ำกว่าร้อยละ 90 ของอัตราการไหลออกแบบ ต้องส่งสัญญาณให้เครื่องควบคุมการทำงานของระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงทำงานที่ตำแหน่งไฟอ่อนเท่านั้น

4.9 ฉนวนกันความร้อน

4.9.1 ต้องจัดให้มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ตัวหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ท่อส่งของเหลว อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอุณหภูมิเกินกว่า 85 องศาเซลเซียส

4.9.2 อุณหภูมิของผิวฉนวนต้องไม่สูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ในขณะใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

4.10 อุปกรณ์ไล่ก๊าซ (Air Venting)

ต้องติดตั้งที่ระบบท่อ ในบริเวณที่มีก๊าซสะสม

4.11 บันไดและทางเดิน

ต้องติดตั้งบันไดและทางเดินพร้อมราวจับและขอบกันตก สำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือถังรับการขยายตัวที่สูงเกิน 3 เมตร

4) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 8 แห่งกฎกระทรวงกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำต้องปรับสภาพน้ำสำหรับหม้อน้ำ ดังนี้

1. คุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำ (Boiler feed water) ให้เป็นไปตามเกณฑ์ ดังนี้

รายการ	ค่าเกณฑ์ควบคุม	หน่วย
pH value	5.8 - 9.5	-
Total Hardness	ไม่เกิน 10	ppm as $CaCO_3$

2. คุณภาพน้ำในหม้อน้ำ (Boiler water) ให้เป็นไปตามเกณฑ์ดังนี้

รายการ	ค่าเกณฑ์ควบคุม	หน่วย
pH value	8.5 - 11.8	-
Total Dissolved Solid (TDS)	ไม่เกิน 3,500	ppm

1.1.2 กฎหมายด้านความปลอดภัยของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน

กฎหมายที่กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานใช้ในการกำกับดูแลความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำ มี 1 ฉบับ คือ กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อน้ำ พ.ศ. 2552 ได้รับการประกาศเมื่อวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2552 ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดของกฎกระทรวงเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับหม้อน้ำ ได้ดังนี้

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 6 และมาตรา 103 แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 33 มาตรา 41 และมาตรา 43 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงานออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดเก้าสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ 2 ในกฎกระทรวงนี้

“หม้อน้ำ” หมายความว่า ภาชนะปิดที่ผลิตน้ำร้อนหรือไอน้ำที่มีความดันสูงกว่าบรรยากาศ โดยใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง หรือความร้อนจากพลังงานอื่น

“ผู้ควบคุมหม้อน้ำ” หมายความว่า ผู้ซึ่งนายจ้างจัดให้มีหน้าที่ควบคุมการทำงานและการใช้หม้อน้ำ

“การตรวจสอบ” หมายความว่า การตรวจพิจารณาความเรียบร้อยของชิ้นส่วนหรือกลไกการทำงานของเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อน้ำ ตามที่กำหนดไว้ในคู่มือของผู้ผลิต

"การทดสอบ" หมายความว่า การตรวจสอบและทดลองใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์หรือกลไกการทำงานของอุปกรณ์เพื่อความถูกต้องโดยวิศวกร

"วิศวกร" หมายความว่า ผู้ซึ่งได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร

หมวด 3
หม้อน้ำ

ส่วนที่ 1 บททั่วไป

ข้อ 82 กฎกระทรวงนี้มิให้ใช้บังคับแก่หม้อน้ำทำความร้อนที่ใช้ผลิตไอน้ำความดันไม่เกิน 1 บาร์ หรือไอน้ำอุณหภูมิไม่เกิน 120 องศาเซลเซียส หรือน้ำร้อนความดันไม่เกิน 10 บาร์ แบบท่อขดที่ไม่มีที่พักไอน้ำ เว้นแต่

(1) มีที่พักไอน้ำและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อน้ำหรือหลอดน้ำเกิน 19 มิลลิเมตร

(2) มีความจุของน้ำเกิน 23 ลิตร

(3) มีอุณหภูมิของน้ำเกิน 177 องศาเซลเซียส

(4) มีไอน้ำเกิดขึ้นในท่อน้ำหรือหลอดน้ำ

ข้อ 83 นายจ้างต้องใช้หม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน ISO มาตรฐาน ASME มาตรฐาน JIS มาตรฐาน DIN มาตรฐาน TRD มาตรฐาน BS มาตรฐาน EN หรือมาตรฐานอื่นที่อธิบดีประกาศกำหนด

ข้อ 84 นายจ้างที่ใช้หม้อน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วหรือหม้อน้ำที่ย้ายที่ติดตั้งต้องจัดให้วิศวกรรับรองผลการทดสอบความดันที่อนุญาตให้ใช้ได้สูงสุดใหม่ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่อธิบดีประกาศกำหนด และเก็บผลการทดสอบไว้ให้พนักงานตรวจแรงงานตรวจสอบได้

ข้อ 85 ในกรณีเกิดอุบัติเหตุที่มีผลกระทบต่อการใช้งานของหม้อน้ำซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยแก่ลูกจ้าง หรือเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง นายจ้างต้องแจ้งให้อธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมายทราบโดยทันที

ข้อ 86 นายจ้างต้องจัดทำป้ายประกาศกำหนดวิธีการทำงานของลูกจ้างเกี่ยวกับการใช้หม้อน้ำการตรวจสอบอุปกรณ์ประกอบ และการแก้ไขข้อขัดข้องในการปฏิบัติงาน ติดไว้บริเวณที่ลูกจ้างเห็นได้ชัดเจน

ข้อ 87 นายจ้างต้องจัดให้มีผู้ควบคุมหม้อน้ำที่มีคุณสมบัติอย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้

(1) ผ่านการอบรมตามหลักสูตรผู้ควบคุมหม้อน้ำจากสถาบันของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือสถาบันอื่น ทั้งนี้ ตามที่อธิบดีประกาศกำหนด

(2) มีคุณวุฒิได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างกลโรงงาน สาขาช่างยนต์ สาขาช่างเทคนิคอุตสาหกรรม สาขาช่างเทคนิคการผลิต หรือสาขาอื่นที่มีวิชาการเรียนภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติเกี่ยวกับไอน้ำ การเผาไหม้ ความร้อน การประหยัดพลังงาน หรือความแข็งแรงของวัสดุ รวมกันไม่น้อยกว่าเก้าหน่วยกิต

ข้อ 88 นายจ้างต้องใช้น้ำสำหรับหม้อน้ำที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

(1) น้ำที่เข้าหม้อน้ำ (Boiler Feed Water) ต้องมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าความกระด้างอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับชนิดและประเภทของหม้อน้ำตามหลักวิชาการด้านวิศวกรรม

(2) น้ำที่ใช้ภายในหม้อน้ำ (Boiler Water) ต้องมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และมีตะกอนแขวนลอยและสารละลายอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับชนิดและประเภทของหม้อน้ำตามหลักวิชาการด้านวิศวกรรม

ข้อ 89 ในกรณีที่นายจ้างให้ลูกจ้างทำการตรวจสอบหรือซ่อมแซมหม้อน้ำ นายจ้างต้องจัดให้มีการระบายอากาศเพื่อไล่ก๊าซพิษหรือก๊าซไวไฟตลอดเวลา

ส่วนที่ 2 การติดตั้ง การซ่อมบำรุง การซ่อมแซม และการใช้

ข้อ 90 ในการติดตั้งหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบ นายจ้างต้องปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน ISO มาตรฐาน ASME มาตรฐาน JIS มาตรฐาน DIN มาตรฐาน TRD มาตรฐาน BS มาตรฐาน EN และตามหลักวิชาการด้านวิศวกรรม ทั้งนี้ ต้องจัดให้มีวิศวกรเป็นผู้รับรองตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่อธิบดีประกาศกำหนด

ข้อ 91 นายจ้างต้องจัดให้มีการซ่อมบำรุงหรือการซ่อมแซมหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบให้อยู่ในสภาพปลอดภัยตลอดระยะเวลาที่ใช้งาน ทั้งนี้ ตามมาตรฐานและหลักวิชาการด้านวิศวกรรมตามข้อ 90

ข้อ 92 นายจ้างต้องจัดสถานที่ที่ติดตั้งหม้อน้ำให้มีลักษณะ ดังต่อไปนี้

(1) พื้นที่การทำงานและห้องหม้อน้ำต้องมีทางเข้าออกอย่างน้อยสองทาง มีความกว้างอย่างน้อย 60 เซนติเมตร ความสูงอย่างน้อย 2 เมตร และปราศจากสิ่งกีดขวางทางเข้าออก

(2) ช่องเปิดที่พื้นที่การทำงานต้องมีขอบกันตก และวัสดุกันลื่นที่พื้นที่การทำงาน ขั้นบันได และพื้นต่างๆ

(3) พื้นที่การทำงานต้องมีแสงสว่างอย่างเพียงพอ เครื่องวัดต่างๆ และอุปกรณ์ประกอบต้องมีแสงสว่างให้เพียงพอที่จะอ่านค่าและควบคุมได้สะดวก

(4) ระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉินส่องไปยังทางออก และเครื่องวัดต่างๆ รวมทั้งแผงควบคุมให้เห็นอย่างชัดเจนในกรณีไฟฟ้าดับ

(5) ทางเดินต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง ในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ต้องทำเครื่องหมาย ทาสี หรือใช้เทปสะท้อนแสง ติดไว้ให้เห็นได้อย่างชัดเจน

(6) ฐานรากที่ตั้งของหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบที่มั่นคงแข็งแรงและทนต่อแรงดันและแรงกด การออกแบบและคำนวณให้เป็นไปตามหลักวิชาการด้านวิศวกรรม

(7) ปล่องควันและฐานที่มั่นคงแข็งแรง เป็นไปตามหลักวิชาการด้านวิศวกรรม

(8) จัดให้มีฉนวนกันความร้อนหุ้มหม้อน้ำ ลิ้นจ่ายไอน้ำ ท่อจ่ายไอน้ำ ถังพักไอน้ำ ถังเก็บน้ำร้อน ปล่องไอเสีย ท่อที่ต่อจากหม้อน้ำ และอุปกรณ์ประกอบที่มีความร้อนซึ่งติดตั้งอยู่ในระดับหรือบริเวณที่ลูกจ้างผู้ปฏิบัติงานอาจได้รับอันตรายได้

ข้อ 93 ในกรณีหม้อน้ำที่สูงเกินสามเมตรจากพื้นถึงเปลือกหม้อน้ำด้านบน นายจ้างต้องจัดทำบันไดและทางเดินเพื่อให้ผู้ควบคุมหม้อน้ำซ่อมแซมหรือเดินได้สะดวกปลอดภัย พร้อมจัดให้มีราวจับและขอบกันตกและพื้นที่การทำงานทุกชั้นจะต้องจัดให้มีทางเข้าออกอย่างน้อยสองทาง

ส่วนที่ 3 การควบคุม

ข้อ 94 นายจ้างต้องจัดให้มีการทดสอบและรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง โดยวิศวกรหรือผู้ได้รับอนุญาตพิเศษให้ทดสอบหม้อน้ำได้ แล้วแต่กรณี ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร แล้วเก็บเอกสารรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำไว้ให้พนักงานตรวจแรงงานตรวจสอบได้ เว้นแต่หม้อน้ำที่มีอัตราการผลิตไอน้ำเครื่องละตั้งแต่ 20 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป อาจขยายระยะเวลาการทดสอบและรับรองความ

ปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำเกินกว่า 1 ปี แต่ไม่เกิน 5 ปี หากปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่อธิบดีประกาศกำหนดเอกสารรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำให้เป็นไปตามแบบที่อธิบดีประกาศกำหนด

ข้อ 95 การซ่อมแซมหรือการดัดแปลงหม้อน้ำหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของหม้อน้ำ ที่อาจมีผลกระทบต่อความแข็งแรงของหม้อน้ำหรือความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำ นายจ้างต้องจัดให้มีวิศวกรทำหน้าที่ออกแบบควบคุม ทดสอบ และรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำก่อนใช้งาน แล้วเก็บเอกสารรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำไว้เพื่อให้พนักงานตรวจแรงงานตรวจสอบได้

หมวด 4

การคุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

ข้อ 96 นายจ้างต้องจัดให้สภาพแวดล้อมในการทำงานของสถานประกอบกิจการอยู่ในลักษณะที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของลูกจ้าง หากนายจ้างไม่สามารถดำเนินการป้องกันแก้ไขอันตรายได้ นายจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่สามารถป้องกันอันตรายนั้นให้ลูกจ้างสวมใส่

ข้อ 97 นายจ้างต้องจัดและดูแลให้ลูกจ้างใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่ได้มาตรฐานและเหมาะสมกับประเภทและชนิดของงาน ตลอดเวลาที่ทำงาน สำหรับงานหม้อน้ำ ให้สวมแว่นตาชนิดใสหรือหน้ากากชนิดใส ปลั๊กลดเสียงหรือครอบหูลดเสียงชุดป้องกันความร้อนหรืออุปกรณ์ป้องกันความร้อน และรองเท้าพื้นยางหุ้มส้น นอกจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ข้างต้น ให้นายจ้างจัดอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลอื่นให้ลูกจ้างตามความเหมาะสมกับลักษณะงานและอันตรายที่อาจเกิดกับลูกจ้างด้วย

1.2 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม

กฎหมายที่ใช้ในการกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมในการใช้หม้อน้ำนั้น ทั้งหมดเป็นเรื่องเกี่ยวกับการควบคุมค่ามลพิษในไอเสียจากการเผาไหม้ภายในหม้อน้ำที่ระบายออกสู่บรรยากาศ ซึ่งหน่วยงานที่มีหน้าที่กำกับดูแลด้านสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการใช้หม้อน้ำในในประเทศไทยมี 2 หน่วยงานหลักด้วยกัน คือ **กรมโรงงานอุตสาหกรรม** และ**กรมควบคุมมลพิษ** โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีหน้าที่กำกับดูแลสิ่งแวดล้อมของหม้อน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่กรมควบคุมมลพิษมีหน้าที่กำกับดูแลสิ่งแวดล้อมของหม้อน้ำทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและนอกโรงงานอุตสาหกรรม

1.2.1 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

กฎหมายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมใช้ในการกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมจากการใช้หม้อน้ำ ในปัจจุบันมีทั้งสิ้น 3 ฉบับ คือ

- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำโรงสีข้าวที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง พ.ศ. 2549
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำของโรงงาน พ.ศ. 2549

- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549

รายละเอียดของกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบแยกตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมตามข้างต้นแสดงได้ดังนี้

1) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำโรงสีข้าวที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง พ.ศ. 2549

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 16 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“หม้อน้ำ (Boiler)” หมายความว่า หม้อน้ำที่เป็นต้นกำเนิดพลังงานกลและหรือพลังงานความร้อนที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

“โรงสีข้าว” หมายความว่า โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการสี ฝัด หรือขัดข้าวทุกขนาด

“ค่าความทึบแสงของเขม่าควัน” หมายความว่า จำนวนร้อยละของแสงที่ไม่สามารถส่องผ่านเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่อง

ข้อ 2 อากาศที่ระบายออกจากปล่องต้องมีเขม่าควันเจือปนอยู่ในปริมาณที่ทำให้เกิดค่าความทึบแสงเมื่อตรวจวัดด้วยแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์ ไม่เกินค่าที่กำหนดดังต่อไปนี้

(1) ร้อยละยี่สิบ ในกรณีที่ตรวจวัดก่อนวันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

(2) ร้อยละสิบ ในกรณีที่ตรวจวัดตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 เป็นต้นไป

ข้อ 3 การตรวจวัดความทึบแสงให้ตรวจวัดในขณะประกอบกิจการโรงงานและหม้อน้ำมีการทำงานปกติ

ข้อ 4 วิธีการตรวจวัด การคำนวณ การเปรียบเทียบ และการสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสง ให้ใช้วิธีดังต่อไปนี้

(1) วิธีการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันให้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(ก) การตรวจวัดแต่ละครั้ง ต้องมีผู้ตรวจวัด 2 คน และทำการตรวจวัดพร้อมกัน

(ข) ให้ผู้ตรวจวัดสังเกตสีของท้องฟ้าในบริเวณที่จะตรวจวัดก่อนดำเนินการตรวจวัด และพิจารณาว่ามีแสงสว่างเพียงพอหรือไม่ โดยสังเกตจากสีกลุ่มควันที่เกิดขึ้นและสีของฉากหลังที่มีความเข้มแตกต่างกันโดยชัดเจน (Contrasting background)

(ค) ให้ผู้ตรวจวัดยืนห่างจากปล่องระบายอากาศของหม้อน้ำ ไม่น้อยกว่าสามเท่าของระยะความสูงจากระดับตำแหน่งที่ผู้ตรวจวัดยืนอยู่จนถึงระดับปากปล่อง แต่ไม่เกิน 400 เมตร และอยู่ในทิศที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของกลุ่มควันโดยให้ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังของผู้ตรวจวัดให้มากที่สุด

(ง) ให้ใช้แผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์ที่จัดทำ โดยกรมควบคุมมลพิษ หรือที่มีมาตรฐานเทียบเท่า

(จ) ให้ผู้ตรวจวัดถือแผนภูมิไว้ในระดับสายตาและมองเขม่าควันผ่านช่องตรงกลางของแผนภูมิ โดยสังเกตความทึบแสงของเขม่าควันตรงจุดที่กลุ่มควันมีความหนาแน่นมากที่สุดและไม่มีการควบแน่นของไอน้ำ เปรียบเทียบกับค่าความทึบแสงของแผนภูมิเขม่าควัน เพื่อหาค่าความทึบแสงที่ใกล้เคียงกับความทึบแสงของ

กลุ่มเขม่าควันที่เกิดขึ้นจริงและบันทึกผลการตรวจวัดทุก ๆ 15 วินาที จนกระทั่งครบ 15 นาที ลงในแบบ ขค. 01-49 ท้ายประกาศ ดังรูปที่ ก-1

(2) การคำนวณและการเปรียบเทียบค่าความทึบแสงให้ดำเนินการ ดังนี้

(ก) ให้หาค่าเฉลี่ยความทึบแสงของเขม่าควันตาม (1) (จ)

(ข) ให้นำค่าเฉลี่ยของผู้ตรวจวัดแต่ละคนตาม (ก) มาเปรียบเทียบกัน หากแตกต่างกันเกิน 3 ให้ทำการตรวจวัดใหม่ ถ้าแตกต่างกันไม่เกิน 3 ให้นำค่าเฉลี่ยความทึบแสงของผู้ตรวจวัด 2 คน มาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าความทึบแสงของเขม่าควันในครั้งนั้น

(3) การสรุปผลการตรวจวัดให้บันทึกข้อมูลลงในแบบ ขค. 02-49 ท้ายประกาศ ดังรูปที่ ก-2

แบบ ขค. 01-49

แบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควัน

ข้อมูลทั่วไป

ชื่อโรงงาน ..... ประเภทโรงงาน.....
ชื่อผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน .....
เลขทะเบียนโรงงาน .....
สถานที่ตั้ง เลขที่ ..... หมู่ที่ ..... ซอย ..... ถนน .....
แขวง ..... เขต ..... จังหวัด ..... รหัสไปรษณีย์ .....
โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....

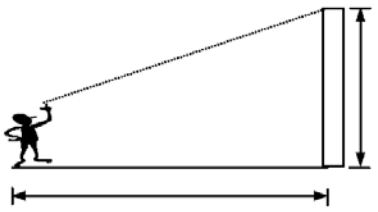
ข้อมูลกระบวนการผลิตและการบำบัดมลพิษ

กำลังการผลิตไอน้ำ ..... ตันต่อชั่วโมง ขนาด∅..... ยาว ..... ฟุต
ประเภทของเชื้อเพลิง ☐ แกลบ ☐ น้ำมันเตา ☐ เชื้อเพลิงชีวมวล คือ .....
☐ น้ำมันดีเซล ☐ ถ่านหิน ☐ อื่นๆ (ระบุ) .....
ระบบควบคุมเขม่าควัน ☐ ไม่มี ☐ มี (ระบุ) .....
ระยะเวลาดำเนินกระบวนการผลิต ☐ ตลอด 24 ชั่วโมง
☐ แบ่งเป็นกะ วันละ ..... กะ โดย กลางวัน เริ่มเวลา ..... น. ถึงเวลา ..... น.
กลางคืน เริ่มเวลา ..... น. ถึงเวลา ..... น.

ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควัน

ดำเนินการตรวจวัดเมื่อวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ..... ตั้งแต่เวลา ..... น. ถึงเวลา ..... น.

วินาที / นาที	15	30	45	60
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
ผลรวมค่าความทึบแสงของเขม่าควันที่อ่านได้				
จำนวนครั้งที่จดบันทึกข้อมูล				



ระยะห่างระหว่างปล่องและผู้ตรวจวัด (X) – ..... เมตร
(X ต้องมีค่าไม่เกิน 400 เมตร)
X / Y – ..... (ต้องไม่น้อยกว่า 3)
แสงพื้นฐานขณะตรวจวัด (Background Lighting)
(สภาพท้องฟ้าและฉากหลังของปล่องที่ทำการตรวจวัด)
☐ ท้องฟ้าโปร่ง ☐ ท้องฟ้ามืดครึ้ม มีเมฆดำ ☐ อื่นๆ (ระบุ).....

ค่าเฉลี่ยความทึบแสงของเขม่าควัน (ร้อยละ)
– ผลรวมค่าความทึบแสงของเขม่าควันที่อ่านได้ – .....
จำนวนครั้งที่จดบันทึกข้อมูล

ลงชื่อ ..... ผู้ตรวจวัด
(.....)
ตำแหน่ง ..... สังกัด .....

รูปที่ ก-1 แบบ ขค. 01-49

แบบ ขค. 02-49

แบบสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควัน

ข้อมูลการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันระหว่างผู้ตรวจวัดทั้ง 2 คน

ชื่อโรงงาน ..... ประเภทโรงงาน..... เลขทะเบียนโรงงาน ..... สถานที่ตั้ง เลขที่ ..... หมู่ที่ ..... ซอย ..... ถนน ..... แขวง ..... เขต ..... จังหวัด ..... รหัสไปรษณีย์ ..... โทรศัพท์ ..... โทรสาร	
การตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันของผู้ตรวจวัดคนที่ 1 ชื่อ ..... นามสกุล ..... ตำแหน่ง ..... สังกัด ..... ค่าความทึบแสงของเขม่าควันที่ตรวจวัดได้ ร้อยละ	การตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันของผู้ตรวจวัดคนที่ 2 ชื่อ ..... นามสกุล ..... ตำแหน่ง ..... สังกัด ..... ค่าความทึบแสงของเขม่าควันที่ตรวจวัดได้ ร้อยละ .....
ค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดระหว่างผู้ตรวจวัด 2 คน = ค่าความทึบแสงของเขม่าควันของผู้ตรวจวัดคนที่ 1 – ค่าความทึบแสงของเขม่าควันของผู้ตรวจวัดคนที่ 2 = ... พิจารณาค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดระหว่างผู้ตรวจวัด 2 คน ดังนี้ กรณีที่ 1 ค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดระหว่างผู้ตรวจวัด 2 คน มีค่ามากกว่า 3 พิจารณาว่า ผลการตรวจวัดใช้เปรียบเทียบกับค่าความทึบแสงของเขม่าควันตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับนี้ไม่ได้ และต้องทำการตรวจวัดใหม่ กรณีที่ 2 ค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดระหว่างผู้ตรวจวัด 2 คน มีค่าไม่เกิน 3 พิจารณาว่า ผลการตรวจวัดใช้เปรียบเทียบกับค่าความทึบแสงของเขม่าควันตามตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับนี้ได้	

สรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากปล่องระบายอากาศหม้อน้ำของโรงงาน

ค่าความทึบแสงของเขม่าควัน = ค่าความทึบแสงของเขม่าควันของผู้ตรวจวัดคนที่ 1 + ค่าความทึบแสงของเขม่าควันของผู้ตรวจวัดคนที่ 2 2 = ร้อยละ ..... ☐ เกินค่าความทึบแสงของเขม่าควันตามที่ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด ☐ ไม่เกินค่าความทึบแสงของเขม่าควันตามที่ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด	
ลงชื่อ ..... ผู้ตรวจวัดคนที่ 1 (.....) วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ.	ลงชื่อ ..... ผู้ตรวจวัดคนที่ 2 (.....) วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

หมายเหตุ

1. ต้นฉบับ สำหรับผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หรือผู้รับมอบอำนาจจากผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน
2. สำเนา สำหรับผู้ตรวจวัดทั้ง 2 คน

รูปที่ ก-2 แบบ ขค. 02-49

2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำของโรงงาน พ.ศ. 2549

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 16 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“หม้อน้ำ (Boiler)” หมายความว่า หม้อน้ำที่เป็นต้นกำเนิดพลังงานกลและหรือพลังงานความร้อน แต่ไม่รวมถึงหม้อน้ำที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas) หรือก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) เป็นเชื้อเพลิง

“ค่าความทึบแสงของเขม่าควัน” หมายความว่า จำนวนร้อยละของแสงที่ไม่สามารถส่องผ่านเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่อง

ข้อ 2 อากาศที่ระบายออกจากปล่องหม้อน้ำโรงงานจำพวกที่ 3 ที่มีขนาดกำลังการผลิตไอน้ำตั้งแต่ 1 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป ต้องมีเขม่าควันเจือปนอยู่ในปริมาณที่ทำให้เกิดค่าความทึบแสง เมื่อตรวจวัดด้วยแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์ไม่เกินร้อยละสิบ

ข้อ 3 การตรวจวัดความทึบแสงให้ตรวจวัดในขณะประกอบกิจการโรงงาน และหม้อน้ำมีการทำงานปกติ

ข้อ 4 วิธีการตรวจวัด การคำนวณ การเปรียบเทียบ และการสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสง ให้ใช้วิธีดังต่อไปนี้

(1) วิธีการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควัน ให้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(ก) การตรวจวัดแต่ละครั้ง ต้องมีผู้ตรวจวัด 2 คน และทำการตรวจวัดพร้อมกัน

(ข) ให้ผู้ตรวจวัดสังเกตสีของท้องฟ้าในบริเวณที่จะตรวจวัดก่อนดำเนินการตรวจวัดและพิจารณาว่ามีแสงสว่างเพียงพอหรือไม่ โดยสังเกตจากสีกลุ่มควันที่เกิดขึ้นและสีของฉากหลังที่มีความเข้มแตกต่างกันโดยชัดเจน (Contrasting background)

(ค) ให้ผู้ตรวจวัดยืนห่างจากปล่องระบายอากาศของหม้อน้ำ ไม่น้อยกว่าสามเท่าของระยะความสูงจากระดับตำแหน่งที่ผู้ตรวจวัดยืนอยู่จนถึงระดับปากปล่อง แต่ไม่เกิน 400 เมตร และอยู่ในทิศที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของกลุ่มควันโดยให้ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังของผู้ตรวจวัดให้มากที่สุด

(ง) ให้ใช้แผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์ที่จัดทำ โดยกรมควบคุมมลพิษหรือที่มีมาตรฐานเทียบเท่า

(จ) ให้ผู้ตรวจวัดถือแผนภูมิไว้ในระดับสายตาและมองเขม่าควันผ่านช่องตรงกลางของแผนภูมิ โดยสังเกตความทึบแสงของเขม่าควันตรงจุดที่กลุ่มควันมีความหนาแน่นมากที่สุดและไม่มีการควบแน่นของไอน้ำเปรียบเทียบกับค่าความทึบแสงของแผนภูมิเขม่าควัน เพื่อหาค่าความทึบแสงที่ใกล้เคียงกับความทึบแสงของกลุ่มเขม่าควันที่เกิดขึ้นจริง และบันทึกผลการตรวจวัดทุก ๆ 15 วินาที จนกระทั่งครบ 15 นาที ลงในแบบ ขค. 01-49 ดังรูปที่ ก-1

(2) การคำนวณและการเปรียบเทียบค่าความทึบแสง ให้ดำเนินการดังนี้

(ก) ให้หาค่าเฉลี่ยความทึบแสงของเขม่าควันตาม (1) (จ)

(ข) ให้นำค่าเฉลี่ยของผู้ตรวจวัดแต่ละคนตาม (ก) มาเปรียบเทียบกัน หากแตกต่างกันเกิน 3 ให้ทำการตรวจวัดใหม่ ถ้าแตกต่างกันไม่เกิน 3 ให้นำค่าเฉลี่ยความทึบแสงของผู้ตรวจวัด 2 คน มาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าความทึบแสงของเขม่าควันในครั้งนั้น

(3) การสรุปผลการตรวจวัด ให้บันทึกข้อมูลลงในแบบ ขค. 02-49 ดังรูปที่ ก-2

ข้อ 5 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับสำหรับประเภทโรงงานใด ๆ ที่ไม่ได้กำหนดค่าปริมาณเขม่าควันที่เจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องของหม้อน้ำไว้เป็นการเฉพาะ

---

3) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 16 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้ออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2548 ลงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

ข้อ 2 ในประกาศนี้

“อากาศที่ระบายออกจากโรงงาน” หมายความว่า อากาศที่ระบายออกจากปล่องหรือช่องหรือท่อระบายอากาศของโรงงานไม่ว่าจะผ่านระบบบำบัดหรือไม่ก็ตาม

“น้ำมันหรือน้ำมันเตา” ให้หมายความรวมถึง ผลพลอยได้ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ด้วย

“ถ่านหิน” ให้หมายความรวมถึง ผลพลอยได้ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ด้วย

“เชื้อเพลิงชีวมวล” หมายความว่า เชื้อเพลิงที่ได้มาจากอินทรีย์สารหรือสิ่งมีชีวิต รวมทั้งผลผลิตจากการเกษตร การปศุสัตว์และการทำป่าไม้ เช่น ไม้ฟืน เศษไม้ แกลบ ฟาง ชานอ้อย ต้นและใบอ้อย ใยปาล์ม กะลาปาล์ม ทะลายปาล์ม กะลามะพร้าว ใยมะพร้าว เศษพืช มูลสัตว์ ก๊าซชีวภาพ กากตะกอน หรือของเสียจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นต้น

“เชื้อเพลิงอื่น ๆ” หมายความว่า เชื้อเพลิงอื่นใดนอกเหนือจากที่ระบุไว้ในประกาศนี้ แต่ไม่รวมถึงเชื้อเพลิงที่ได้กำหนดค่าการระบายปริมาณสารเจือปนในอากาศไว้เป็นการเฉพาะ

“ระบบปิด” หมายความว่า ระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงและหรือวัตถุดิบที่มีการออกแบบให้มีการควบคุมปริมาตรอากาศและสภาวะแวดล้อมในการเผาไหม้ เช่น หม้อเผาปูนซีเมนต์ หม้อน้ำ เป็นต้น

“ระบบเปิด” หมายความว่า ระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงและหรือวัตถุดิบที่ไม่มีการออกแบบเพื่อควบคุมปริมาตรอากาศและสภาวะแวดล้อมในการเผาไหม้ เช่น เตาเผาปูนขาว เตาหลอมโลหะแบบคิวโปล่า (Cupola) เป็นต้น

ข้อ 3 อากาศที่ระบายออกจากโรงงาน ต้องมีค่าปริมาณของสารเจือปนแต่ละชนิดไม่เกินที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

ชนิดของสารเจือปน (หน่วยวัด)	แหล่งที่มาของสารเจือปน	ค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่	
		ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง	มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
1. ฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ก. แหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้		
	- น้ำมันหรือน้ำมันเตา	-	240
	- ถ่านหิน	-	320
	- เชื้อเพลิงชีวมวล	-	320
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	-	320
	ข. การถลุง หล่อหลอม รีดดึง และ/หรือผลิต อลูมิเนียม	300	240
	ค. การผลิตทั่วไป	400	320
2. พลวง (Antimony) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	20	16
3. สารหนู (Arsenic) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	20	16
4. ทองแดง (Copper) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	30	24
5. ตะกั่ว (Lead)	การผลิตทั่วไป	30	24
6. ปรอท (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	3	2.4
7. คลอรีน (Chlorine) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	30	24
8. ไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen chloride) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	200	160
9. กรดกำมะถัน (Sulfuric acid) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	25	-
10. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	100	80
11. คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	870	690

ชนิดของสารเจือปน (หน่วยวัด)	แหล่งที่มาของสารเจือปน	ค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่	
		ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง	มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
12. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) (ส่วนในล้านส่วน)	ก. แหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้		
	- น้ำมันหรือน้ำมันเตา	-	950
	- ถ่านหิน	-	700
	- เชื้อเพลิงชีวมวล	-	60
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	-	60
	ข. การผลิตทั่วไป	500	-
13. ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of nitrogen) (ส่วนในล้านส่วน)	แหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้		
	- น้ำมันหรือน้ำมันเตา	-	200
	- ถ่านหิน	-	400
	- เชื้อเพลิงชีวมวล	-	200
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	-	200
14. ไซลีน (Xylene) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	200	-
15. ครีซอล (Cresol) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	5	-

ข้อ 4 กรณีโรงงานใช้เชื้อเพลิงร่วมกันตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป อากาศที่ระบายออกจากโรงงาน ต้องมีค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศไม่เกินค่าที่กำหนด สำหรับเชื้อเพลิงประเภทที่มีสัดส่วนการใช้มากที่สุด

ข้อ 5 การตรวจวัดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน แต่ละชนิดให้ใช้วิธีดังต่อไปนี้

(1) การตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่นละออง ให้ใช้วิธี Determination of Particulate Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้ หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

(2) การตรวจวัดค่าปริมาณพลวง สารหนู ทองแดง ตะกั่ว และสารปรอท ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้ หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

(3) การตรวจวัดค่าปริมาณคลอรีน และไฮโดรเจนคลอไรด์ ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Halide and Halogen Emissions from Stationary Sources Non-Isokinetic หรือวิธี Determination of Hydrogen Halide and Halogen Emissions from Stationary Sources Isokinetic ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้ หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

(4) การตรวจวัดค่าปริมาณกรดกำมะถัน ให้ใช้วิธี Determination of Sulfuric Acid Mist and Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้ หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

(5) การตรวจวัดค่าปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Sulfuric, Carbonyl Sulfide and Carbon Disulfide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้ หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

(6) การตรวจวัดค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ให้ใช้วิธี Determination of Carbon Monoxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

(7) การตรวจวัดค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้วิธี Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources หรือวิธี Determination of Sulfuric Acid Mist and Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้ หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

(8) การตรวจวัดค่าปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์ ให้ใช้วิธี Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้ หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

(9) การตรวจวัดค่าปริมาณไซลีน และครีซอล ให้ใช้วิธี Measurement of Gaseous Organic Compound Emissions by Gas Chromatography ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) กำหนดไว้หรือใช้วิธีตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

ข้อ 6 การรายงานผลการตรวจวัดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศ ให้รายงานผลดังต่อไปนี้

(1) ในกรณีที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรออกซิเจนในอากาศเสียสภาวะจริงในขณะตรวจวัด

(2) ในกรณีที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

(ก) ระบบปิดให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 หรือ มีปริมาตรออกซิเจนในอากาศเสีย ร้อยละ 7

(ข) ระบบเปิดให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรออกซิเจนในอากาศเสีย ณ สภาวะจริงขณะตรวจวัด

ข้อ 7 ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับสำหรับประเภทโรงงานใด ๆ ที่เป็นแหล่งกำเนิดสารเจือปนในอากาศที่ไม่ได้กำหนดค่าการระบายปริมาณสารเจือปนในอากาศไว้เป็นการเฉพาะ

1.2.2 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กฎหมายที่กรมควบคุมมลพิษใช้ในการกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมจากการใช้หม้อน้ำ ในปัจจุบันมีทั้งสิ้น 4 ฉบับ คือ

- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อน้ำ พ.ศ. 2548
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ พ.ศ. 2548
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ พ.ศ. 2548
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2549

รายละเอียดของกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมที่กรมควบคุมมลพิษรับผิดชอบแยกประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามข้างต้นแสดงได้ดังนี้

1) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อน้ำ พ.ศ. 2548

เพื่อกำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 แก้ไขโดยมาตรา 114 แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับ การโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2545 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 มาตรา 50 และมาตรา 51 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“โรงสีข้าว” หมายความว่า โรงงานที่ประกอบกิจการสี ฝัด หรือขัดข้าว ทุกขนาดตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

“หม้อไอน้ำ” หมายความว่า หม้อไอน้ำที่เป็นต้นกำเนิดของพลังงานในการประกอบกิจการโรงสีข้าว โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

“ค่าความทึบแสง” หมายความว่า จำนวนร้อยละของแสงที่ไม่สามารถส่องผ่านเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำ

ข้อ 2 โรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำ ต้องมีค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียดังต่อไปนี้

(1) ไม่เกินร้อยละยี่สิบ เมื่อตรวจวัดด้วยแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์ นับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา และ

(2) ไม่เกินร้อยละสิบ เมื่อตรวจวัดด้วยแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์ เมื่อพ้นกำหนดเวลาสองปีนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ 3 การสังเกตค่าความทึบแสงของเขม่าควัน ตามข้อ 2 (1) และ (2) ให้ใช้เวลา 15 นาที

ข้อ 4 วิธีการตรวจวัด คำนวณ เปรียบเทียบและสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสง ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 5 แบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าความทึบแสง และแบบสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าว รวมทั้งลักษณะและหน่วยวัดค่าความทึบแสงของแผนภูมิริงเกิลมานน์ ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

---

2) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ พ.ศ. 2548

เพื่อกำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากสถานประกอบกิจการ ที่ใช้หม้อไอน้ำ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 แก้ไขโดยมาตรา 114 แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุง กระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2545 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 มาตรา 50 และมาตรา 51 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ” หมายความว่า สถานที่ซึ่งผู้ประกอบการมีและใช้หม้อไอน้ำเพื่อการประกอบกิจการของตน โดยมีขนาดกำลังการผลิตไอน้ำตั้งแต่ 1 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป เว้นแต่สถานประกอบกิจการที่มีประกาศของรัฐมนตรีกำหนดให้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษเป็นการเฉพาะไว้แล้ว

“หม้อไอน้ำ” หมายความว่า หม้อไอน้ำที่เป็นต้นกำเนิดพลังงานกลและ/หรือพลังงานความร้อน แต่ไม่รวมถึงหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซหุงต้ม (LPG) ก๊าซธรรมชาติ (NG) หรือพลังงานไฟฟ้า

“ค่าความทึบแสง” หมายความว่า จำนวนร้อยละของแสงที่ไม่สามารถส่องผ่านเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ

ข้อ 2 เขม่าควันที่ปล่อยทิ้งจากสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ ตามข้อ 1 จะต้องมีค่าความทึบแสงไม่เกินร้อยละสิบ เมื่อตรวจวัดด้วยแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์

ข้อ 3 การสังเกตค่าความทึบแสงของเขม่าควัน ตามข้อ 2 ให้ใช้เวลา 15 นาที

ข้อ 4 วิธีการตรวจวัด คำนวณ เปรียบเทียบ และสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสง ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 5 แบบบันทึกผลการตรวจวัดความทึบแสง และแบบสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ รวมทั้งลักษณะและหน่วยวัดค่าความทึบแสงของแผนภูมิริงเกิลมานน์ ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

---

3) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ พ.ศ. 2548

เพื่อกำหนดให้สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุม การปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 68 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 แก้ไขโดยมาตรา 114 แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุง กระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2545 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 มาตรา 50 และมาตรา 51 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษจึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ” หมายความว่า สถานที่ซึ่งผู้ประกอบการมีและใช้หม้อไอน้ำเพื่อการประกอบกิจการของตน โดยมีขนาดกำลังการผลิตไอน้ำตั้งแต่ 1 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป เว้นแต่สถานประกอบกิจการที่มีประกาศของรัฐมนตรีกำหนดให้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษเป็นการเฉพาะไว้แล้ว

“หม้อไอน้ำ” หมายความว่า หม้อไอน้ำที่เป็นต้นกำเนิดพลังงานกลและ/หรือพลังงานความร้อน แต่ไม่รวมถึงหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซหุงต้ม (LPG) ก๊าซธรรมชาติ (NG) หรือพลังงานไฟฟ้า

ข้อ 2 ให้สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ ดังต่อไปนี้ เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

(1) โรงงานจำพวกที่ 3 ทุกประเภทโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานประกอบการสีฝัด หรือขัดข้าว และโรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า

(2) โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล

(3) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

(4) สถานอาบน้ำ นวดหรืออบตัว ซึ่งมีผู้ให้บริการแก่ลูกค้าตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ

(5) สนามบิน ตามกฎหมายว่าด้วยการเดินอากาศ

(6) สถานประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข

ข้อ 3 ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำตามข้อ 2 ปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ เว้นแต่จะได้ทำการบำบัดอากาศเสียให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ แต่ทั้งนี้ ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (dilution)

ข้อ 4 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เว้นแต่สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำดังกล่าวจะได้รับอนุญาตให้ประกอบการอยู่ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ จะต้องจัดให้มีการควบคุมการปล่อยทิ้งเขม่าควันตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ เมื่อพ้นกำหนดหนึ่งปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

---

4) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2549

เพื่อกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 แก้ไขโดยมาตรา 114 แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2545 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 มาตรา 50 และมาตรา 51 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“โรงงานอุตสาหกรรม” หมายความว่า โรงงานจำพวกที่ 2 และโรงงานจำพวกที่ 3 ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

“การประกอบกิจการโรงงาน” หมายความว่า การทำ ผลิต ประกอบ บรรจุ ซ่อม ซ่อมบำรุง ทดสอบ ปรับปรุง แปรสภาพ ลำเลียง เก็บรักษา หรือทำลายสิ่งใด ๆ ตามลักษณะกิจการของโรงงาน แต่ไม่รวมถึง การทดลองเดินเครื่องจักร

“กระบวนการผลิต” หมายความว่า การประกอบกิจการโรงงานอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

“กระบวนการผลิตที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง” หมายความว่า การประกอบกิจการโรงงานในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งที่มีกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือการสันดาป และมีการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

“เชื้อเพลิงชีวมวล” หมายความว่า เชื้อเพลิงที่ได้มาจากอินทรีย์สารหรือสิ่งมีชีวิต รวมทั้งผลผลิตจากการเกษตร การปศุสัตว์ และการทำป่าไม้ เช่น ไม้ฟืน เศษไม้ แกลบ ฟาง ชานอ้อย ต้นอ้อย ใบอ้อย ใยปาล์ม กะลาปาล์ม ทะลายปาล์ม กะลามะพร้าว ใยมะพร้าว เศษพืช มูลสัตว์ ก๊าซชีวภาพ กากตะกอน หรือของเสียจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นต้น

ข้อ 2 อากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องมีค่าไม่เกินกว่ามาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

ชนิดของอากาศเสีย	แหล่งที่มาของอากาศเสีย	ค่าปริมาณของอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจาก	
		กระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง	กระบวนการผลิตที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
1. ฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	1.1 หม้อไอน้ำ หรือแหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้		
	(1) น้ำมันเตา	-	ไม่เกิน 240
	(2) ถ่านหิน	-	ไม่เกิน 320
	(3) ชีวมวล	-	ไม่เกิน 320
	(4) เชื้อเพลิงอื่นๆ	-	ไม่เกิน 320
	1.2 การถลุง หล่อหลอม รีดดึง และ/หรือผลิต อะลูมิเนียม	ไม่เกิน 300	ไม่เกิน 240
	1.3 กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 400	ไม่เกิน 320
2. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) (ส่วนในล้านส่วน)	2.1 หม้อไอน้ำ หรือแหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้		
	(1) น้ำมันเตา	-	ไม่เกิน 950
	(2) ถ่านหิน	-	ไม่เกิน 700
	(3) ชีวมวล	-	ไม่เกิน 60
	(4) เชื้อเพลิงอื่นๆ	-	ไม่เกิน 60
	2.2 กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 500	-
3. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งคำนวณในรูปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Oxides of nitrogen as Nitrogen dioxide) (ส่วนในล้านส่วน)	หม้อไอน้ำ หรือแหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้		
	(1) น้ำมันเตา	-	ไม่เกิน 200
	(2) ถ่านหิน	-	ไม่เกิน 400
	(3) ชีวมวล	-	ไม่เกิน 200
	(4) เชื้อเพลิงอื่นๆ	-	ไม่เกิน 200
4. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) (ส่วนในล้านส่วน)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 870	ไม่เกิน 690
5. ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) (ส่วนในล้านส่วน)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 100	ไม่เกิน 80

ชนิดของอากาศเสีย	แหล่งที่มาของอากาศเสีย	ค่าปริมาณของอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจาก	
		กระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง	กระบวนการผลิตที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
6. ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen Chloride) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 200	ไม่เกิน 160
7. กรดกำมะถัน (Sulfuric acid) (ส่วนในล้านส่วน)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 25	-
8. ไซลีน (Xylene) (ส่วนในล้านส่วน)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 200	-
9. ครีซอล (Cresol) (ส่วนในล้านส่วน)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 5	-
10. พลวง (Antimony) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 16
11. สารหนู (Arsenic) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 16
12. ทองแดง (Copper) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 24
13. ตะกั่ว (Lead) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 24
14. คลอรีน (Chlorine) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 24
15. ปรอท (Mercury) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	กระบวนการผลิต	ไม่เกิน 3	ไม่เกิน 2.4

ข้อ 3 การรายงานผลการตรวจวัดอากาศเสีย ให้รายงานผล ดังต่อไปนี้

(1) กระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน ($\%O_2$) ณ สภาวะจริงในขณะตรวจวัด

(2) กระบวนการผลิตที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน ($\%O_2$) ร้อยละ 7

ข้อ 4 การตรวจวัดอากาศเสียแต่ละชนิดตามข้อ 2 ให้ใช้วิธี ดังต่อไปนี้

(1) การตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่นละออง ให้ใช้วิธี Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(2) การตรวจวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้วิธี Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources หรือวิธี Determination of Sulfuric Acid and Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(3) การตรวจวัดค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ให้ใช้วิธี Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(4) การตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ให้ใช้วิธี Determination of Carbon Monoxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(5) การตรวจวัดค่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Sulfide, Carbonyl Sulfide and Carbon Disulfide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(6) การตรวจวัดค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Halide and Halogen Emissions from Stationary Sources Non-Isokinetic หรือวิธี Determination of Hydrogen Halide and Halogen Emissions from Stationary Sources Isokinetic ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(7) การตรวจวัดค่ากรดกำมะถัน ให้ใช้วิธี Determination of Sulfuric Acid and Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(8) การตรวจวัดค่าไซลีน ให้ใช้วิธี Measurement of Gaseous Organic Compound Emissions by Gas Chromatography ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(9) การตรวจวัดค่าครีซอล ให้ใช้วิธี Measurement of Gaseous Organic Compound Emissions by Gas Chromatography ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(10) การตรวจวัดค่าพลวง ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(11) การตรวจวัดค่าสารหนู ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(12) การตรวจวัดค่าทองแดง ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(13) การตรวจวัดค่าตะกั่ว ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(14) การตรวจวัดค่าคลอรีน ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Halide and Halogen Emissions from Stationary Sources Non-Isokinetic หรือวิธี Determination of Hydrogen Halide and Halogen Emissions from Stationary Sources Isokinetic ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(15) การตรวจวัดค่าสารปรอท ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 5 ประกาศนี้ไม่ใช้บังคับกับแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีการกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสีย ตามกฎหมายว่าด้วยส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติไว้เป็นการเฉพาะแล้ว

ข้อ 6 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

1.3 ระเบียบ เอกสาร และขั้นตอนตามกฎหมายของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ในการสร้าง ใช้งาน ควบคุม ตรวจสอบ ซ่อมแซม และยกเลิกการใช้ หม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน จำเป็นต้องมีการขึ้นทะเบียนผู้ที่มีหน้าที่ดังกล่าวข้องต้น ตลอดจนต้องมีการขึ้นทะเบียนหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนในกรณีที่มีการติดตั้งใหม่หรือย้ายสถานที่ติดตั้ง ระเบียบเอกสาร และขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนในส่วนที่รับผิดชอบโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

1.3.1 การขึ้นทะเบียนโรงงานที่มีการใช้หม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการติดตั้งหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีการตรวจสอบภายนอกภายใน และการทำงานของระบบการควบคุมก่อนการใช้งานตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในภาคผนวก 3 โดยวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และจัดส่งต้นฉบับรายงานให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมภายใน 30 วัน หลังจากทำการตรวจสอบความปลอดภัย หากหม้อน้ำที่นำชิ้นส่วนมาประกอบ ณ สถานที่ใช้งานต้องทำการตรวจสอบตามแนวเชื่อมส่วนรับแรงดัน ภายใต้การควบคุมดูแลของวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อม หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

1.3.2 การตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำ ต้องจัดให้มีการตรวจสอบหม้อน้ำโดยวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง สำหรับหม้อน้ำที่มีอัตราการผลิตไอน้ำเครื่องละตั้งแต่ 20 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป ที่มีการออกแบบโครงสร้าง การสร้างและใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายตามมาตรฐานสากล หากประสงค์จะตรวจสอบภายใน ทุกระยะเวลาเกินกว่า 1 ปีแต่ไม่เกิน 5 ปีต่อการตรวจสอบหนึ่งครั้งก็ให้กระทำได้ ทั้งนี้ ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด และได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อน

ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีการตรวจทดสอบความปลอดภัยระหว่างการใช้งาน โดยวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง สำหรับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่มีการออกแบบ การสร้างและมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายตามมาตรฐานสากล หากประสงค์จะตรวจสอบภายใน ทุกระยะเวลาเกินกว่า 1 ปีแต่ไม่เกิน 3 ปีต่อการตรวจทดสอบหนึ่งครั้ง ก็ให้กระทำได้ ทั้งนี้ ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด และได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อน

ในส่วนของผู้ตรวจทดสอบ มีหน้าที่และความรับผิดชอบหลังการดำเนินการตรวจสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังนี้

(ก) ผู้ตรวจทดสอบต้องจัดให้มีการถ่ายภาพที่แสดงถึงการตรวจทดสอบภายใน และหรือภายนอกหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนซึ่งกระทำโดยผู้ตรวจทดสอบ โดยให้แนบภาพถ่ายท้ายรายงานผลการตรวจทดสอบ แบบฟอร์มเอกสารรับรองความปลอดภัยการใช้หม้อน้ำ และรายงานผลการตรวจทดสอบหม้อน้ำ และแบบฟอร์มเอกสารรับรองความปลอดภัยการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และรายงานผลการตรวจทดสอบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

(ข) ผู้ตรวจทดสอบ ต้องจัดทำเอกสารรายงานผลการตรวจทดสอบความปลอดภัยหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน แล้วจัดส่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานพร้อมกับสำเนาใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม และสำเนาหนังสืออนุญาตให้ขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบ หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนโดยรับรองสำเนาถูกต้อง

(ค) กรณีพบว่าโครงสร้าง ส่วนประกอบหรือระบบการทำงานของหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งหมดมีข้อบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์เชิงวิศวกรรม วิศวกรตรวจทดสอบหรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องบันทึกข้อบกพร่องหรือความไม่สมบูรณ์พร้อมคำแนะนำวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องและความไม่สมบูรณ์นั้นให้แก่ผู้ประกอบกิจการโรงงาน

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
กรมโรงงานอุตสาหกรรม

รหัส…… ……...
เลขรับที่……..……วันที่……
(ช่องที่ 1) สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก

เอกสารรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อไอน้ำ

ข้าพเจ้า…… อายุ……..ปี อาชีพ……
พักอยู่บ้านเลขที่……หมู่……ตรอก/ซอย……..ถนน…….
ตำบล/แขวง……อำเภอ/เขต……จังหวัด……..โทรศัพท์……..
สถานที่ทำงาน……ตั้งอยู่ ณ ……โทรศัพท์……..
ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ.2542
เลขทะเบียน สก/วก/พก……ตั้งแต่วันที่……ถึงวันที่……..และไม่อยู่ในระหว่างถูกสั่งพักหรือเพิกถอนใบอนุญาตฯ ตามสำเนาบัตรประจำตัวที่แนบมาพร้อมนี้ ได้รับอนุญาตให้ขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ เลขทะเบียน 6-…….. หมดอายุวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.……

ข้าพเจ้าได้ทำการอัดน้ำทดสอบและตรวจสภาพหม้อไอน้ำของโรงงาน ……
ซึ่งตั้งอยู่เลขที่……..หมู่ที่……..ตรอก/ซอย……ถนน…….
ตำบล/แขวง……..อำเภอ/เขต……จังหวัด……โทรศัพท์……
ประกอบกิจการ……ทะเบียนโรงงานเลขที่ …… หมดอายุวันที่……..……
ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานชื่อ……จำนวนคนงาน……คน
ตรวจทดสอบเมื่อวันที่……..……เวลา……น. โรงงานนี้มีหม้อไอน้ำทั้งหมด……เครื่อง
หม้อไอน้ำเครื่องนี้หมายเลข …… ขณะตรวจ หม้อไอน้ำเครื่องอื่นอยู่ในสภาพ ☐ กำลังใช้งาน ☐ หยุด

ข้าพเจ้าได้ตรวจทดสอบสภาพหม้อไอน้ำเครื่องนี้ โดยการอัดน้ำ (Hydrostatic Test) ที่ความดันไม่น้อยกว่าเกณฑ์การอัดน้ำทดสอบตามที่ระบุในหน้า 4 ของเอกสารนี้ และขอรับรองว่าหม้อไอน้ำและอุปกรณ์ทุกส่วนของหม้อไอน้ำเป็นไปตามรายละเอียดแสดงไว้ในหน้า 2 และ 3 ของเอกสารนี้ ข้าพเจ้าได้ทำการตรวจสภาพและหรือทดสอบอย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรม และหม้อไอน้ำเครื่องนี้สามารถใช้งานได้โดยปลอดภัย **เป็นเวลา 1 ปี นับตั้งแต่ตรวจทดสอบ** ที่ความดัน **ซึ่งได้ปรับตั้งลิ้นนิรภัยให้เปิดระบายไอที่ความดันไม่เกิน** …… ข้าพเจ้าจึงลงลายมือชื่อไว้เป็นหลักฐาน

(ลงชื่อ)…… (ลงชื่อ)……..
(……..) (……..)
วิศวกรผู้ตรวจทดสอบ ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

ก่อนการตรวจทดสอบฯ โปรดอ่านรายละเอียดในหน้า 4 ของเอกสารนี้

หม้อไอน้ำเครื่องนี้ เป็นแบบหม้อไอน้ำ ☐ เรือ ☐ รถไฟ ☐ ลูกหมู ☐ ท่อน้ำขวาง ☐ ท่อไฟนอน (Package)
☐ ดัดแปลงเตาจากหม้อไอน้ำแบบ……อื่น ๆ (ระบุ)……..ใช้งานมาแล้ว……ปี
หมายเลขเครื่อง……..สร้างโดย……..โดยออกแบบความดันสูงสุดไว้ที่……..
อุณหภูมิ……..อัตราการผลิตไอ……พื้นที่ผิวรับความร้อน ……
แรงม้าหม้อไอน้ำ……การเคลื่อนย้ายหม้อไอน้ำ ☐ ไม่เคย ☐ เคย เมื่อ……..
จาก (ที่ใด)……
ชื่อผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ……ขึ้นทะเบียนฯ เลขที่……หมดอายุ พ.ศ.25……
ชื่อผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ……ขึ้นทะเบียนฯ เลขที่……หมดอายุ พ.ศ.25……
ชื่อผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ……ขึ้นทะเบียนฯ เลขที่……หมดอายุ พ.ศ.25……

- 2 -

1. ตัวหม้อไอน้ำ

การต่อแผ่นเหล็กหม้อไอน้ำ เป็นแบบ ☐ เชื่อม ☐ หมุดย้ำ เปลือกหม้อไอน้ำหนา……

ฉนวนหุ้มหม้อไอน้ำ ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ ☐ ใยแก้ว ☐ Asbestos ☐ อิฐทนไฟ ☐ อื่น ๆ ……

ขนาดหม้อไอน้ำ ∅ ……ยาว/สูง……ท่อไฟใหญ่ ขนาด ∅……ยาว……..หนา……..จำนวน……..ท่อ

ท่อไฟเล็กขนาด ∅……ยาว……..จำนวน……ท่อ, ท่อไฟเล็กขนาด ∅……ยาว……..จำนวน……ท่อ

ท่อน้ำ (สำหรับหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ) ขนาด ∅……ยาว……..จำนวน……..……ท่อ

ผนังเตาขนาด……..หนา……ผนังด้านหน้า-หลัง (End Plates) หนา……

ถังพักไอ (Header or Steam Dome) ขนาด ∅……..

ช่องคนลง (Manhole) ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน……..….ช่อง, ช่องมือลอด (Handhole) ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน…….……ช่อง

ช่องทำความสะอาดท่อน้ำ (สำหรับหม้อไอน้ำตั้งแบบท่อน้ำขวาง) ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน……..ช่อง

เหล็กยึดโยงเป็นแบบ ☐ Stay Rod ขนาด ∅……..จำนวน……..ชุด

☐ Stay Tube ขนาด ∅……..จำนวน……..ชุด

☐ Gusset Stay หนา……ด้านหน้า……..ชุด ด้านหลัง……..ชุด

☐ อื่น ๆ ……..……จำนวน……..……..ชุด

2. สภาพอุปกรณ์ของหม้อไอน้ำ

2.1 ลิ้นนิรภัย (Safety Valve) มีจำนวน……ชุด เป็นแบบ

☐ แบบน้ำหนักถ่วง ขนาด ∅……..ระบายไอน้ำที่ความดัน ……

☐ แบบสปริงมีคานงัด ขนาด ∅……..ระบายไอน้ำที่ความดัน ……

☐ แบบ…… ขนาด ∅……..ระบายไอน้ำที่ความดัน ……

2.2 ระบบความดัน

ความดันใช้งานปกติ (Working Pressure)……

เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) จำนวน……..ชุด สเกลสูงสุดอ่านได้……..……

สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Control Switch) ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน……..ชุด

ตั้งไว้ที่ความดัน……. Diff.Pressure……

2.3 ระบบน้ำ

หลอดแก้วและวาล์วบังคับ มีจำนวน……..ชุด พร้อมท่อระบายจากวาล์วหลอดแก้วถึงระดับพื้น

เครื่องควบคุมระดับน้ำ (Water Level Control) ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ ☐ ลูกลอย (Float Type) ☐ Electrode

☐ อื่น ๆ (ระบุ)……จำนวน……ชุด

เครื่องสูบน้ำเข้าหม้อไอน้ำ เป็นแบบ ☐ Reciprocating ☐ Turbine ☐ อื่น ๆ ……จำนวน……ชุด

โดยใช้พลังงานจาก ☐ ไฟฟ้า ☐ ไอน้ำ ☐ อื่น ๆ ……..

วาล์วกันกลับ (Check Valve) ที่ท่อน้ำ เข้าหม้อไอน้ำ ขนาด ∅……..จำนวน……..ชุด

น้ำที่เข้าหม้อไอน้ำ ☐ น้ำประปา ☐ น้ำบาดาล ☐ น้ำบ่อ ☐ น้ำคลอง ☐ อื่น ๆ (ระบุ)……

กรรมวิธีการปรับสภาพน้ำ ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ ☐ Softener (Resin) ☐ เติมสารเคมี ☐ อื่น ๆ ……

คุณสมบัติของน้ำเข้าหม้อไอน้ำ pH =……Hardness = ……อื่น ๆ (ถ้ามี)……..

วาล์วถ่ายน้ำ (Blow Down Valve) ขนาด ∅……..จำนวน……..ชุด

2.4 ระบบการจ่ายไอน้ำ

วาล์วจ่ายไอน้ำ (Main Steam Valve) ขนาด ∅……..จำนวน……..ชุด

วาล์วกันกลับที่ท่อจ่ายไอ (Check Valve) ขนาด ∅……..จำนวน……..ชุด

ท่อจ่ายไอน้ำ (Steam Pipe) ขนาด ∅……, ฉนวนหุ้มท่อจ่ายไอน้ำ ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ……..

2.5 ระบบสัญญาณเตือนภัย ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ ☐ กระดิ่งไฟฟ้า ☐ ไซเรน ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

2.6 ระบบการเผาไหม้

เชื้อเพลิงที่ใช้ ☐ ฟืน ☐ แกลบ ☐ ขี้เลื่อย ☐ น้ำมันดีเซล ☐ น้ำมันเตาเกรด..... ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

ปริมาณการใช้ ..... (ต่อหน่วยเวลา) ☐ มีระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง เป็นแบบ.....

ขนาดความสามารถ.....การจัดทิศทางเปลวไฟ ☐ 1 Pass ☐ 2 Pass ☐ 3 Pass ☐ 4 Pass

ปล่องไฟขนาด.....สูง.....ลมช่วยในการเผาไหม้ ☐ ธรรมชาติ ☐ พัดลมขนาด.....

สายล่อฟ้า ☐ ไม่จำเป็นต้องมี ☐ จำเป็นต้องมี (☐ มีเหมาะสม ☐ ยังไม่มี)

2.7 ปลั๊กหลอมละลาย (Fusible Plug) ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน.....ชุด

2.8 ระบบปรับปรุงประสิทธิภาพ

เครื่องอุ่นน้ำมัน (Oil Heater) ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ.....อุ่นถึงอุณหภูมิ.....

เครื่องอุ่นอากาศ (Air Heater) ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ.....อุ่นถึงอุณหภูมิ.....

เครื่องอุ่นน้ำ (Economizer) ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ.....อุ่นถึงอุณหภูมิ.....

การนำคอนเดนเสดกลับมาใช้ ☐ ไม่มี ☐ มี ปริมาณ.....

2.9 ภาชนะรับแรงดันไอน้ำ (Pressure Vessel) ☐ ไม่มี ☐ มี (ระบุ)

เครื่องจักรไอน้ำ ขนาด ∅ ไอดี (High Pressure)..... ขนาด ∅ ไอเสีย (Low Pressure).....

จำนวน.....ชุด

เครื่อง.....จำนวน.....ชุด ใช้ความดัน..... ☐ มีลิ้นนิรภัยตั้งความดันที่.....

เครื่อง.....จำนวน.....ชุด ใช้ความดัน..... ☐ มีลิ้นนิรภัยตั้งความดันที่.....

เครื่อง.....จำนวน.....ชุด ใช้ความดัน..... ☐ มีลิ้นนิรภัยตั้งความดันที่.....

เครื่อง.....จำนวน.....ชุด ใช้ความดัน..... ☐ มีลิ้นนิรภัยตั้งความดันที่.....

รายงานผลการตรวจหม้อน้ำก่อนรับรอง

ท่อไฟใหญ่	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง		ท่อไฟเล็ก	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง	
ผนังด้านหน้า-หลัง	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง		ผนังเตา	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง	
เหล็กยึดโยง	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง		ช่องมือลอด	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง	
ช่องคนลง	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง		ท่อน้ำ	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง	
เกจวัดความดัน	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง		ลิ้นนิรภัย	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง	
เครื่องสูบน้ำเข้าหม้อไอน้ำ	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง		สวิตช์ควบคุมความดัน	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง	
ระบบสัญญาณเตือนภัย	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง		เครื่องควบคุมระดับน้ำ	☐ เรียบร้อย	☐ บกพร่อง	
สภาพตะกรันภายในหม้อไอน้ำ	☐ ไม่มี	☐ มี	☐ มาก		☐ ปานกลาง	☐ น้อย	

รายละเอียดของส่วนที่บกพร่องและอื่น ๆ

.....

.....

.....

ข้าพเจ้าได้ให้ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานดำเนินการซ่อมแซมแก้ไขจนเป็นที่เรียบร้อยสมบูรณ์แล้วก่อนลงลายมือชื่อรับรอง

.....(วิศวกรผู้ตรวจทดสอบ)

ข้อกำหนดในการตรวจทดสอบฯ และกรอกรายงานในเอกสารรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อไอน้ำ

ชื่อโรงงาน :-	ใช้ตามที่ระบุไว้ในใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ถ้าไม่มีให้ใช้ชื่อผู้รับใบอนุญาตฯ
ประกอบกิจการโรงงาน :-	ใช้ตามที่ระบุในบรรทัดที่ 7 ของหน้าที่ 1 ในใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน, รง. 4 (นับจากวันที่ลงมา)
ทะเบียนโรงงานเลขที่ :-	ใช้ตามที่ระบุในกรอบสี่เหลี่ยมมุมบนด้านขวาของใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน, รง. 4
หม้อไอน้ำหมายเลข :-	หม้อไอน้ำที่ติดตั้งก่อนถือว่าเป็นหมายเลข 1
ออกแบบความดันสูงสุด :-	ความดันสูงสุดที่ผู้สร้างกำหนดให้ใช้ (Max. Allowable Working Pressure)
สวิตช์ควบคุมความดัน :-	(ถ้ามี) จะต้องตั้งไว้ไม่เกินความดันใช้งานสูงสุด (Max. Working Pressure)
ลิ้นนิรภัย :-	- ต้องติดตั้งที่เปลือกหรือถังพักไอ **และต้องไม่มีวาล์วต่อคั่นกลาง** - ต้องเป็นแบบน้ำหนักถ่วงหรือแบบสปริงที่มีคานงัด **ไม่มีคานงัดห้ามใช้** หรือแบบอื่นที่สามารถตรวจสอบการเปิดได้ง่าย มีขนาดที่สามารถระบายไอได้ทันเมื่อความดันเกินกำหนดและปรับตั้งให้ระบายที่ความดันไม่เกิน 10% ของความดันใช้งานสูงสุด (Max. Working Pressure) แต่ต้องไม่เกิน 3% ของการออกแบบความดันสูงสุด (Max. Allowable Working Pressure) - ต้องมีไม่น้อยกว่า 2 ชุด สำหรับหม้อไอน้ำที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนตั้งแต่ 50 ตารางเมตรขึ้นไป
ตะกรัน :-	ถ้ามีหนากว่า 1/16 นิ้ว จะต้องล้างออก
การตรวจทดสอบ :-	ให้ใช้หลักวิชาการทางด้านวิศวกรรม หรือมาตรฐานสากลอันเป็นที่ยอมรับที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ
การอัดน้ำทดสอบ :-	ต้องใช้ความดัน 1.5 เท่าของความดันสูงสุดที่ออกแบบ (Max. Allowable Working Pressure) ถ้าความดันใช้งานสูงสุดต่ำกว่า 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต้องใช้ความดันไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของความดันที่ใช้งานสูงสุด ถ้าความดันใช้งานสูงสุดอยู่ในระหว่าง 60-80 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต้องใช้ความดันไม่น้อยกว่า 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

หมายเหตุ

1. ในการตรวจทดสอบหากพบว่า ส่วนประกอบและหรืออุปกรณ์ของหม้อไอน้ำส่วนหนึ่งส่วนใดมีข้อบกพร่องชำรุด หรือไม่ทำงาน วิศวกรผู้ตรวจทดสอบ ต้องแจ้งให้ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ดำเนินการซ่อมปรับปรุงแก้ไข หรือเปลี่ยนใหม่ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย ให้แล้วเสร็จสมบูรณ์ก่อนลงลายมือชื่อรับรอง
2. ต้องกรอกข้อความให้ครบทุกข้อ ข้อความใดที่ไม่ได้กรอก ต้องแสดงเหตุผล มิฉะนั้น เจ้าหน้าที่จะถือว่าไม่ได้ตรวจทดสอบหรือดูสภาพส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของหม้อไอน้ำนั้น และอาจพิจารณาไม่รับเอกสารฯ ฉบับนี้
3. ข้อความนอกเหนือจากที่ระบุในข้อกำหนด ให้ใช้หลักวิชาการทางวิศวกรรม

คำรับรองของผู้ประกอบกิจการโรงงาน

1. ข้าพเจ้าขอรับรองว่าในการตรวจทดสอบความปลอดภัยในการใช้หม้อไอน้ำครั้งนี้ วิศวกรผู้ตรวจทดสอบได้ดำเนินการตรวจทดสอบหม้อไอน้ำ ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดจริง หากกรมโรงงานอุตสาหกรรมตรวจพบในภายหลังว่า มิได้มีการตรวจทดสอบหม้อไอน้ำตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด ข้าพเจ้ายินดีให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม เพิกถอนใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานโดยไม่มีเงื่อนไข
2. เมื่อครบกำหนดที่จะต้องตรวจทดสอบหม้อไอน้ำครั้งต่อไป ข้าพเจ้าจะต้องแจ้งเป็นหนังสือให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม ในกรณีโรงงานตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร หรือ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด ในกรณีโรงงานตั้งอยู่นอกเขตกรุงเทพมหานคร ทราบล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 7 วัน เพื่อที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด จะได้ส่งเจ้าหน้าที่ไปสังเกตการณ์ในการตรวจทดสอบหม้อไอน้ำ

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจในข้อความดังกล่าวข้างต้นแล้ว จึงลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญ

ลงชื่อ.....ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

(.....)

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
กรมโรงงานอุตสาหกรรม

รายงานผลการตรวจทดสอบความปลอดภัยในการใช้หม้อไอน้ำ

<u>การตรวจสอบ (Inspection)</u>

1. ประวัติการชำรุดและการซ่อมแซมโครงสร้าง อุปกรณ์ และการล้างตะกรัน ในรอบ 1 ปี ที่ผ่านมา ดังนี้

1. ลักษณะการชำรุด.....ซ่อมโดย.....เมื่อ.....
2. ลักษณะการชำรุด.....ซ่อมโดย.....เมื่อ.....
3. ลักษณะการชำรุด.....ซ่อมโดย.....เมื่อ.....
4. วิศวกรควบคุมและอำนวยการซ่อม ชื่อ.....ทะเบียนเลขที่.....

2. การตรวจสอบสภาพภายนอก (External Inspectin)

การติดตั้งหม้อไอน้ำ ..... การติดตั้งระบบท่อ.....
สภาพภายนอกหม้อไอน้ำ (โครงสร้าง).....
การติดตั้งอุปกรณ์ทั่วไป หรือ อุปกรณ์ความปลอดภัย ตามกฎหมายกำหนด ถูกต้อง ไม่ถูกต้อง (ระบุ).....
.....
.....

3. การตรวจสอบสภาพภายใน (Internal Inspectin)

3.1. สภาพผิวด้านสัมผัสไฟ

สภาพท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก ท่อน้ำ ผนังเตา ผนังหน้า-หลัง Smoke Chamber ปูนทนไฟ อิฐทนไฟ ฉนวนกันความร้อน (ลักษณะการชำรุด เสียรูป แตกร้าว รั่วซึม กัดกร่อน ขี้เถ้า เขม่า หรือ ความผิดปกติต่างๆ).....
.....
.....

3.2. สภาพผิวด้านสัมผัสน้ำ

สภาพท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก ท่อน้ำ ผนังเตา ผนังหน้า-หลัง Upper Drum Lower Drum(ลักษณะการชำรุด เสียรูป แตกร้าว รั่วซึม กัดกร่อน ตะกรัน โคลนตะกอน การอุดตันของอุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ) .....
.....
.....

4. การทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างโดยการอัดน้ำ (Hydrostatic Test)

กรณี สร้างใหม่ ประจำปี ดัดแปลง ซ่อมแซม เปลี่ยนโครงสร้าง อื่น ๆ.....
ทดสอบที่ความดัน ..... ผลการทดสอบ ปกติ ควรปรับปรุง
หากควรปรับปรุง สาเหตุ.....วิธีการปรับปรุง.....
การทำงานของลิ้นนิรภัย (Safety Valve) ผลการทดสอบ ปกติ ควรปรับปรุง
หากควรปรับปรุง สาเหตุ.....วิธีการปรับปรุง.....

5. การตรวจสอบสภาพการทำงานของระบบหรืออุปกรณ์ความปลอดภัย (Functional Test)

- การทำงานของเกจวัดความดัน ปกติ ควรปรับปรุง .....
- การทำงานของเครื่องสูบน้ำ (Feed Water Pump) ปกติ ควรปรับปรุง .....
- การทำงานของเครื่องควบคุมระดับน้ำ ปกติ ควรปรับปรุง .....
- การทำงานของระบบสัญญาณเตือนภัย ปกติ ควรปรับปรุง .....
- การทำงานของเครื่องควบคุมความดัน (Pressure Control Switch) ปกติ ควรปรับปรุง .....
- หลอดแก้วบอกระดับน้ำ ปกติ ควรปรับปรุง .....
- การทำงานของลิ้นกันกลับ (Check Valve) ปกติ ควรปรับปรุง .....

6. การตรวจสอบสภาพการทำงานของระบบหรืออุปกรณ์ทั่วไป (General Equipment)

- การทำงานของเกจวัดอุณหภูมิปล่อง ปกติ ควรปรับปรุง .....
- ภาชนะเก็บน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ หรือ ถังคอนเดนเสด รวมถึงระบบท่อ ปกติ ควรปรับปรุง .....
- เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ปกติ ควรปรับปรุง .....
- ระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า ปกติ ควรปรับปรุง .....
- ฉนวนทั้งหมด (ตัวหม้อไอน้ำ ระบบท่อ อุปกรณ์การใช้ไอน้ำ ฯลฯ) ปกติ ควรปรับปรุง .....
- วาล์วถ่ายน้ำ (Blow Down Valve) ปกติ ควรปรับปรุง .....
- ลิ้นหรือวาล์วที่ติดตั้งกับหม้อไอน้ำ ปกติ ควรปรับปรุง .....

7. รายละเอียดของส่วนที่บกพร่องเพิ่มเติม และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

8. สรุปผลการตรวจสอบ

8.1. ขอรับรองว่าหม้อไอน้ำเครื่องนี้สามารถใช้งานได้โดยปลอดภัยภายใต้ความดันใช้งานไม่เกิน.....เป็นเวลา 1 ปีนับตั้งแต่วันที่ตรวจสอบ

8.2. ขอรับรองว่าหม้อไอน้ำเครื่องนี้ตามข้อ 8.1. และผู้ประกอบกิจการโรงงานได้แก้ไขตามรายละเอียด ดังนี้แล้ว

8.2.1.....

8.2.2.....

อื่นๆ.....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลข้างต้นเป็นความจริงทุกประการจึงได้ลงลายมือชื่อรับรองไว้เป็นหลักฐาน

.....วิศวกรผู้ตรวจทดสอบ

( )

หมายเหตุ

1. เอกสารนี้ ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของเอกสารรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ ท้ายระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยการขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อไอน้ำ วิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน วิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ.2528
2. ในการตรวจทดสอบหากพบว่า ส่วนประกอบและหรืออุปกรณ์ของหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ ส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งหมดมีข้อบกพร่องไม่สมบูรณ์เชิงวิศวกรรม วิศวกรผู้ตรวจทดสอบต้องบันทึกข้อบกพร่องพร้อมคำแนะนำวิธีการแก้ไขในเอกสารรายงานฉบับนี้ และแจ้งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงาน ดำเนินการซ่อมปรับปรุงแก้ไข หรือเปลี่ยนใหม่อยู่ในสภาพเรียบร้อยให้แล้วเสร็จสมบูรณ์
3. ต้องกรอกข้อความให้ครบทุกข้อ ข้อความใดที่ไม่ได้กรอก ต้องแสดงเหตุผล มิฉะนั้น เจ้าหน้าที่จะถือว่าไม่ได้ตรวจทดสอบหรือดูสภาพส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯนั้น และอาจพิจารณาไม่รับเอกสารฯ ฉบับนี้
4. ข้อความนอกเหนือจากที่ระบุในข้อกำหนด ให้ใช้หลักวิชาการทางวิศวกรรม
5. ต้องแนบภาพถ่ายซึ่งแสดงได้ว่าการตรวจทดสอบได้กระทำโดยวิศวกรผู้ตรวจทดสอบ ทั้งนี้รายละเอียดของภาพถ่ายให้เป็นไปตามที่เจ้าหน้าที่

DIW-04-AP-FN-19(00)
21 มกราคม 2543
หน้า 1/4

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
กรมโรงงานอุตสาหกรรม

รหัส.....
เลขรับที่.....วันที่.....
(ช่องที่ 1) สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก

เอกสารรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ข้าพเจ้า..... อายุ.....ปี อาชีพ.....
พักอยู่บ้านเลขที่.....หมู่.....ตรอก/ซอย.....ถนน.....
ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....โทรศัพท์.....
สถานที่ทำงาน.....เลขที่.....หมู่.....
ตรอก/ซอย.....ถนน.....ตำบล/แขวง.....
อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....โทรศัพท์.....
ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ.2505 เลขทะเบียน สก/วก/พก.....ตั้งแต่วันที่.....ถึงวันที่.....และไม่อยู่ในระหว่างถูกสั่งพักหรือเพิกถอนใบอนุญาตฯ ตามสำเนาบัตรประจำตัวที่แนบมาพร้อมนี้ ได้รับอนุญาตให้ขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ เลขทะเบียน 6-..... หมดอายุวันที่ 31 ธันวาคม .....

ข้าพเจ้าได้ทำการตรวจสอบหม้อต้มฯ ของโรงงาน [.....]
ซึ่งตั้งอยู่เลขที่.....หมู่ที่.....ตรอก/ซอย.....ถนน.....
ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....โทรศัพท์.....
ประกอบกิจการ.....ทะเบียนโรงงานเลขที่ [.....] หมดอายุ 31 ธันวาคม.....
ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานชื่อ.....จำนวนคนงาน.....คน
ตรวจทดสอบเรียบร้อยเมื่อวันที่.....เวลา.....น. โรงงานนี้มีหม้อต้มฯ ทั้งหมด.....เครื่อง
หม้อต้มฯ เครื่องนี้หมายเลข [.....] ขณะตรวจ หม้อต้มฯ เครื่องอื่นอยู่ในสภาพ ☐ กำลังใช้งาน ☐ หยุด

ข้าพเจ้าได้ตรวจหม้อต้มฯ เครื่องนี้ ตามหลักวิชาวิศวกรรมแล้ว ขอรับรองว่าหม้อต้มฯ และอุปกรณ์ทุกส่วนของหม้อต้มฯ เป็นไปตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในเอกสารนี้ และหม้อต้มฯ เครื่องนี้สามารถใช้งานได้โดยปลอดภัย**เป็นระยะเวลา 1 ปี นับตั้งแต่วันที่ตรวจสอบ** ข้าพเจ้าจึงลงลายมือชื่อไว้เป็นหลักฐาน

(ลงชื่อ).....
(.....)
วิศวกรผู้ตรวจสอบ

(ลงชื่อ).....
(.....)
(ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน)

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หมายเลข.....ติดตั้งเมื่อปี.....สร้างโดย.....
ผู้ควบคุมการใช้งานชื่อ.....เลขทะเบียน.....หมดอายุ พ.ศ.....
ผู้ควบคุมการใช้งานชื่อ.....เลขทะเบียน.....หมดอายุ พ.ศ.....

1. **ตัวหม้อต้มฯ**

หม้อต้มฯ เครื่องนี้เป็นแบบ.....ใช้งานมาแล้ว.....ปี
หมายเลขเครื่อง.....สร้างโดย.....
ออกแบบให้ใช้อุณหภูมิสูงสุด.....พื้นที่ผิวรับความร้อน.....
การเคลื่อนย้ายหม้อต้มฯ ☐ ไม่เคย ☐ เคย เมื่อ.....จากที่ใด.....
ชื่อผู้ควบคุมหม้อต้มฯ..... ☐ ยังไม่ได้ขึ้นทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำ
☐ ขึ้นทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำแล้ว เลขที่.....หมดอายุวันที่ 31 ธันวาคม.....
การต่อแผ่นเหล็กหม้อต้มฯ เป็นแบบ ☐ เชื่อม ☐ ..... เปลือกหม้อต้มฯ หนา.....
ฉนวนหุ้มหม้อต้มฯ ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ ☐ ใยแก้ว ☐ Asbestos ☐ .....
ขนาดหม้อต้มฯ ∅ ..... ยาว..... จำนวน.....ท่อ
ท่อของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนภายในหม้อต้มฯ เป็นชนิด.....
ขนาด ∅ ..... ยาว..... จำนวน.....ท่อ
ช่องทำความสะอาดภายในหม้อต้มฯ ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน..... .ช่อง
ห้องเผาไหม้ ขนาด..... หนา.....

2. **ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน**

ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนคือ.....ปริมาณทั้งหมดที่ใช้.....
คุณสมบัติของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน
อุณหภูมิจุดวาบไฟ (Flash Point temperature).....
อุณหภูมิจุดติดไฟ (Fire Point temperature).....
อุณหภูมิจุดติดไฟได้เอง (Auto-ignition temperature).....
ความหนืด (Viscosity).....

3. **อุปกรณ์ของหม้อต้มฯ**

3.1 ระบบของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน
ถังพักของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อน (Storage tank) ขนาด ∅..... ยาว.....
มีหลอดแก้ว จำนวน.....ชุด
เครื่องควบคุมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ..... .....
เครื่องสูบของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน เป็นแบบ ☐ Reciprocating ☐ Turbine
☐ อื่น ๆ ..... จำนวน.....ชุด มีอัตราการไหล.....
โดยใช้พลังงานจาก ☐ ไฟฟ้า ☐ อื่น ๆ ..... คิดเป็นพลังงาน.....แรงม้าหรือ.....

3.2 ระบบการส่งของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน
ท่อส่งของเหลวฯ เป็นชนิด..... ขนาด ∅..... ยาว.....
ฉนวนหุ้ม ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ..... .....
ท่ออ่อน (Flexible pipe) ☐ ไม่มี ☐ มี ขนาด ∅..... จำนวน.....ชุด
ที่ระบายอากาศ (Vent) ในระบบท่อส่งของเหลวฯ ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน.....ชุด

วาล์วท่อส่งของเหลวฯ (Main Valve) ขนาด ขนาด ∅..... จำนวน.....ชุด

วาล์วกันกลับ (Check Valve) ที่ท่อส่งของเหลวฯ ขนาด ขนาด ∅..... จำนวน.....ชุด

ลิ้นนิรภัย (Safety Valve) ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ..... ขนาด ∅.....

จำนวน.....ชุด ระบายของเหลวที่ความดัน.....

3.3 ระบบความร้อนของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนของหม้อต้มฯ

อุณหภูมิที่ใช้งานปกติ (Working temperature).....อุณหภูมิก่อนเข้าหม้อต้มฯ.....

เกจวัดอุณหภูมิ (Temperature gauge) จำนวน.....ชุด สเกลสูงสุดอ่านได้.....

เครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ (Thermostat) ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน.....ชุด

ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ..... Diff.Pressure.....

3.4 ระบบความดันของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

ความดันใช้งานปกติ (Working Pressure).....

เกจวัดความดัน (Pressure gauge) จำนวน.....ชุด สเกลสูงสุดอ่านได้.....

สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Control Switch) ☐ ไม่มี ☐ มี จำนวน.....ชุด

ตั้งไว้ที่ความดัน.....Diff.Pressure.....

3.5 ระบบการเผาไหม้

เชื้อเพลิงที่ใช้ ☐ ฟืน ☐ น้ำมันเตาเกรด..... ☐ อื่น ๆ .....

ปริมาณการใช้.....(ต่อหน่วยเวลา)

เครื่องอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Heater) ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ..... .....

อุ่นถึงอุณหภูมิ.....

ระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ..... .....

ขนาดความสามารถ.....

การจัดทิศทางเปลวไฟ ☐ 1 Pass ☐ 2 Pass ☐ 3 Pass ☐ .....

ปล่องไฟขนาด.....สูง.....ลมช่วยในการเผาไหม้ ☐ ธรรมชาติ ☐ พัดลม

ขนาด.....สายล่อฟ้า ☐ ไม่มี ☐ มี

3.6 ระบบสัญญาณเตือนภัย ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ ☐ กระดิ่งไฟฟ้า ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

3.7 เครื่องถ่ายเทความร้อน (Heat Exchange) จำนวน.....ชุด

เครื่อง.....ขนาด.....จำนวน.....ชุด ใช้อุณหภูมิ.....

เครื่อง.....ขนาด.....จำนวน.....ชุด ใช้อุณหภูมิ.....

เครื่อง.....ขนาด.....จำนวน.....ชุด ใช้อุณหภูมิ.....

DIW-04-AP-FN-19(00)

21 มกราคม 2543

รายงานผลการตรวจหม้อต้มฯ ก่อนรับรอง

ท่อของเหลวฯ ภายในหม้อต้มฯ	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
ท่อส่งของเหลวฯ	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
ถังพักของเหลวฯ	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
หลอดแก้วที่ถังพักของเหลวฯ	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
เครื่องสูบของเหลวฯ	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
ท่ออ่อน	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
วาล์วปิด-เปิด	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
เกจวัดความดัน	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
เกจวัดอุณหภูมิ	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
ระบบสัญญาณเตือนภัย	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
เครื่องควบคุมของเหลวฯ	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
สวิตช์ควบคุมความดัน	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย
เครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ	☐ เรียบร้อย	☐ ไม่เรียบร้อย

รายละเอียดของส่วนที่บกพร่องและอื่น ๆ .....

.....

.....

ได้ดำเนินการซ่อมแซมแก้ไขจนเป็นที่เรียบร้อยสมบูรณ์ก่อนลงลายมือชื่อรับรองแล้ว

ลงชื่อ.....

(วิศวกรผู้ตรวจสอบ)

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
กรมโรงงานอุตสาหกรรม

รายงานผลการตรวจทดสอบความปลอดภัยในการใช้หม้อต้มฯ

<u>การตรวจสอบ (Inspection)</u>

1. ประวัติการชำรุดและการซ่อมแซมโครงสร้าง อุปกรณ์ ในรอบ 1 ปี ที่ผ่านมา ดังนี้

1.ลักษณะการชำรุด.....ซ่อมโดย.....เมื่อ.....

2. ลักษณะการชำรุด.....ซ่อมโดย.....เมื่อ.....

3. ลักษณะการชำรุด.....ซ่อมโดย.....เมื่อ.....

4. วิศวกรควบคุมและอำนวยการซ่อม ชื่อ.....ทะเบียนเลขที่.....

2. การตรวจสอบสภาพภายนอก (External Inspectin)

การติดตั้งหม้อต้มฯ ..... การติดตั้งระบบท่อ.....

สภาพภายนอกหม้อต้มฯ (โครงสร้าง).....

การติดตั้งอุปกรณ์ทั่วไป หรือ อุปกรณ์ความปลอดภัย ตามกฎหมายกำหนด ถูกต้อง ไม่ถูกต้อง(ระบุ).....

.....

.....

3. การตรวจสอบสภาพภายใน (Internal Inspectin)

3.1. สภาพผิวด้านสัมผัสไฟ

สภาพห้องเผาไหม้ ท่อน้ำมัน ผนังเตา ผนังหน้า-หลัง Smoke Chamber ปูนทนไฟ อิฐทนไฟ ฉนวนกันความร้อน (ลักษณะการชำรุด เสียรูป แตกร้าว รั่วซึม กัดกร่อน ขี้เถ้า เขม่า หรือ ความผิดปกติต่างๆ).....

.....

.....

4. การทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างโดยการอัดความดัน (Hydrostatic Test)

กรณี สร้างใหม่ ประจำปี ดัดแปลง ซ่อมแซม เปลี่ยนโครงสร้าง อื่น ๆ.....

ทดสอบโดยใช้.....ที่ความดัน ..... ผลการทดสอบ ปกติ ควรปรับปรุง

หากควรปรับปรุง สาเหตุ.....วิธีการปรับปรุง.....

การทำงานของลิ้นนิรภัย (Safety Valve) ผลการทดสอบ ปกติ ควรปรับปรุง

หากควรปรับปรุง สาเหตุ.....วิธีการปรับปรุง.....

5. การตรวจสอบสภาพการทำงานของระบบหรืออุปกรณ์ความปลอดภัย (Functional Test)

- เกจวัดความดัน ปกติ ควรปรับปรุง .....
- เครื่องสูบน้ำมัน(Pump) ปกติ ควรปรับปรุง .....
- เครื่องควบคุมระดับน้ำมัน ปกติ ควรปรับปรุง .....
- ระบบสัญญาณเตือนภัย ปกติ ควรปรับปรุง .....
- เครื่องควบคุมความดัน (Pressure Control Switch) ปกติ ควรปรับปรุง .....
- หลอดแก้วบอกระดับน้ำมัน ปกติ ควรปรับปรุง .....

6. การตรวจสอบสภาพการทำงานของระบบหรืออุปกรณ์ทั่วไป (General Equipment)

- การทำงานของเกจวัดอุณหภูมิปล่อง ปกติ ควรปรับปรุง .....
- ภาชนะเก็บน้ำมัน รวมถึงระบบท่อ ปกติ ควรปรับปรุง .....
- ระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า ปกติ ควรปรับปรุง .....
- ฉนวนทั้งหมด (ตัวหม้อต้มฯ ระบบท่อ อุปกรณ์การถ่ายเทความร้อน ฯลฯ) ปกติ ควรปรับปรุง .....

7. รายละเอียดของส่วนที่บกพร่องเพิ่มเติม และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

8. สรุปผลการตรวจสอบ

8.1. ขอรับรองว่าหม้อต้มฯเครื่องนี้สามารถใช้งานได้โดยปลอดภัยเป็นเวลา 1 ปีนับตั้งแต่วันที่ตรวจสอบ

8.2. ขอรับรองว่าหม้อต้มฯเครื่องนี้ตามข้อ 8.1. และผู้ประกอบกิจการโรงงานได้แก้ไขตามรายละเอียด ดังนี้แล้ว

8.2.1.....

8.2.2.....

อื่นๆ.....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลข้างต้นเป็นความจริงทุกประการจึงได้ลงลายมือชื่อรับรองไว้เป็นหลักฐาน

.....วิศวกรผู้ตรวจทดสอบ

( )

หมายเหตุ

1.เอกสารนี้ ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของเอกสารรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ ท้ายระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยการขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อไอน้ำ วิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน วิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ.2528

2.ในการตรวจทดสอบหากพบว่า ส่วนประกอบและหรืออุปกรณ์ของหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ ส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งหมดมีข้อบกพร่องไม่สมบูรณ์ชิงวิศวกรรม วิศวกรผู้ตรวจทดสอบต้องบันทึกข้อบกพร่องพร้อมคำแนะนำวิธีการแก้ไขในเอกสารรายงานฉบับนี้ และแจ้งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงาน ดำเนินการซ่อมปรับปรุงแก้ไข หรือเปลี่ยนใหม่อยู่ในสภาพเรียบร้อยให้แล้วเสร็จสมบูรณ์

3.ต้องกรอกข้อความให้ครบทุกข้อ ข้อความใดที่ไม่ได้กรอก ต้องแสดงเหตุผล มิฉะนั้น เจ้าหน้าที่จะถือว่าไม่ได้ตรวจทดสอบหรือดูสภาพส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯนั้น และอาจพิจารณาไม่รับเอกสารฯ ฉบับนี้

4.ข้อความนอกเหนือจากที่ระบุในข้อกำหนด ให้ใช้หลักวิชาการทางวิศวกรรม

5.ต้องแนบภาพถ่ายซึ่งแสดงได้ว่าการตรวจทดสอบได้กระทำโดยวิศวกรผู้ตรวจทดสอบ ทั้งนี้รายละเอียดของภาพถ่ายให้เป็นไปตามที่ เจ้าหน้าที่ กรมโรงงานอุตสาหกรรมที่กำกับดูแลการตรวจทดสอบกำหนด

1.3.3 การหยุดใช้งานชั่วคราวและการยกเลิกการใช้งานหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

การยกเลิกการใช้งานหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เพื่อเคลื่อนย้ายหรือทำลาย ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องแจ้งให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมทราบก่อนดำเนินการเคลื่อนย้ายหรือทำลายไม่น้อยกว่า 30 วันทำการ

1.3.4 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องจัดให้มีผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบการใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน นอกจากนี้ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนต้องแสดงใบอนุญาตผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ไว้ ณ ที่เปิดเผยและเห็นได้ง่ายในบริเวณที่ติดตั้งหม้อน้ำ หรือหม้อต้มฯ แบบฟอร์มคำขอขึ้นทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ส่วนการต่ออายุทะเบียนเป็นผู้ควบคุมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนนั้น ให้ใช้แบบฟอร์มคำขอต่ออายุทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

1.3.5 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ

ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำที่มีกำลังการผลิตไอน้ำเครื่องละตั้งแต่ 20 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป นอกจากจะต้องดำเนินการให้มีผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำแล้ว ต้องจัดให้มีวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบการใช้งานหม้อน้ำตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด แบบฟอร์มคำขอขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ ส่วนการต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำนั้น ให้ใช้แบบฟอร์มคำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ

1.3.6 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

วิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน คือ วิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรที่ทำหน้าที่ตรวจสอบแบบแปลนการติดตั้งและควบคุมการติดตั้งตรวจทดสอบ วิเคราะห์และจัดทำรายงานความปลอดภัยในการใช้งานของหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พร้อมทั้งแนะนำวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง เป็นไปตามหลักวิศวกรรม แบบฟอร์มคำขอขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ส่วนการต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้ใช้แบบฟอร์มคำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

DIW-04-AP-FN-09(00)

21 มกราคม 2543

หน้า 1/1

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คำขอขึ้นทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ติดรูป 1 นิ้ว

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี สัญชาติ.....

อยู่บ้านเลขที่.....หมู่ที่ .....ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โทรศัพท์..... โทรสาร .....E-mail.....

บัตรประชาชนเลขที่ ☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐☐ ☐☐ ☐

มีความประสงค์ขออนุญาตขึ้นทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ของโรงงาน .....

ตั้งอยู่ เลขที่ ..... ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐ หมดอายุ 31 ธันวาคม พ.ศ. ☐

พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบคำขอ ดังนี้

1. รูปถ่ายปัจจุบันหน้าตรงไม่สวมหมวก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 รูป (ติดรูปในคำขอ)
2. สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน จำนวน 1 ฉบับ
3. สำเนาหลักฐานการศึกษาเป็นผู้สำเร็จการศึกษา ปวส. สาขาช่างยนต์ ช่างกลโรงงาน ช่างเทคนิคอุตสาหกรรม /สำเนาหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบหลักสูตรผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือสถาบันอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับรอง จำนวน 1 ฉบับ
4. สำเนาใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (รง.4) จำนวน 1 ชุด

ลงชื่อ .....ผู้ยื่นคำขอ

(.....)

การรับรองของผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ข้าพเจ้า.....เป็นผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ชื่อโรงงาน.....ผลิต.....

ตั้งอยู่เลขที่.....หมู่ที่.....ซอย.....ถนน.....

แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....

โทรศัพท์.....โทรสาร.....E-mail.....

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐

ขอรับรองว่า.....ได้ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงานของข้าพเจ้าจริง

ลงชื่อ .....ผู้ประกอบกิจการโรงงาน/

(.....) ผู้ได้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ 1. กรณีย้ายโรงงานผู้ขอต้องทำหนังสือแจ้งย้ายโรงงาน เพื่อขอขึ้นทะเบียนใหม่ด้วย

2. กรณีผู้ประกอบกิจการโรงงานเป็นนิติบุคคล ผู้ลงนามรับรองต้องเป็นผู้มีอำนาจลงนามตามที่ระบุไว้ในหนังสือรับรองการจดทะเบียนของนิติบุคคล พร้อมประทับตราสำคัญของนิติบุคคลด้วย

3. ผู้ได้รับมอบอำนาจ ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ จากผู้ประกอบกิจการโรงงาน

DIW-04-AP-FN-10(00)
21 มกราคม 2543
หน้า 1/1

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คำขอต่ออายุทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ติดรูป 1 นิ้ว

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี สัญชาติ.....

อยู่บ้านเลขที่.....หมู่ที่ .....ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โทรศัพท์..... โทรสาร .....E-mail.....

บัตรประชาชนเลขที่ ☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐☐ ☐☐ ☐

มีความประสงค์ขออนุญาตต่ออายุทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ทะเบียนเลขที่ ☐ - ☐ - ☐ ของโรงงาน.....

ตั้งอยู่ เลขที่ ..... ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐ หมดอายุ 31 ธันวาคม พ.ศ. ☐

พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบคำขอ ดังนี้

1. รูปถ่ายปัจจุบันหน้าตรงไม่สวมหมวก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 รูป (ติดรูปในคำขอ)
2. สำเนาหนังสืออนุญาตให้ขึ้นทะเบียนเป็นผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ จำนวน 1 ฉบับ

ลงชื่อ .....ผู้ยื่นคำขอ

(.....)

การรับรองของผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ข้าพเจ้า.....เป็นผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ชื่อโรงงาน.....ผลิต.....

ตั้งอยู่เลขที่.....หมู่ที่.....ซอย.....ถนน.....

แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....

โทรศัพท์.....โทรสาร.....E-mail.....

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐

ขอรับรองว่า.....ได้ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงานของข้าพเจ้าจริง

ลงชื่อ .....ผู้ประกอบกิจการโรงงาน/

(.....) ผู้ได้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ 1. กรณีย้ายโรงงานผู้ขอต้องทำหนังสือแจ้งย้ายโรงงาน เพื่อขอขึ้นทะเบียนใหม่ด้วย

2. กรณีผู้ประกอบกิจการโรงงานเป็นนิติบุคคล ผู้ลงนามรับรองต้องเป็นผู้มีอำนาจลงนามตามที่ระบุไว้ในหนังสือรับรองการจดทะเบียนของนิติบุคคล พร้อมประทับตราสำคัญของนิติบุคคลด้วย

3. ผู้ได้รับมอบอำนาจ ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ จากผู้ประกอบกิจการโรงงาน

DIW-04-AP-FN-13(00)
21 มกราคม 2543
หน้า 1/1

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คำขอขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อไอน้ำ

ติดรูป 1 นิ้ว

เขียนที่……

วันที่…..เดือน……...……พ.ศ……..…

ข้าพเจ้า……..……อายุ……..…ปี สัญชาติ…….

อยู่บ้านเลขที่……..…หมู่ที่ ……...…ตรอก/ซอย……..……ถนน……..

ตำบล/แขวง……..……..อำเภอ/เขต……จังหวัด……..……..

โทรศัพท์……..… โทรสาร …… E-mail……

บัตรประชาชนเลขที่ ☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐☐ ☐☐ ☐

มีความประสงค์ขออนุญาตขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อไอน้ำ

ของโรงงาน……..……..

ตั้งอยู่ เลขที่ …… ตรอก/ซอย…….……..…ถนน…….……..…..

ตำบล/แขวง……....อำเภอ/เขต……จังหวัด……...

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐ หมดอายุ 31 ธันวาคม พ.ศ. ☐

พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบคำขอ ดังนี้

1. รูปถ่ายปัจจุบันหน้าตรงไม่สวมหมวก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 รูป (ติดรูปในคำขอ)
2. สำเนาภาพถ่ายบัตรประจำตัวผู้ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 หรือพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 จำนวน 1 ชุด
3. สำเนาใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (รง.4) จำนวน 1 ชุด

ลงชื่อ ……..……..ผู้ยื่นคำขอ

(……..…...)

การรับรองของผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ข้าพเจ้า……..เป็นผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ชื่อโรงงาน……ผลิต……..……

ตั้งอยู่เลขที่……หมู่ที่…..……..ซอย……ถนน……

แขวง/ตำบล……เขต/อำเภอ……จังหวัด……..

โทรศัพท์……..……..โทรสาร……..……..E-mail……..

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐

ขอรับรองว่า นาย……ได้ปฏิบัติงานเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อไอน้ำในโรงงานของข้าพเจ้าจริง

ลงชื่อ ……..……ผู้ประกอบกิจการโรงงาน/

(……..……) ผู้ได้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ 1. กรณีย้ายโรงงานผู้ขอต้องทำหนังสือแจ้งย้ายโรงงานเพื่อขอขึ้นทะเบียนใหม่ด้วย

2. กรณีผู้ประกอบกิจการโรงงานเป็นนิติบุคคล ผู้ลงนามรับรองต้องเป็นผู้มีอำนาจลงนามตามที่ระบุไว้ในหนังสือรับรองการจดทะเบียนของนิติบุคคลพร้อมประทับตราสำคัญของนิติบุคคลด้วย

3. ผู้ได้รับมอบอำนาจ ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ จากผู้ประกอบกิจการโรงงาน

DIW-04-AP-FN-14(00)

21 มกราคม 2543

หน้า 1/1

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อไอน้ำ

เขียนที่……

วันที่……..เดือน……...……พ.ศ……..…

ติดรูป 1 นิ้ว

ข้าพเจ้า……..……อายุ……..…ปี สัญชาติ…….

อยู่บ้านเลขที่……...…หมู่ที่ ……..…ตรอก/ซอย…….……ถนน……..

ตำบล/แขวง……..……..อำเภอ/เขต……จังหวัด……..……..

โทรศัพท์……..…. โทรสาร …… E-mail……

บัตรประชาชนเลขที่ ☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐☐ ☐☐ ☐

มีความประสงค์ขออนุญาต ต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อไอน้ำ

ทะเบียนเลขที่ ☐ - ☐ - ☐ ของโรงงาน……

ตั้งอยู่ เลขที่ …… ตรอก/ซอย……..……ถนน……..…..

ตำบล/แขวง……....อำเภอ/เขต……จังหวัด……...

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐ หมดอายุ 31 ธันวาคม พ.ศ. ☐

พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบคำขอ ดังนี้

1. รูปถ่ายปัจจุบันหน้าตรงไม่สวมหมวก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 รูป (ติดรูปในคำขอ)
2. สำเนาภาพถ่ายบัตรประจำตัวผู้ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 หรือพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 จำนวน 1 ชุด
3. สำเนาหนังสืออนุญาตให้ขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ จำนวน 1 ชุด

ลงชื่อ ……..……..ผู้ยื่นคำขอ

(……..…...)

การรับรองของผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ข้าพเจ้า……..เป็นผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ชื่อโรงงาน……ผลิต……..…….

ตั้งอยู่เลขที่…..……..……หมู่ที่..……..ซอย……ถนน……..

แขวง/ตำบล……..……เขต/อำเภอ……จังหวัด……..

โทรศัพท์……..……..โทรสาร……..……E-mail……

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐

ขอรับรองว่า นาย……..ได้ปฏิบัติงานเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อไอน้ำในโรงงานของข้าพเจ้าจริง

ลงชื่อ ……..……ผู้ประกอบกิจการโรงงาน/

(……..……) ผู้ได้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ 1. กรณีย้ายโรงงานผู้ขอต้องทำหนังสือแจ้งย้ายโรงงานเพื่อขอขึ้นทะเบียนใหม่ด้วย

2. กรณีผู้ประกอบกิจการโรงงานเป็นนิติบุคคล ผู้ลงนามรับรองต้องเป็นผู้มีอำนาจลงนามตามที่ระบุไว้ในหนังสือรับรองการจดทะเบียนของนิติบุคคลพร้อมประทับตราสำคัญของนิติบุคคลด้วย

3. ผู้ได้รับมอบอำนาจ ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ จากผู้ประกอบกิจการโรงงาน

DIW-04-AP-FN-11(00)
21 มกราคม 2543
หน้า 1/1

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คำขอขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ติดรูป
1 นิ้ว

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี สัญชาติ.....

อยู่บ้านเลขที่.....หมู่ที่ .....ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โทรศัพท์..... โทรสาร .....E-mail.....

บัตรประชาชนเลขที่ ☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐☐ ☐☐ ☐

สถานที่ทำงานเลขที่.....หมู่ที่ .....ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โทรศัพท์..... โทรสาร .....E-mail.....

ได้รับใบอนุญาตให้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 หรือ พระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 ประเภท .....ทะเบียนเลขที่ .....

หมดอายุ .....

มีความประสงค์ขออนุญาตขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ข้าพเจ้ามิได้ถูกสั่งให้พักใช้หรือเพิกถอนใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมจากสภาวิศวกรแต่ประการใด พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบคำขอ ดังนี้

1. รูปถ่ายปัจจุบันหน้าตรงไม่สวมหมวก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 รูป (ติดรูปในคำขอ)
2. สำเนาภาพถ่ายบัตรประจำตัวผู้ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 หรือพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 จำนวน 1 ชุด

ลงชื่อ .....ผู้ยื่นคำขอ

(.....)

DIW-04-AP-FN-12(00)

21 มกราคม 2543

หน้า 1/1

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ติดรูป
1 นิ้ว

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี สัญชาติ.....

อยู่บ้านเลขที่.....หมู่ที่ .....ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โทรศัพท์..... โทรสาร .....E-mail.....

บัตรประชาชนเลขที่ ☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐☐ ☐☐ ☐

สถานที่ทำงานเลขที่.....หมู่ที่ .....ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โทรศัพท์..... โทรสาร .....E-mail.....

ได้รับใบอนุญาตให้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 หรือ พระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 ประเภท .....ทะเบียนเลขที่ .....

หมดอายุ .....

มีความประสงค์ขออนุญาตต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ทะเบียนเลขที่ ☐ - ☐ - ☐

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ข้าพเจ้ามิได้ถูกสั่งให้พักใช้หรือเพิกถอนใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมจากสภาวิศวกรแต่ประการใด พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบคำขอ ดังนี้

1. รูปถ่ายปัจจุบันหน้าตรงไม่สวมหมวก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 รูป (ติดรูปในคำขอ)
2. สำเนาภาพถ่ายบัตรประจำตัวผู้ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 หรือพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 จำนวน 1 ชุด

ลงชื่อ .....ผู้ยื่นคำขอ

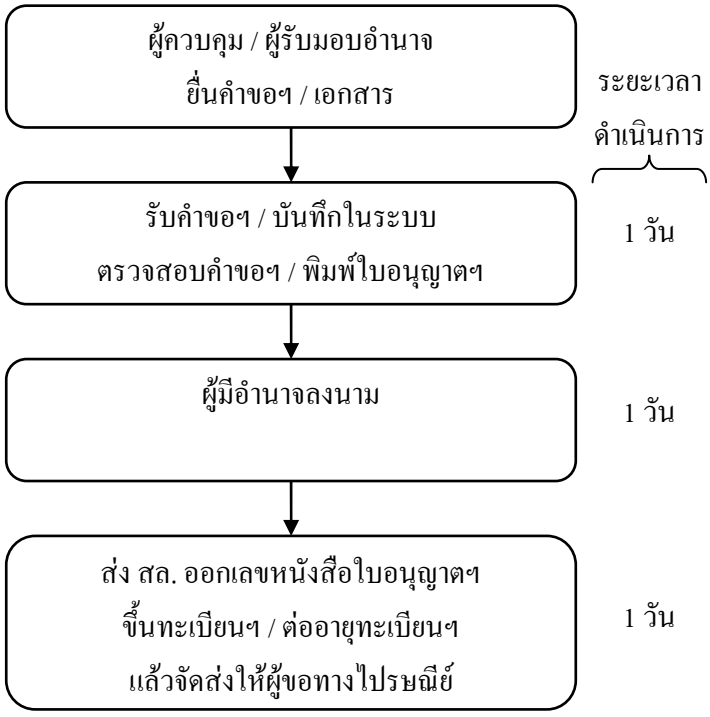
(.....)

1.3.7 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

วิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน คือ วิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบและรับรองแบบ ควบคุมตรวจสอบ กำกับดูแลการสร้าง การซ่อมแซม หรือการดัดแปลงหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้เป็นไปตามแบบและรายละเอียดที่ผ่านการรับรอง ผู้ประกอบกิจการโรงงานสร้างหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ต้องทำการสร้าง หรือดัดแปลงหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ได้รับการออกแบบและตรวจรับรองแบบ โดยหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน หรือวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเท่านั้น แบบฟอร์มคำขอขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ส่วนการต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้ใช้แบบฟอร์มคำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

1.3.8 ขั้นตอนการจัดการเอกสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ในการยื่นเอกสารทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ใช้งาน ควบคุม ตรวจสอบ ซ่อมแซม และยกเลิกการใช้ หม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังที่กล่าวมาข้างต้นกับทางกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม มีขั้นตอนการยื่นเอกสาร และการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับเอกสารดังแสดงในรูปที่ ก-3



รูปที่ ก-3 ขั้นตอนการยื่นเอกสาร และการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับเอกสาร

DIW-04-AP-FN-15(00)

21 มกราคม 2543

หน้า 1/1

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คำขอขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ติดรูป 1 นิ้ว

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี สัญชาติ.....

อยู่บ้านเลขที่.....หมู่ที่ .....ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โทรศัพท์..... โทรสาร .....E-mail.....

บัตรประชาชนเลขที่ ☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐☐ ☐☐ ☐

มีความประสงค์ขออนุญาตขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ของโรงงาน.....

ตั้งอยู่ เลขที่ ..... ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐ หมดอายุ 31 ธันวาคม พ.ศ. ☐

พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบคำขอ ดังนี้

1. รูปถ่ายปัจจุบันหน้าตรงไม่สวมหมวก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 รูป (ติดรูปในคำขอ)
2. สำเนาภาพถ่ายบัตรประจำตัวผู้ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 หรือพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 จำนวน 1 ชุด
3. สำเนาใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (รง.4) จำนวน 1 ชุด
4. แบบรายละเอียดพร้อมรายการคำนวณของหม้อไอน้ำ ที่จะทำการซ่อมหรือสร้าง จำนวน 1 ชุด

ลงชื่อ .....ผู้ยื่นคำขอ

(.....)

การรับรองของผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ข้าพเจ้า.....เป็นผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ชื่อโรงงาน.....ผลิต.....

ตั้งอยู่เลขที่.....หมู่ที่.....ซอย..... ถนน..... .....

แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....

โทรศัพท์.....โทรสาร.....E-mail .....

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐

ขอรับรองว่า นาย.....ได้ปฏิบัติงานเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ ในโรงงานของข้าพเจ้าจริง

ลงชื่อ .....ผู้ประกอบกิจการโรงงาน/

(.....) ผู้ได้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ 1. กรณีย้ายโรงงานผู้ขอต้องทำหนังสือแจ้งย้ายโรงงาน เพื่อขอขึ้นทะเบียนใหม่ด้วย

2. กรณีผู้ประกอบกิจการโรงงานเป็นนิติบุคคล ผู้ลงนามรับรองต้องเป็นผู้มีอำนาจลงนามตามที่ระบุไว้ในหนังสือรับรองการจดทะเบียนของนิติบุคคล พร้อมประทับตราสำคัญของนิติบุคคลด้วย

3. ผู้ได้รับมอบอำนาจ ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ จากผู้ประกอบกิจการโรงงาน

DIW-04-AP-FN-16(00)

21 มกราคม 2543

หน้า 1/1

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ติดรูป 1 นิ้ว

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี สัญชาติ.....

อยู่บ้านเลขที่.....หมู่ที่ .....ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โทรศัพท์..... โทรสาร ..... E-mail .....

บัตรประชาชนเลขที่ ☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐☐ ☐☐ ☐

มีความประสงค์ขออนุญาตต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ

ทะเบียนเลขที่ ☐☐☐☐ - ☐☐☐☐ - ☐☐☐☐ ของโรงงาน.....

ตั้งอยู่ เลขที่ ..... ตรอก/ซอย.....ถนน.....

ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ หมดอายุ 31 ธันวาคม พ.ศ. ☐☐☐☐

พร้อมนี้ได้แนบเอกสารประกอบคำขอ ดังนี้

1. รูปถ่ายปัจจุบันหน้าตรงไม่สวมหมวก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 รูป (ติดรูปในคำขอ)
2. สำเนาภาพถ่ายบัตรประจำตัวผู้ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 หรือพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 จำนวน 1 ชุด
3. สำเนาใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (รง.4) จำนวน 1 ชุด

ลงชื่อ .....ผู้ยื่นคำขอ

(.....)

การรับรองของผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ข้าพเจ้า.....เป็นผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ชื่อโรงงาน.....ผลิต.....

ตั้งอยู่เลขที่.....หมู่ที่.....ซอย.....ถนน.....

แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....

โทรศัพท์.....โทรสาร.....E-mail.....

ทะเบียนโรงงานเลขที่ ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

ขอรับรองว่า นาย.....ได้ปฏิบัติงานเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มฯ ในโรงงานของข้าพเจ้าจริง

ลงชื่อ .....ผู้ประกอบกิจการโรงงาน/

(.....) ผู้ได้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ 1. กรณีย้ายโรงงานผู้ขอต้องทำหนังสือแจ้งย้ายโรงงาน เพื่อขอขึ้นทะเบียนใหม่ด้วย

2. กรณีผู้ประกอบกิจการโรงงานเป็นนิติบุคคล ผู้ลงนามรับรองต้องเป็นผู้มีอำนาจลงนามตามที่ระบุไว้ในหนังสือรับรองการจดทะเบียนของนิติบุคคล พร้อมประทับตราสำคัญของนิติบุคคลด้วย

3. ผู้ได้รับมอบอำนาจ ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ จากผู้ประกอบกิจการโรงงาน

ภาคผนวก ข
ตารางแปลงหน่วย

ตารางที่ ข-1 ตารางแปลงหน่วยความดัน

หน่วย	PSI	kPa	kg/cm^2	cm H_2O	feet H_2O	inch Hg	mm Hg	inch H_2O	Atm	Bar	mPa
PSI	1	6.894757	0.070307	70.306927	2.306723	2.03602	51.71486	27.68068	0.068046	0.0689476	0.00689
kPa	0.1450377	1	0.0101972	10.19745	0.3345618	0.2952997	7.50061	4.01472	0.0096692	0.01	0.001
kg/cm^2	14.223343	98.06694	1	1,000.026	32.809312	28.95901	735.5588	393.71181	0.9678416	0.9806649	0.09806
cm H_2O	0.0142229	0.0980634	0.001	1	0.032808	0.0289581	0.7355372	0.3937	0.0009678	0.0009806	0.00098
feet H_2O	0.433515	2.968961	0.0304791	30.48	1	0.882646	22.4192	12	0.029499	0.0296896	0.00298
inch Hg	0.4911542	3.386389	0.0345316	34.53253	1.132957	1	25.4	13.595484	0.0334211	0.0338639	0.00386
mm Hg	0.0193368	0.1333225	0.0013595	1.359554	0.0446046	0.0393701	1	0.535255	0.0013158	0.0013332	0.00013
inch H_2O	0.0361263	0.2490819	0.0025422	2.54	0.08333	0.0735539	1.8682683	1	0.0024583	0.0024908	0.000249
Atm	14.696	101.32535	1.033231	1,033.263	33.8995	29.9213	760	406.794	1	1.0132535	0.1013
Bar	14.5038	100	1.019716	1019.7466	33.4833	29.53	750.0626	401.8596	0.986923	1	0.1
mPa	145.0377	1,000	10.197	10,197.45	334.56	295.299	7500.61	4014.74	9.669	10	1

หมายเหตุ: น้ำ (H_2O) ที่อุณหภูมิมาตรฐาน 68 $^{\circ}F$ (20 $^{\circ}C$) และปรอท (Hg) ที่อุณหภูมิมาตรฐาน 32 $^{\circ}F$ (0 $^{\circ}C$) ตารางนี้นอกจากใช้ในการแปลงหน่วยความดัน ยังใช้ได้กับการแปลงหน่วยความแข็งแรงและความเค้นของวัสดุ (Strength & Stress) ด้วย

ตารางที่ ข-2 ตารางแปลงหน่วยอุณหภูมิ

หน่วย	Celsius	Fahrenheit	Kelvin	Rankine	Réaumur
Celsius	-	$^{\circ}F = (^{\circ}C \times 1.8) + 32$	$K = ^{\circ}C + 273.15$	$Ra = (^{\circ}C \times 1.8) + 32 + 459.67$	$^{\circ}Re = ^{\circ}C \times 0.8$
Fahrenheit	$^{\circ}C = (^{\circ}F - 32) / 1.8$	-	$K = (^{\circ}F + 459.67) / 1.8$	$Ra = ^{\circ}F + 459.67$	$^{\circ}Re = (^{\circ}F - 32) / 2.25$
Kelvin	$^{\circ}C = K - 273.15$	$^{\circ}F = (K \times 1.8) - 459.67$	-	$Ra = K \times 1.8$	$^{\circ}Re = (K - 273.15) \times 0.8$
Rankine	$^{\circ}C = (Ra - 32 - 459.67) / 1.8$	$^{\circ}F = Ra - 459.67$	$K = Ra / 1.8$	-	$^{\circ}Re = (Ra - 32 - 459.67) / 2.25$
Réaumur	$^{\circ}C = ^{\circ}Re \times 1.25$	$^{\circ}F = (^{\circ}Re \times 2.25) + 32$	$K = (^{\circ}Re \times 1.25) + 273.15$	$Ra = (^{\circ}Re \times 2.25) + 32 + 459.67$	-

ตารางที่ ข-3 ตารางแปลงหน่วยปริมาตร

หน่วย	US gallon	UK gallon	$inch^3$	ft^3	liter	m^3	barrel
US gallon	1	0.83267	231	0.13368	3.7853	0.00378	0.02381
UK gallon	1.2009	1	277.42	0.16054	4.5459	0.00455	0.02859
$inch^3$	0.004329	0.003604	1	0.000579	0.0164	0.000016	0.0001
ft^3	7.4805	6.2288	1728	1	28.316	0.02832	0.17813
liter	0.26418	0.21997	61.024	0.0353	1	0.001	0.00629
m^3	264.17	219.97	61,023.74	35.3147	1,000	1	6.2899
barrel	42	34.977	9702	5.614	158.983	0.15876	1

หมายเหตุ: หน่วย barrel ในที่นี้เป็นหน่วยตวงน้ำมัน (Oil barrel), 1 Barrel = 42 US Gallon

ตารางที่ ข-4 ตารางแปลงหน่วยอัตราการไหล

หน่วย	GPM (US)	GPM (UK)	ft^3/min	ft^3/sec	m^3/hr	m^3/min	liter/sec
GPM (US)	1	0.8327	0.1337	0.00223	0.2271	0.003785	0.06308
GPM (UK)	1.201	1	0.1605	0.002676	0.27275	0.004545	0.0758
ft^3/min	7.481	6.229	1	0.01667	1.699	0.02832	0.4719
ft^3/sec	448.83	373.7	60	1	101.94	1.699	28.32
m^3/hr	4.403	3.666	0.5886	0.00981	1	0.01667	0.2778
m^3/min	0.2642	0.22	35.3147	0.5886	60	1	16.667
liter/sec	15.85	13.2	2.119	0.0353	3.6	0.06	1

ตารางที่ ข-5 ตารางแปลงหน่วยกำลัง

หน่วย	HP	ft-lb/sec	Watt	kW	Btu/hr
HP	1	550	745.7	0.7457	2,544
ft-lb/sec	0.00182	1	1.3558	0.00136	4.626
Watt	0.00134	1	1	0.001	3.412
kW	1.34	737.6	1,000	1	3,412
Btu/hr	0.00039	0.2161	0.2931	0.00029	1

ตารางที่ ข-6 ตารางแปลงหน่วยพื้นที่

หน่วย	$inch^2$	ft^2	acre	cm^2	m^2
$inch^2$	1	0.006944		6.4516	0.0006452
ft^2	144	1		929.0304	0.0929
acre		43,560	1		4,047
cm^2	0.155	6.2288		1	0.0001
m^2	1,550.003	10.76391	0.000247	10,000	1

ตารางที่ ข-7 ตารางแปลงหน่วยความเร็ว

หน่วย	mm/s	ft/min	cm/s	ft/s	m/s
mm/s	1	0.19685	0.1	0.003281	0.001
ft/min	5.08	1	0.508	0.016667	0.00508
cm/s	10	1.9685	1	0.032808	0.01
ft/s	304.8	60	30.48	1	0.3048
m/s	1,000	196.85	100	3.2808	1

ตารางที่ ข-8 ตารางแปลงหน่วยความยาว

หน่วย	inch	ft	yard	mile	cm	m	km
inch	1	0.08333	0.027778		2.54	0.0254	
ft	12	1	0.333333		30.48	0.3048	
yard	36	3	1	0.0005682	91.44	0.9144	0.0009144
mile	63,360	5,280	1,760	1		1,609.344	1.609344
cm	0.3937	0.032808	0.010936		1	0.01	
metre	39.3701	3.28084	1.093613	0.0006214	100	1	0.001
km	39,370	3,280.8	1,093.613	0.62137	100,000	1,000	1

ตารางที่ ข-9 ตารางแปลงหน่วยความหนาแน่น

หน่วย	$lb/inch^3$	lb/ft^3	$gram/cm^3$	kg/m^3	$slug/ft^3$
$lb/inch^3$	1	1,728	27.6799	27,679.9	53.708
lb/ft^3	0.0005787	1	0.01602	16.01846	0.31081
$gram/cm^3$	0.03613	62.4281	1	1,000	1.9403
kg/m^3	0.0000361	0.06243	0.001	1	0.00194
$slug/ft^3$	0.019	32.17	0.51538	515.379	1

ตารางที่ ข-10 ตารางแปลงหน่วยน้ำหนัก (มวล)

หน่วย	pound	ounce	gram	kg	slug	stone	tonne
pound	1	16	453.6	0.453597	0.031	0.0135	0.0004536
ounce	0.0625	1	28.3495	0.028349		0.0019	
gram	0.0022	0.0353	1	0.001			
kg	2.2046	35.274	1,000	1	0.0685	0.157	0.001
slug	32.174	514.785	14,593.9	14.5939	1	2.29825	0.014594
stone	13.988	223.99	6,350.0	6.35	0.4351	1	0.00635
tonne	2,204.6			1,000	68.5213	157.48	1

หมายเหตุ: Metric tonne เรียกทั่วไปว่า Tonne มีค่า = 1,000 kg
US ton เรียกทั่วไปว่า Short ton มีค่า = 0.907185 Metric Tonne
UK ton เรียกทั่วไปว่า Long ton มีค่า = 1.01605 Metric Tonne