คู่มือฝึกอบรมทบทวนความรู้ให้แก่ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านความปลอดภัยแก่สถานประกอบการ
: ความปลอดภัยในการใช้งานหม้อน้ำ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม
พ.ศ. 2553

คำนำ

หม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดในระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและในสถานประกอบการภาคธุรกิจ เนื่องจากการที่หม้อน้ำและหม้อต้มทำงานภายใต้อุณหภูมิความดันที่สูงมาก ประกอบกับการที่หม้อน้ำและหม้อต้มจะสามารถทำงานได้นั้นจำเป็นต้องระบบและอุปกรณ์ข้างเคียงอีกเป็นจำนวนมาก เช่น อุปกรณ์ความปลอดภัย สัญญาณเตือนภัย ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อน ระบบเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ ระบบการจัดการพลังงาน เป็นต้น ดังนั้นผู้ควบคุมหม้อน้ำจึงควรศึกษาหาความรู้ ทำความเข้าใจ และเพิ่มประสบการณ์ในการใช้งาน และการควบคุมหม้อน้ำและระบบไอน้ำที่ถูกต้อง เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายแก่ตัวหม้อน้ำ หม้อต้มและระบบที่เกี่ยวข้อง หรืออาจร้ายแรงถึงขั้นเป็นอันตรายต่อชีวิตของผู้ปฏิบัติงานหรืออาจเป็นผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องแต่อยู่บริเวณใกล้เคียง ตลอดจนทรัพย์สินที่อยู่รอบข้าง

ดังนั้น กรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีหน้าที่ควบคุม ดูแลและรับผิดชอบด้านความปลอดภัยในการใช้งานหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน จึงได้จัดทำคู่มือทบทวนความรู้ให้แก่ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำและหม้อต้มฯเล่มนี้ เพื่อให้ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำและหม้อต้มฯ สามารถนำไปพัฒนาตนเองและโรงงานอุตสาหกรรม โดยเนื้อหาประกอบไปด้วยทั้งหมด 6 บท ได้แก่ บทที่ 1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยรายละเอียดของเนื้อหาจะกล่าวถึงกฎหมายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหม้อน้ำและหม้อต้ม ทั้งในด้านความปลอดภัยและด้านสิ่งแวดล้อม บทที่ 2 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับหม้อน้ำและระบบไอน้ำ กล่าวถึงขั้นตอนการปฏิบัติในการใช้งาน การดูแลรักษาหม้อน้ำ รวมทั้งเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง บทที่ 3 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน กล่างถึงขั้นตอนการปฏิบัติในการใช้งาน และการดูแลรักษาหม้อต้ม รวมถึงเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง บทที่ 4 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับเชื้อเพลิง หัวเผา และการเผาไหม้ จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐาน ที่เกี่ยวกับเชื้อเพลิง การเผาไหม้ และหัวเผา รวมทั้งเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ รวมไปถึงการดูแลรักษาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ และการปรับแต่งหัวเผา บทที่ 5 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำ กล่าวถึงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้กันโดยทั่วไป คุณสมบัติของน้ำป้อนและน้ำในหม้อน้ำที่เหมาะสม การทดสอบคุณภาพน้ำ ปัญหาที่มักจะพบบ่อยและการควบคุมปัญหาที่เกิดจากน้ำ ตลอดจนการตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และบทที่ 6 กรณีศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน จะยกตัวอย่างปัญหาที่พบจากการใช้งานหม้อน้ำและหม้อต้มในโรงงานต่าง ๆ รวมถึงวิธีการแก้ไขปัญหา ซึ่งปัญหาหลาย ๆ อย่างที่ยกมานั้นเป็นปัญหาที่พบบ่อยในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

สารบัญ
คู่มือฝึกอบรมทบทวนความรู้ให้แก่ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หน้า

คำนำ

บทที่ 1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

1.1 กฎหมายด้านความปลอดภัย **1-1**

1.1.1 กฎหมายด้านความปลอดภัยของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 1-1

1.1.2 กฎหมายด้านความปลอดภัยของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน 1-26

1.2 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม **1-29**

1.2.1 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 1-29

1.2.2 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 1-39

1.3 ระเบียบ เอกสาร และขั้นตอนตามกฎหมายของกรมโรงงานอุตสาหกรรม **1-46**

1.3.1 การขึ้นทะเบียนโรงงานที่มีการใช้หม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 1-46

1.3.2 การตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 1-47

1.3.3 การหยุดใช้งานชั่วคราวและการยกเลิกการใช้งานหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 1-60

1.3.4 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 1-60

1.3.5 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ 1-60

1.3.6 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 1-60

1.3.7 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 1-67

1.3.8 ขั้นตอนการจัดการเอกสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม 1-67

บทที่ 2 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

2.1 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ 2-1

2.1.1 โครงสร้างหม้อน้ำ 2-2

2.1.2 ประเภทของหม้อน้ำ 2-4

2.1.3 ระบบกำเนิดไอน้ำ 2-18

2.1.4 ระบบจ่ายและหมุนเวียนไอน้ำ 2-24

2.2 เทคโนโลยีหม้อน้ำและระบบไอน้ำ 2-28

2.2.1 เทคโนโลยีหม้อน้ำและระบบไอน้ำ 2-28

2.2.2 เทคโนโลยีกับดักไอน้ำ 2-49

2.2.3 เทคโนโลยีระบบคอนเดนเสท 2-51

2.2.4 เทคโนโลยีระบบควบคุมการโบลว์ดาวน์แบบอัตโนมัติ 2-56

2.2.5 เทคโนโลยีของระบบไอน้ำ 2-59

บทที่ 3 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

3.1 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 3-1

3.1.1 ประเภทของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว 3-3

3.1.2 หลักการทำงานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว 3-4

3.1.3 อุปกรณ์ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว 3-5

3.1.4 ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน หรือน้ำมัน 3-12

3.1.5 ระบบควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 3-14

3.2 เทคโนโลยีของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 3-15

บทที่ 4 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับเชื้อเพลิง หัวเผา และการเผาไหม้

4.1 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของเชื้อเพลิง หัวเผา และการเผาไหม้ 4-1

4.1.1 เชื้อเพลิง 4-1

4.1.2 การเผาไหม้ 4-10

4.1.3 หัวเผา 4-13

4.1.4 การควบคุมหัวเผา 4-20

4.2 เทคโนโลยีใหม่ของเชื้อเพลิง หัวเผา และการเผาไหม้ 4-24

4.2.1 เทคโนโลยีเชื้อเพลิง 4-24

4.2.2 เทคโนโลยีหัวเผา 4-38

4.2.3 เทคโนโลยีการเผาไหม้ 4-45

4.2.4 เทคโนโลยีเครื่องอุ่นอากาศ 4-58

บทที่ 5 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

5.1 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของการปรับปรุงคุณภาพน้ำ 5-1

5.1.1 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบนอกหม้อน้ำ 5-1

5.1.2 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบในหม้อน้ำ 5-14

5.1.3 คุณสมบัติของน้ำ 5-15

5.1.4 ข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำ 5-16

5.2 เทคโนโลยีใหม่ของการปรับปรุงคุณภาพน้ำ 5-21

5.2.1 เทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อน 5-21

5.2.2 เทคโนโลยีเครื่องอุ่นน้ำป้อน 5-26

บทที่ 6 กรณีศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

6.1 กรณีศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อน้ำ 6-2

6.1.1 กรณีศึกษาที่ 1: โรงงานกระดาษ 6-2

6.1.2 กรณีศึกษาที่ 2: โรงงานเครื่องมือทางการแพทย์ 6-9

6.1.3 กรณีศึกษาที่ 3: โรงงานอาหารสัตว์ 6-13

6.1.4 กรณีศึกษาที่ 4: โรงแรม D 6-19

6.1.5 กรณีศึกษาที่ 5: โรงงานนม 6-21

6.1.6 กรณีศึกษาที่ 6: โรงงานสิ่งทอ 6-26

6.1.7 กรณีศึกษาที่ 7: โรงงานย้อมสี 6-28

6.1.8 กรณีศึกษาที่ 8: โรงงานแปรรูปไม้ 6-30

6.1.9 กรณีศึกษาที่ 9: โรงงานสุรา 6-32

6.1.10 กรณีศึกษาที่ 10: โรงพยาบาล 6-35

6.1.11 กรณีศึกษาที่ 11: โรงงานทอผ้า 6-37

6.1.12 กรณีศึกษาที่ 12: โรงงานอาหารกระป๋อง 6-41

6.2 กรณีศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 6-46

6.2.1 กรณีศึกษาที่ 1: โรงงานอาหาร 6-46

6.2.2 กรณีศึกษาที่ 2: โรงงานอาหารสัตว์ 6-49

6.2.4 กรณีศึกษาที่ 4: โรงงานเส้นใย 6-51

6.2.5 กรณีศึกษาที่ 5: โรงงานสิ่งทอ 6-52

บทที่ 1
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 490 °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 490C 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 อาจขยายระยะเวลาการทดสอบและรับรองความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำเกินกว่า 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 โดยสังเกตความทึบแสงของเขม่าควันตรงจุดที่กลุ่มควันมีความหนาแน่นมากที่สุดและไม่มีการควบแน่นของไอน้ำเปรียบเทียบกับค่าความทึบแสงของแผนภูมิเขม่าควัน เพื่อหาค่าความทึบแสงที่ใกล้เคียงกับความทึบแสงของกลุ่มเขม่าควันที่เกิดขึ้นจริงและบันทึกผลการตรวจวัดทุก ๆ 15 วินาที จนกระทั่งครบ 15 นาที ลงในแบบ ขค. 01-49 ท้ายประกาศ ดังรูปที่ 1-1

(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 1-2

แบบ ขค. 01-49

แบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควัน

ข้อมูลทั่วไป

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

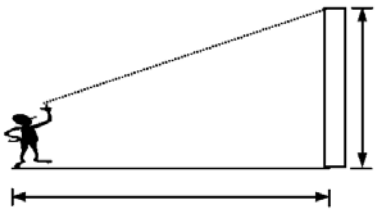
ข้อมูลกระบวนการผลิตและการบำบัดมลพิษ

กำลังการผลิตไอน้ำ ..... ตันต่อชั่วโมง ขนาดØ..... 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				



ความสูง (Y)
– ..... เมตร

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 1-1 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 1-2 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 1-1

(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 1-2

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 หรือหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน 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 แสดงในหน้าที่ 48-53 และแบบฟอร์มเอกสารรับรองความปลอดภัยการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และรายงานผลการตรวจทดสอบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน แสดงในหน้าที่ 54-59

(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)……
(……..)
วิศวกรผู้ตรวจทดสอบ

(ลงชื่อ)……..
(……..)
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……

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……..

- 3 -

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

.....

.....

.....

ข้าพเจ้าได้ให้ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานดำเนินการซ่อมแซมแก้ไขจนเป็นที่เรียบร้อยสมบูรณ์แล้ว ก่อนลงลายมือชื่อรับรอง

.....(วิศวกรผู้ตรวจทดสอบ)

- 4 -

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.....และไม่อยู่ในระหว่างถูกสั่งพัก
หรือเพิกถอนใบอนุญาตฯ ตามสำเนาบัตรประจำตัวที่แนบมาพร้อมนี้ ได้รับอนุญาตให้ขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อไอน้ำหรือ
หม้อต้มฯ 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.....

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

21 มกราคม 2543

หน้า 2/4

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

หน้า 4/4

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 ส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งหมดมีข้อบกพร่องไม่สมบูรณ์เชิงวิศวกรรม 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 แสดงในหน้าที่ 63 ส่วนการต่ออายุทะเบียนเป็นผู้ควบคุมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนนั้น ให้ใช้แบบฟอร์มคำขอต่ออายุทะเบียนเป็นผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังแสดงในหน้าที่ 64

1.3.5 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ

ผู้ประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้งานหม้อน้ำที่มีกำลังการผลิตไอน้ำเครื่องละตั้งแต่ 20 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป นอกจากจะต้องดำเนินการให้มีผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำแล้ว ต้องจัดให้มีวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบการใช้งานหม้อน้ำตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมประกาศกำหนด แบบฟอร์มคำขอขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ แสดงในหน้าที่ 63 ส่วนการต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำนั้น ให้ใช้แบบฟอร์มคำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ ดังแสดงในหน้าที่ 64

1.3.6 การขึ้นทะเบียนและต่ออายุทะเบียนวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

วิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน คือ วิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรที่ทำหน้าที่ตรวจสอบแบบแปลนการติดตั้งและควบคุมการติดตั้งตรวจทดสอบ วิเคราะห์และจัดทำรายงานความปลอดภัยในการใช้งานของหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พร้อมทั้งแนะนำวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง เป็นไปตามหลักวิศวกรรม แบบฟอร์มคำขอขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน แสดงในหน้าที่ 65 ส่วนการต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้ใช้แบบฟอร์มคำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังแสดงในหน้าที่ 66

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

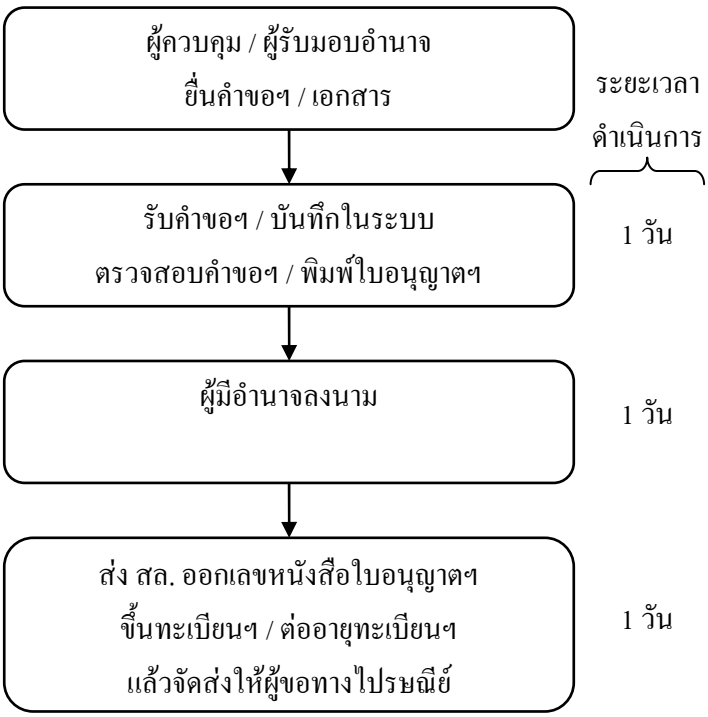
(.....)

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 แสดงในหน้าที่ 68 ส่วนการต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ให้ใช้แบบฟอร์มคำขอต่ออายุทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังแสดงในหน้าที่ 69

1.3.8 ขั้นตอนการจัดการเอกสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ในการยื่นเอกสารทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ใช้งาน ควบคุม ตรวจสอบ ซ่อมแซม และยกเลิกการใช้ หม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังที่กล่าวมาข้างต้นกับทางกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม มีขั้นตอนการยื่นเอกสาร และการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับเอกสารดังแสดงในรูปที่ 1-3



รูปที่ 1-3 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 (ร.ง.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

บทที่ 2
แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

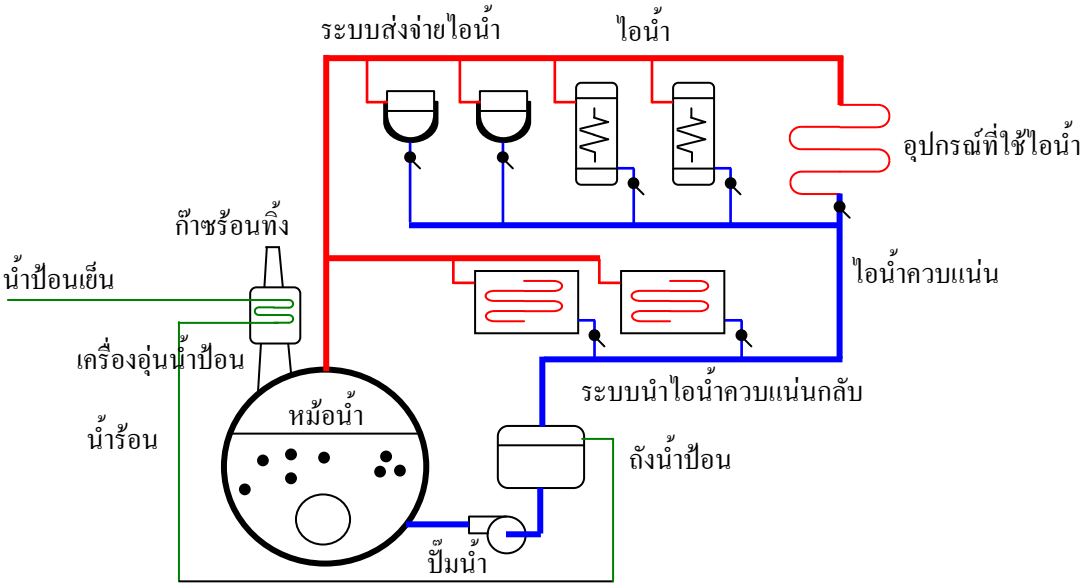
หม้อน้ำเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดในระบบไอน้ำซึ่งเป็นระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีใช้งานอยู่ทั่วไป ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและในอาคารกลุ่มโรงแรม โรงพยาบาล ระบบไอน้ำและหม้อน้ำถือเป็นระบบที่ใช้เชื้อเพลิงในปริมาณสูง และอาจก่อมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้เนื่องจากการที่หม้อน้ำทำงานภายใต้ความดันที่สูงมาก ประกอบกับการใช้เชื้อเพลิงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นหากผู้ควบคุมหม้อน้ำไม่มีความรู้ ความเข้าใจ และไม่มีประสบการณ์ในการใช้งาน การควบคุม และบำรุงรักษาหม้อน้ำและระบบไอน้ำที่ถูกต้อง อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ตัวหม้อน้ำและระบบไอน้ำ หรืออาจร้ายแรงถึงขั้นเป็นอันตรายต่อชีวิตของผู้ปฏิบัติงานหรืออาจเป็นผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำแต่อยู่บริเวณใกล้เคียง ตลอดจนทรัพย์สินที่อยู่รอบข้างหม้อน้ำอีกด้วย ด้วยเหตุนี้การจัดการและการบำรุงรักษาเพื่อให้ระบบไอน้ำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลาจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ลดมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็นการเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานร่วมกับหม้อน้ำ เมื่อผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำเกิดความมั่นใจว่าอันตรายจากการใช้งานหม้อน้ำไม่มีทางเกิดขึ้นได้ ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างมีความสุข ส่งผลให้สภาพแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น ท้ายที่สุดผลผลิตที่ได้จากการผลิตจะมีคุณภาพที่ดีตามไปด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่า ผู้ที่ต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับหม้อน้ำต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ ผนวกกับความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับแนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับหม้อน้ำและระบบไอน้ำ ตลอดจนการใช้งาน การควบคุม และการบำรุงรักษาหม้อน้ำ ควบคู่กันไปทั้งหมด ดังนั้นในบทนี้จึงจะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีพื้นฐานของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับหม้อน้ำและระบบไอน้ำ และการใช้งาน การควบคุม การบำรุงรักษาหม้อน้ำและอุปกรณ์ในระบบไอน้ำทั้งหมด ตลอดจนเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

2.1 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

ระบบไอน้ำ หมายถึง ระบบที่ประกอบด้วย หม้อน้ำ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่ หม้อน้ำ ระบบส่งจ่ายไอน้ำ ระบบนำกลับไอน้ำควบแน่นหรือคอนเดนเสท (Condensate) และอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ (ผู้ใช้ไอน้ำปลายทาง) ดังแสดงในรูปที่ 2-1 ระบบไอน้ำเป็นระบบที่ใช้พลังงานพื้นฐานที่มีการใช้งานและสามารถพบเห็นได้ในหลายอุตสาหกรรม

จากรูปที่ 2-1 น้ำป้อนที่มีอุณหภูมิต่ำจะถูกผ่านเข้าไปยังหม้อน้ำ เพื่อรับความร้อนจากก๊าซเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ ไอน้ำที่ผลิตขึ้นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตในโรงงาน ผ่านระบบส่งจ่ายไอน้ำ ไอน้ำหรือน้ำร้อนควบแน่นที่เหลือจากกระบวนการผลิตจะถูกนำกลับมาเก็บไว้ในถังน้ำป้อนเพื่อรวมกับน้ำเติม ก่อนที่จะส่งไปยังหม้อน้ำ และผลิตเป็นไอน้ำต่อไป



รูปที่ 2-1 องค์ประกอบของระบบไอน้ำและการทำงานของหม้อน้ำ

หม้อน้ำ เป็นอุปกรณ์สำหรับผลิตไอน้ำ เพื่อนำไอน้ำไปใช้ประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรมด้านต่างๆ โดยสามารถผลิตไอน้ำได้ทั้งปริมาณและความดันที่ต้องการ ดังนั้นหม้อน้ำ จึงมีหลายแบบตามความเหมาะสมกับการใช้งาน เช่น ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) จะใช้ในการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ในกระบวนการผลิต และไอน้ำยิ่งยวด (Superheat Steam) ซึ่งมีอุณหภูมิและความดันสูงจะใช้เป็นต้นกำลัง เช่น ขับเครื่องกังหันไอน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น คำจำกัดความของหม้อน้ำตามกฎกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549 ระบุว่า หม้อน้ำ หมายถึง ภาชนะปิดสำหรับบรรจุน้ำที่มีปริมาณความจุเกิน 2 ลิตรขึ้นไป เมื่อได้รับความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงหรือแหล่งพลังงานความร้อนอื่น น้ำจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำภายใต้ความดันมากกว่า 1.5 เท่าของความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล หรือภาชนะปิดสำหรับบรรจุน้ำซึ่งใช้ในการผลิตน้ำร้อนที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนตั้งแต่ 8 ตารางเมตรขึ้นไป

2.1.1 โครงสร้างหม้อน้ำ

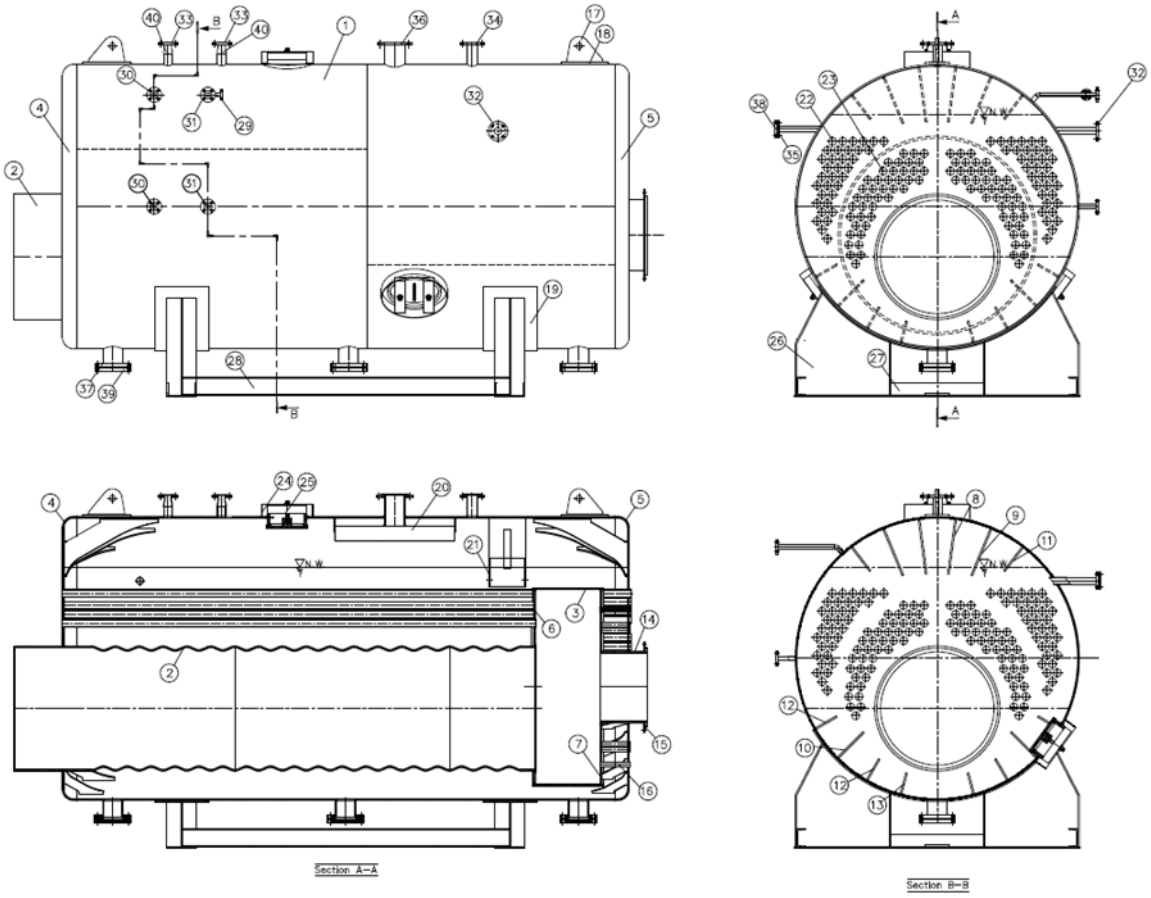
หม้อน้ำ ทุกแบบจะต้องประกอบด้วย

1) เตา (Furnace) หรือห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) เป็นส่วนสำหรับให้เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้หรือสันดาปกับอากาศ

2) ส่วนที่เก็บน้ำ (Water space) เป็นส่วนที่เก็บน้ำไว้ภายในหม้อน้ำ

3) ส่วนที่เก็บไอน้ำ (Steam space) คือ ส่วนที่สะสมไอน้ำที่เกิดจากการผลิตไอน้ำ

การออกแบบหม้อน้ำโดยทั่วไปจะต้องคำนึงถึงรายละเอียดโครงสร้าง และส่วนประกอบต่างๆ เพื่อให้โครงสร้างมีความแข็งแรง สามารถใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัย ซึ่งต้องมีการออกแบบให้สามารถรับความเค้นจากความดันไอน้ำ และอุณหภูมิขณะทำงานได้ ตัวอย่างรายละเอียดโครงสร้างของหม้อน้ำแบบท่อไฟ ชนิด 3 กลับ แสดงได้ดังรูปที่ 2-2



รายการชิ้นส่วน			
1-เปลือกหม้อน้ำ	15-หน้าแปลนท้าย	25-ช่องคนลง	34-หน้าแปลนยึดอิเลคโทรด
2-ท่อไฟใหญ่	16-เหล็กยึดโยง	26-แท่นเครื่อง	35-หน้าแปลนช่องระบายผิว
3-ห้องไฟกลับ	17-หูหิ้ว	27-เหล็กยึดฐาน	36-หน้าแปลนท่อจ่ายไอน้ำ
4-ผนังหน้า	18-19-แผ่นเชื่อมยึด	28-เหล็กฐาน	37-หน้าแปลนช่องคนลง
5-ผนังหลัง	20-อุปกรณ์แยกน้ำจากไอน้ำ	29-ลิ้นตรวจระดับน้ำ	38-แผ่นปิดช่องท่อระบาย
6-ผนังหน้าห้องไฟกลับ	21-กล่องน้ำเข้า	30-หน้าแปลนยึดแท่งแก้วดูระดับน้ำ	39-แผ่นปิดช่องมือลอด
7-ผนังหลังห้องไฟกลับ	22-ท่อไฟเล็กกลับที่ 3	31-หน้าแปลนยึดชุดลูกลอยระดับน้ำ	40-ข้อลด
8-13-หูช้าง หรือเหล็กยึดโยง	23-ท่อไฟเล็กกลับที่ 2	32-หน้าแปลนท่อน้ำเข้า	
14-แผ่นครอบ	24-แผ่นเสริมยึดช่องคนลง	33-หน้าแปลนยึดลิ้นนิรภัย	

รูปที่ 2-2 ตัวอย่างรายละเอียดโครงสร้างของหม้อน้ำ

2.1.2 ประเภทของหม้อน้ำ

หม้อน้ำปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะโครงสร้างคือ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบท่อน้ำ และหม้อน้ำแบบอื่นๆ ซึ่งไม่สามารถจัดอยู่ในหม้อน้ำสองประเภทแรกได้ ซึ่งรายละเอียดของหม้อน้ำแต่ละประเภทมีดังต่อไปนี้

1) หม้อน้ำแบบท่อไฟ

หม้อน้ำแบบท่อไฟ (Fire tube boiler) คือ หม้อน้ำที่มีท่อไฟที่ก๊าซร้อนไหลผ่านอยู่ในท่อ และมีน้ำที่รับความร้อนเพื่อกลายเป็นไอน้ำอยู่ภายนอกท่อ หม้อน้ำแบบท่อไฟมีลักษณะโครงสร้างดังต่อไปนี้

(ก) เปลือกหม้อน้ำ

เปลือกหม้อน้ำ (Boiler shell) หมายถึง เปลือกเหล็กของหม้อน้ำภายในบรรจุน้ำและไอน้ำที่มีความดัน จึงต้องได้รับการออกแบบและสร้างอย่างแข็งแรง แต่ไม่ได้หมายรวมถึงอิฐหรือฉนวนความร้อนที่หุ้มหม้อน้ำ เปลือกหม้อน้ำมีทั้งที่ทำด้วยเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ แต่ที่ทำด้วยเหล็กหล่อจะเป็นหม้อน้ำขนาดเล็ก ส่วนหม้อน้ำขนาดใหญ่จะทำด้วยแผ่นเหล็กกล้า (เช่น ASTM SA516-70 ตามมาตราฐาน ASME Section II) ม้วนขึ้นรูปให้มีรูปทรงกระบอก

(ข) ผนังหน้าและผนังหลังหม้อน้ำ

ผนังหน้าและผนังหลังหม้อน้ำ (End plate or tube sheet) คือ ส่วนที่ปิดหัวปิดท้ายของเปลือกหม้อน้ำ ผนังหม้อน้ำมีทั้งแบบแผ่นเหล็กเรียบขึ้นรูปเป็นแผ่นโค้ง และแบบขอบโค้ง ผนังหม้อน้ำแบบแผ่นโค้งสามารถรับความดันไอน้ำได้ดี แต่มีความยุ่งยากในการสร้างที่ต้องเจาะรูเพื่อใส่ท่อไฟ ผนังหม้อน้ำแบบแผ่นเรียบทำได้ง่าย เหมาะสำหรับเป็นผนังที่ต้องเจาะรูเพื่อใส่ท่อไฟ แต่ผนังแผ่นเรียบแข็งแรงน้อยกว่า จะต้องออกแบบให้มีความหนาของแผ่นเหล็กมากกว่า และจะต้องออกแบบติดตั้งเหล็กยึดโยงเพื่อเสริมความแข็งแรงของผนังเปลือกหม้อน้ำ

(ค) เหล็กยึดโยง

เหล็กยึดโยง (Stay) ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงของผนังหม้อน้ำ โดยการดึงผนังหม้อน้ำเอาไว้ อาจจะดึงผนังไว้กับเปลือกหม้อน้ำ หรือดึงระหว่างผนังหน้ากับผนังหลังหม้อน้ำเอาไว้ด้วยกัน มีทั้งแบบเหล็กแท่งกลม (Stay Rod) แบบหูช้าง (Gusset stay) หรือเป็นท่อกลวง (Stay tube) เพื่อถ่ายเทความร้อนด้วย

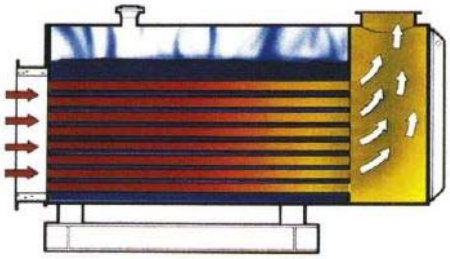
(ง) ท่อไฟใหญ่หรือลูกหมู

ท่อไฟใหญ่หรือลูกหมู (Furnace) คือท่อนำก๊าซร้อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่มักจะเป็นห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำเชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซ มีทั้งแบบขึ้นรูปเป็นลอนที่แข็งกว่าและถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าแบบท่อไฟเรียบ ที่ต้องมีความหนามากกว่าและต้องมีวงแหวนเสริมความแข็งแรง (Reinforce ring) ภายนอก

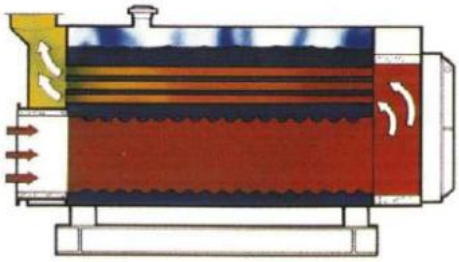
(จ) ท่อไฟเล็กหรือจุ๊ป

ท่อไฟเล็กหรือจุ๊ป (Fire tube) คือท่อขนาดเล็กที่ให้ก๊าซร้อนไหลผ่านภายในท่อ มีการติดตั้ง 2 ลักษณะคือ แบบเชื่อม และแบบเบ่ง สำหรับถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่ภายนอกท่อ และทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงของผนังหม้อน้ำ(กรณีติดตั้งแบบเชื่อม) โดยการดึงผนังหม้อน้ำ ท่อไฟเล็กมีทั้งแบบเกลียวและแบบเรียบ ซึ่งส่วนมากมักจะเป็นท่อเรียบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 4” ความหนาของท่อระหว่าง 2.5-3.5 มิลลิเมตร แต่หม้อน้ำบางยี่ห้ออาจจะเป็นท่อไฟเล็กแบบเกลียวเพื่อให้ก๊าซร้อนเกิดการหมุนวนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน สำหรับหม้อน้ำทั่วไปจะมีการออกแบบท่อไฟเล็กในหม้อน้ำให้ก๊าซร้อนมีทิศ

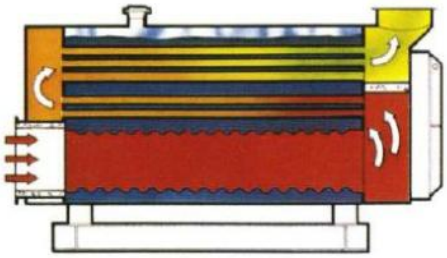
ทางการไหลกลับไปกลับมาอยู่ภายในหม้อน้ำ เพื่อเพิ่มระยะทางในการแลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงของหม้อน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย เรียกจำนวนครั้งในการไหลกลับไปกลับมาของก๊าซร้อนในท่อไฟทั้งหมดภายในหม้อน้ำว่า จำนวนกลับ (Pass) ดังแสดงในรูปที่ 1-3 นอกจากนี้ตรงบริเวณหัวและท้ายหม้อน้ำซึ่งเป็นส่วนที่ไฟมีการกลับทิศทางการไหล จะเรียกบริเวณนี้ว่า ห้องไฟกลับ หากห้องไฟกลับนั้นมีน้ำล้อมรอบภายนอก จะเรียกว่า แบบหลังเปียก (Wet back) ในทางกลับกัน หากห้องไฟกลับไม่มีน้ำล้อมรอบ หรือเป็นแบบห้องที่ก่อด้วยอิฐทนไฟยื่นออกไปนอกตัวหม้อน้ำ จะเรียกว่า แบบหลังแห้ง (Dry back) ดังแสดงในรูปที่ 2-4



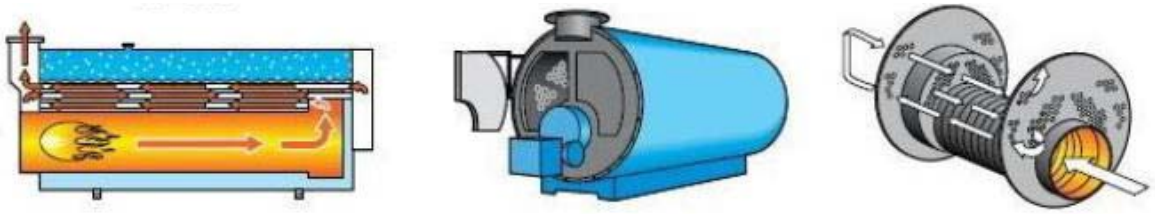
(ก) ท่อไฟแบบ 1 กลับ



(ข) ท่อไฟแบบ 2 กลับ

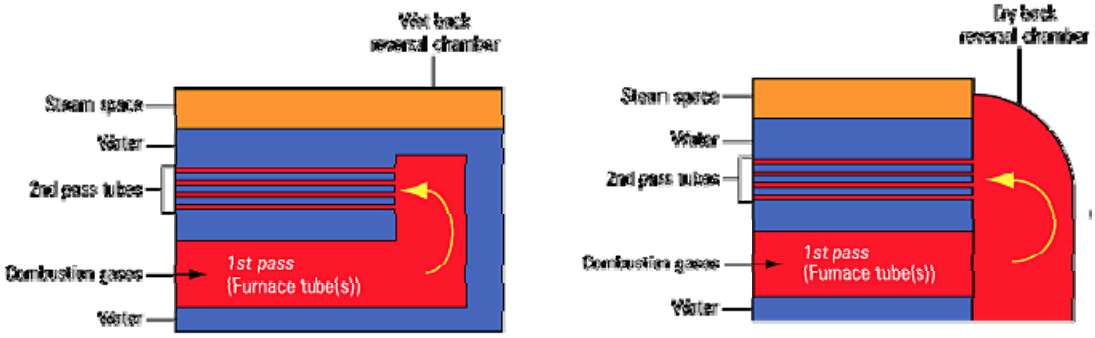


(ค) ท่อไฟแบบ 3 กลับ



(ง) ท่อไฟแบบ 4 กลับ

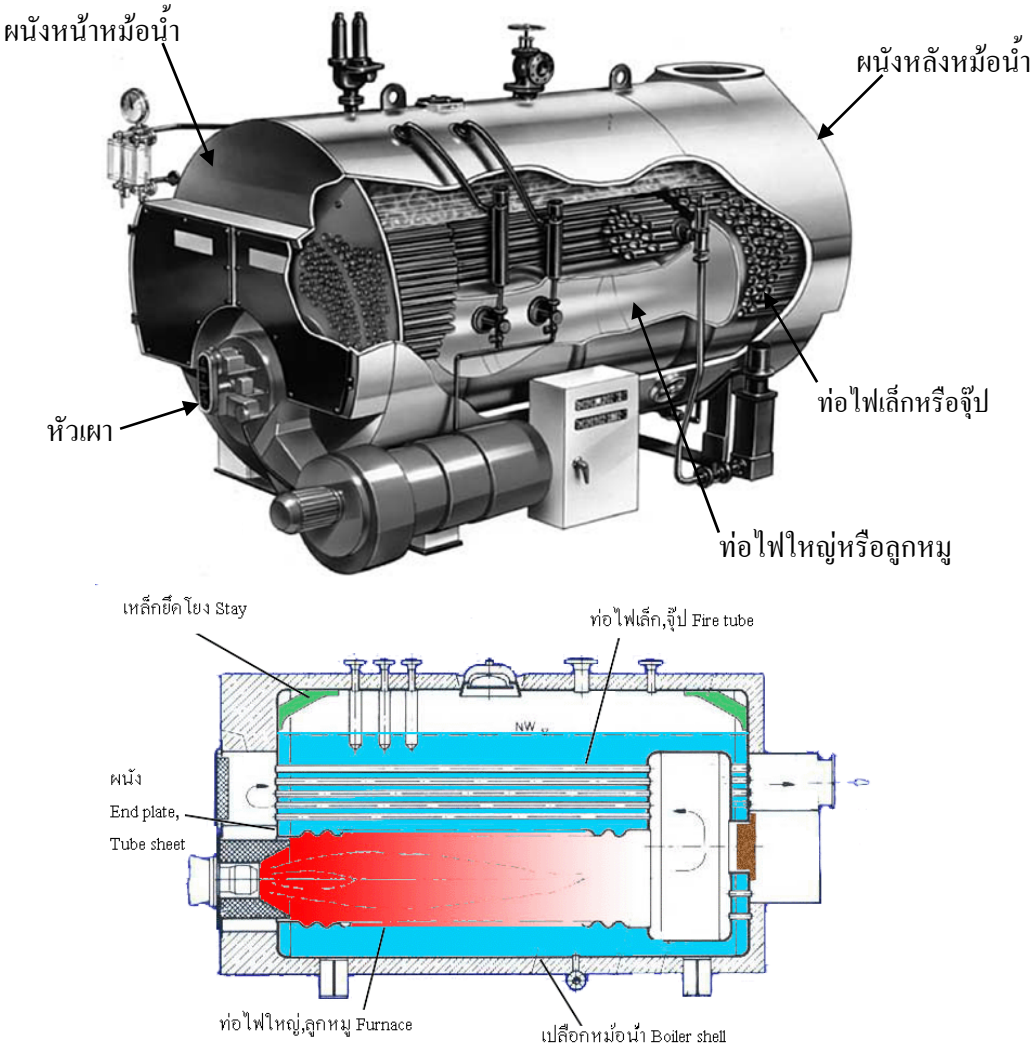
รูปที่ 2-3 จำนวนกลับของท่อไฟ



(ก) แบบหลังเปียก (ข) แบบหลังแห้ง

รูปที่ 2-4 ห้องกลับไฟ

โครงสร้างของหม้อน้ำแบบท่อไฟแสดงได้ดังรูปที่ 2-5



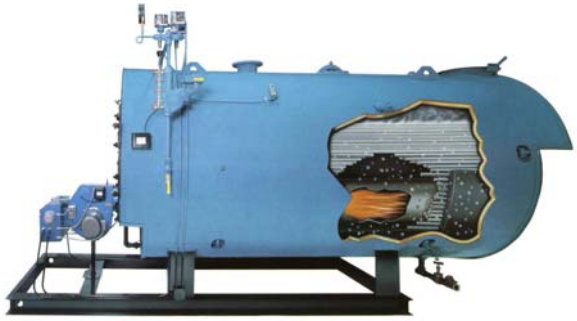
รูปที่ 2-5 โครงสร้างของหม้อน้ำแบบท่อไฟ

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งหม้อน้ำแบบท่อไฟตามลักษณะการจัดวางท่อไฟได้อีก 3 ประเภทย่อย ได้แก่

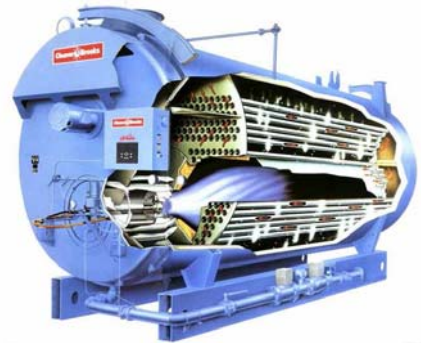
(ก) หม้อน้ำแบบท่อไฟนอน

หม้อน้ำแบบท่อไฟนอน (Horizontal package fire tube boiler) เป็นหม้อน้ำที่มีท่อไฟที่ก๊าซร้อนไหลผ่านอยู่ในท่อ และมีน้ำที่รับความร้อนจากก๊าซร้อนเพื่อกลายเป็นไอน้ำอยู่ภายนอกท่อไฟนั้น โดยมีเปลือกหม้อน้ำรูปทรงกระบอกนอนเป็นภาชนะรับความดันไอน้ำและเก็บกักน้ำไว้ ขนาดของหม้อน้ำแบบท่อไฟนอนส่วนใหญ่จะมี ขนาดกำลังผลิตไอน้ำ อยู่ประมาณ 100-12,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด (MAWP) อยู่ประมาณ 1-2 MPa สำหรับหม้อน้ำแบบท่อไฟที่มีขนาดกำลังผลิตไอน้ำและความดันอนุญาตใช้งานสูงสุดที่สูงกว่านี้ จะเป็นหม้อน้ำที่ต้องออกแบบเป็นพิเศษจึงมีใช้งานกันไม่มาก เนื่องจากข้อจำกัดทางโครงสร้างการออกแบบ

หม้อน้ำแบบท่อไฟสำเร็จรูป (Package fire tube boiler) ที่ใช้งานกันมากที่สุด คือ หม้อน้ำแบบท่อไฟ 3 กลับ หลังเปียก (3-pass wet back fire tube boiler) ประมาณ 80% ของหม้อน้ำที่มีใช้ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 1-6 รองลงมา คือ หม้อน้ำแบบท่อไฟ 4 กลับ หลังแห้ง (4-pass dry back fire tube boiler) ประมาณ 10% ของหม้อน้ำที่มีใช้ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 1-7 หม้อน้ำทั้ง 2 แบบ เป็นหม้อน้ำแบบสำเร็จรูปแบบท่อไฟนอน ขนาดของหม้อน้ำแบบนี้ ส่วนใหญ่จะมีขนาดกำลังผลิตไอน้ำอยู่ระหว่าง 500 – 12,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด (WAWP) อยู่ระหว่าง 1-2 MPa และส่วนใหญ่ประมาณ 70% ของผู้ใช้หม้อน้ำแบบนี้ จะผลิตไอน้ำที่ความดัน 750 kPa มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำอยู่ระหว่าง 80-93% (LHV)



รูปที่ 2-6 หม้อน้ำแบบท่อไฟ 3 กลับ หลังเปียก



รูปที่ 2-7 หม้อน้ำแบบท่อไฟ 4 กลับ หลังแห้ง

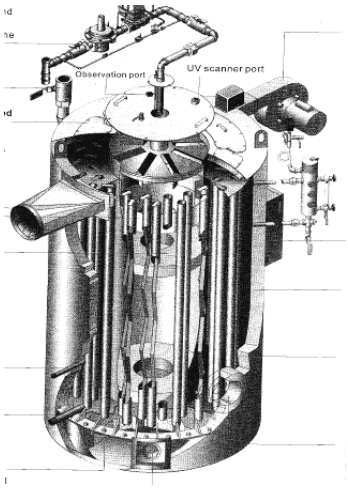
(ข) หม้อน้ำแบบท่อไฟตั้ง

หม้อน้ำแบบท่อไฟตั้ง (Vertical fire tube boiler) เป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟขนาดเล็ก มีเปลือกหม้อน้ำรูปทรงตั้งที่เก็บน้ำอยู่ประมาณ 80% ของความสูงของหม้อน้ำ มีท่อไฟขนาดเล็กจำนวนหลายท่อเพื่อรับการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนซึ่งไหลภายในท่อไฟ ตำแหน่งห้องเผาไหม้หรือลักษณะการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต ดังแสดงในรูปที่ 1-8

หม้อน้ำแบบท่อไฟตั้งเหมาะกับการผลิตไอน้ำปริมาณไม่มาก ขนาดไม่ใหญ่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของภาระไอน้ำ (Steam load) อย่างรวดเร็ว เป็นหม้อน้ำที่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยมาก มีทั้งหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงก๊าซ แต่ไม่เหมาะกับการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เพราะหม้อน้ำขนาดเล็กอาจมีปัญหาเรื่องเขม่าควันอุดตัน และต้องล้างทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเตาบ่อย ถ้าต้องการจะใช้หม้อน้ำแบบท่อไฟตั้งที่ใช้น้ำมันเตาแบบเชื้อเพลิง ควรจะเป็นหม้อน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหม้อน้ำแบบนี้คือเชื้อเพลิงก๊าซ เพราะมีราคาค่าเชื้อเพลิงถูกกว่าและการเผาไหม้สะอาด

ขนาดกำลังผลิตไอน้ำของหม้อน้ำแบบนี้อยู่ระหว่างประมาณ 10-2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด (MAWP) ไม่เกิน 1 MPa มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำประมาณ 75-85% (LHV)

หม้อน้ำแบบท่อไฟตั้งถือเป็นหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าหม้อน้ำแบบอื่น แต่มีราคาเครื่องต่ำกว่าหม้อน้ำแบบอื่น



รูปที่ 2-8 หม้อน้ำแบบท่อไฟตั้ง

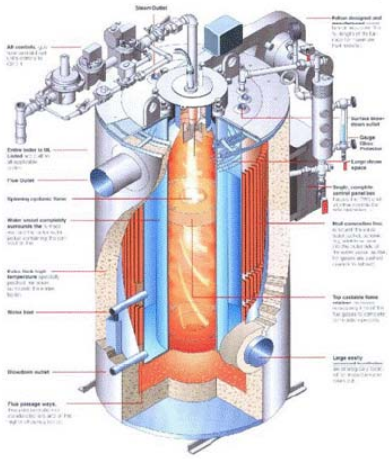
(ค) หม้อน้ำแบบไม่มีท่อไฟเล็กหรือไม่มีจุ๊ป

หม้อน้ำแบบไม่มีท่อไฟเล็ก (Tubeless boiler) มีรูปร่างโครงสร้างคล้ายกันกับหม้อน้ำแบบท่อไฟตั้งเป็นอย่างมาก เพียงแต่ภายในหม้อน้ำไม่มีท่อไฟเล็ก แต่หม้อน้ำแบบไม่มีท่อไฟเล็กถือเป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟ เพราะมีท่อไฟใหญ่เป็นห้องเผาไหม้อยู่ตรงกลาง หรืออาจจะนับเป็นหม้อน้ำแบบลูกหมูตั้งก็ได้ เพราะมีลักษณะคล้ายกับหม้อน้ำแบบลูกหมูของโรงสี แต่หม้อน้ำแบบไม่มีท่อไฟเล็กเป็นหม้อน้ำท่อไฟตั้งสมัยใหม่ ที่ใช้ระบบหัวพ่นไฟและระบบความปลอดภัยที่ทันสมัย ดังแสดงในรูปที่ 1-9

หม้อน้ำแบบไม่มีท่อไฟเล็กเป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟขนาดเล็ก เหมาะกับการผลิตไอน้ำปริมาณไม่มาก และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของภาระไอน้ำ (Steam load) อย่างรวดเร็ว เป็นหม้อน้ำที่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยมาก มีทั้งหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงก๊าซ แต่ไม่เหมาะกับการใช้น้ำมันเตาเชื้อเพลิง เพราะหม้อน้ำขนาดเล็กอาจมีปัญหาเรื่องเขม่าควันอุดตัน และต้องล้างทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเตาบ่อย เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหม้อน้ำแบบนี้คือเชื้อเพลิงก๊าซ เพราะมีราคาค่าเชื้อเพลิงถูกกว่าและมีการเผาไหม้สะอาด

ขนาดกำลังผลิตของหม้อน้ำแบบนี้อยู่ระหว่างประมาณ 10-1,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด (WAWP) ไม่เกิน 1 MPa มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำประมาณ 75-80% (LHV) ซึ่งน้อยกว่าหม้อน้ำแบบท่อไฟตั้งเล็กน้อย

หม้อน้ำแบบไม่มีท่อไฟเล็กถือเป็นหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าหม้อน้ำแบบอื่น แต่มีราคาเครื่องต่ำกว่าหม้อไอแบบอื่น



รูปที่ 2-9 หม้อน้ำแบบไม่มีท่อไฟเล็ก

2) หม้อน้ำแบบท่อน้ำ

หม้อน้ำแบบท่อน้ำ (Water tube boiler) เป็นหม้อน้ำที่มีน้ำอยู่ภายในท่อน้ำ รับความร้อนจากก๊าซร้อนที่ไหลผ่านอยู่ภายนอกท่อเพื่อระเหยกลายเป็นไอน้ำ หม้อน้ำแบบท่อน้ำมีหลากหลายประเภทมาก มีขนาดกำลังผลิตไอน้ำตั้งแต่ขนาดเล็กๆ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จนถึงขนาดใหญ่มากที่สามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า 1,300 MW ความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด (MAWP) อยู่ระหว่างประมาณ 1-31 MPa และอุณหภูมิสูงถึง 593 oC

สำหรับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ ที่มีขนาดกำลังผลิตไอน้ำมากกว่า 5,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มักจะเป็นหม้อน้ำที่ผลิตไอน้ำที่ความดันสูงกว่า 1 MPa เนื่องจากลักษณะทางโครงสร้างที่สามารถรับความดันไอน้ำได้สูงกว่าหม้อน้ำแบบท่อไฟซึ่งใช้เปลือกหม้อน้ำเป็นส่วนรับความดัน จึงไม่สามารถรับความดันไอน้ำที่สูงมากได้

การเลือกใช้หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ควรจะเลือกใช้งานในกรณีที่ต้องการผลิตไอน้ำความดันสูงกว่า 1.5 MPa หรือต้องการปริมาณไอน้ำมากกว่า 15,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ถ้าต้องการผลิตไอน้ำความดันและ

ปริมาณต่ำกว่านี้ ไม่ควรเลือกใช้หม้อน้ำแบบท่อน้ำ เพราะการดูแลบำรุงรักษาที่ยุ่งยากกว่าหม้อน้ำแบบท่อไฟมาก

โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ควรเลือกใช้หม้อน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีสารกำมะถันสูง และหม้อน้ำต้องมีการหยุดเครื่องบ่อยและเป็นเวลานานหลายวัน เพราะแม้ว่าหม้อน้ำจะมีระบบ Boiler lay-up ทำการอุ่นหม้อน้ำไม่ให้เกินการกัดกร่อนของกรดกำมะถัน (Cold end corrosion) แต่ก็ต้องใช้พลังงานในการอุ่นหม้อน้ำให้ร้อนอยู่ตลอดเวลา

โครงสร้างหลักของหม้อน้ำแบบท่อน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2-10 ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

(ก) ถังไอ

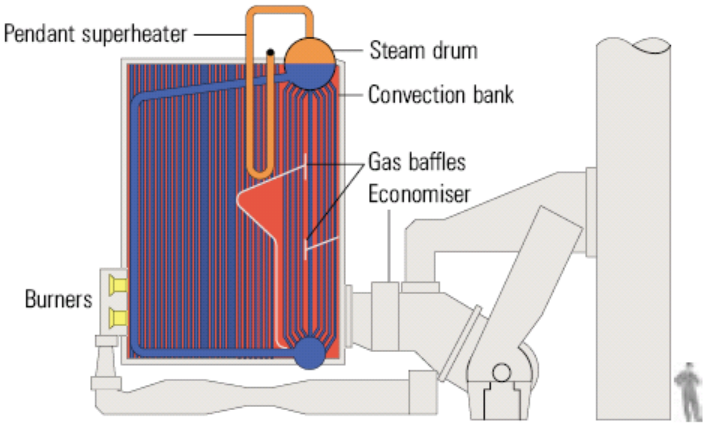
ถังไอ (Steam drum or Upper drum) เป็นโครงสร้างเหล็กทรงกระบอกที่อยู่ด้านบนของหม้อน้ำแบบท่อน้ำ เป็นที่เกิดหรือแยกตัวของไอน้ำที่ระเหยขึ้นมาจากผิวน้ำ โดยปรกติระดับน้ำจะอยู่ประมาณระดับครึ่งหนึ่งของถังไอนี้ ส่วนด้านล่างของถังไอจะเป็นส่วนที่ท่อน้ำจำนวนมากเข้ามาต่อชน เพื่อให้น้ำในท่อน้ำที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนเวียนขึ้นมาแยกตัวเป็นไอน้ำ หม้อน้ำแบบท่อน้ำที่ดีจะมี Steam separator หรือ Steam purifier อยู่ในถังไอด้านบน เพื่อแยกน้ำและสิ่งสกปรกออกจากไอน้ำ เพื่อทำให้ไอน้ำแห้งและสะอาดมากขึ้น

(ข) ถังโคลน

ถังโคลน (Mud drum or Lower drum) เป็นโครงสร้างเหล็กทรงกระบอกที่อยู่ด้านล่างของหม้อน้ำแบบท่อน้ำ มักจะมีขนาดเล็กกว่าถังไอ ถังโคลนทำหน้าที่คล้ายท่อร่วม (Header) ของท่อน้ำ โดยส่วนด้านบนของถังโคลนจะเป็นส่วนที่ท่อน้ำจำนวนมากจากด้านบนเข้ามาต่อชน ในขณะผลิตไอน้ำจะมีการหมุนเวียนของน้ำในท่อมาก ตะกอนหนักจะตกลงสะสมที่ถังโคลนนี้ส่วนตะกอนเบาจะถูกหมุนเวียนไปตามธรรมชาติของความแตกต่างกันของอุณหภูมิน้ำ ดังนั้นน้ำที่ป้อนเข้าหม้อน้ำจะต้องมีความสะอาดมาก เพราะสิ่งสกปรกที่เป็นของแข็ง เช่น ทราย สนิม ขี้เชื่อมโลหะ ฯลฯ จะขัดสีภายในท่อน้ำ เพราะการหมุนเวียนของน้ำในท่อ จนทำให้ท่อน้ำบางลงจนแตกได้

(ค) ท่อน้ำ

ท่อน้ำ (Water tube) คือท่อที่ให้น้ำไหลผ่านภายในท่อ โดยรับความร้อนจากก๊าซร้อนภายนอกท่อถ่ายเทให้กับน้ำที่อยู่ภายในท่อ ท่อน้ำเป็นส่วนที่รับความร้อนส่วนใหญ่จากก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ดังนั้นท่อน้ำจึงต้องสะอาด ปราศจากตะกรัน ถ้าภายในท่อน้ำมีตะกรันเพียงบางๆ ท่อน้ำอาจเกิดการเสียหายได้ เนื่องจากโลหะผิวนอกท่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากถ่ายเทความร้อนได้น้อยลงทำให้เกิดการสะสมความร้อนของเนื้อโลหะ(Overheat) จนโครงสร้างโลหะของเหล็กเสียไป ไม่สามารถรับความดันได้ (Long term overheat) ท่อน้ำมักจะเป็นท่อเรียบหรืออาจมีครีบ (Fin) ภายนอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ½” ถึง 3” (12.7-76.2 มิลลิเมตร) ความหนาของท่อ 2.0-3.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 2-10 โครงสร้างของหม้อน้ำแบบท่อน้ำ

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งหม้อน้ำแบบท่อน้ำตามลักษณะการจัดวางท่อไฟได้อีก 6 ประเภทย่อย ได้แก่

(ก) หม้อน้ำโรงไฟฟ้า

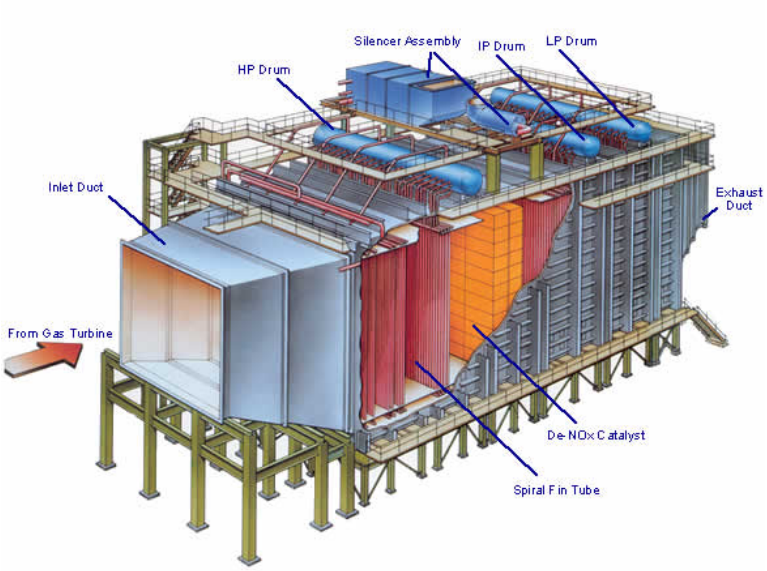
หม้อน้ำโรงไฟฟ้า (Power plant boiler) เป็นหม้อน้ำที่มีขนาดใหญ่มาก ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ทำหน้าที่ผลิตไอน้ำยิ่งยวด (Superheated steam) ที่มีความดันสูงมากถึง 4-20 MPa เพื่อจ่ายไอน้ำให้กับกังหันไอน้ำ (Steam turbine) เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อเพลิงแข็งหรือเชื้อเพลิงก๊าซ เนื่องจากมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมาก จึงต้องเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาต่ำที่สุด ระบบหม้อน้ำมีความซับซ้อนมาก เพราะจะต้องมีระบบอุปกรณ์สนับสนุนทั้งหลาย ที่ต่างไปจากหม้อน้ำขนาดเล็กทั่วไป เช่น Superheater, Desuperheater, Economizer, หรือ Recuperator ระบบการเก็บลำเลียงและย่อยถ่านหิน และระบบลดมลพิษทางอากาศ เป็นต้น

ในปัจจุบันเนื่องจากราคาของเชื้อเพลิงที่แพงขึ้น จึงมีการส่งเสริมให้เอกชนสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าขนาดที่เล็กกว่า 10 MW (VSPP) เพื่อใช้เองหรือขายไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับระบบ โดยใช้หม้อน้ำขนาดเล็กลง และใช้เชื้อเพลิงทางการเกษตรมาเผาไหม้ที่หม้อน้ำแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล

รูปที่ 2-11 หม้อน้ำโรงไฟฟ้า

(ข) หม้อน้ำแบบท่อความร้อนทิ้ง

หม้อน้ำแบบท่อความร้อนทิ้ง (Waste heat boiler or heat recovery steam generator, HRSG) เป็นหม้อน้ำที่ผลิตไอน้ำจากก๊าซร้อนที่ทิ้งจากขบวนการเผาไหม้ต่างๆ ลักษณะที่นิยมใช้กันมาก คือการผลิตไอน้ำร่วมกันกับ Gas turbine ที่มีไอเสียอุณหภูมิสูงมากซึ่งได้มาจากเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า (Cogeneration or combined cycle) หม้อน้ำแบบนี้อาจจะสามารถผลิตไอน้ำได้หลายระดับความดันในเครื่องเดียวกัน สามารถติดตั้งหัวเผาที่ปล่องไอเสีย (Duct burner) ก่อนที่จะเข้าหม้อน้ำ หรือติดตั้งหัวพ่นไฟที่ตัวหม้อน้ำเอง เพื่อเพิ่มปริมาณความร้อนในการผลิตไอน้ำให้มากขึ้น เพื่อจ่ายไอน้ำให้กับกังหันไอน้ำ (Steam turbine) หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้ หม้อน้ำ HRSG สามารถติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมต่างๆ เหล่านี้ ได้แก่ ชุด Superheater, Desuperheater, Economizer, Air preheater, Duct burner และ Diverter หากต้องการให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น หม้อน้ำแบบท่อความร้อนทิ้งมีลักษณะดังรูปที่ 2-12

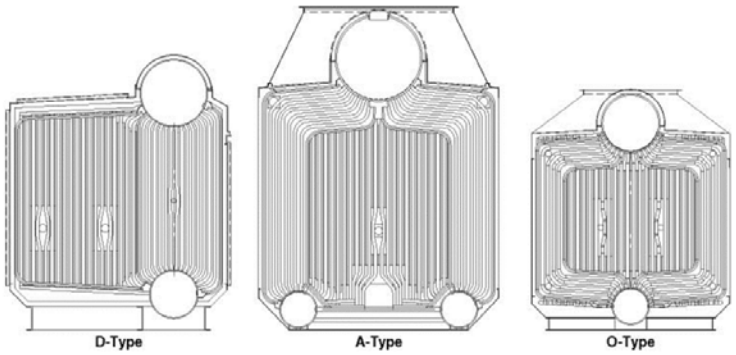


รูปที่ 2-12 หม้อน้ำแบบท่อความร้อนทิ้ง

(ค) หม้อน้ำแบบท่อน้ำรูปตัว A, D และ O

หม้อน้ำแบบท่อน้ำรูปตัว A, D และ O (A, D and O type water tube boiler) ดังแสดงในรูปที่ 2-13 เป็นหม้อน้ำแบบท่อน้ำสำเร็จรูป (Package water tube boiler) สามารถผลิตไอน้ำความดันสูงตั้งแต่ 1.8-10 MPa ขนาดกำลังผลิตไอน้ำประมาณ 5,000-100,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปกติจะผลิตไอน้ำอิ่มตัว แต่สามารถติดตั้ง Superheater ในห้องเผาไหม้เพื่อผลิตไอน้ำยิ่งยวดได้อุณหภูมิไอน้ำถึง 570 ^{0}C เชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อเพลิงเหลวหรือเชื้อเพลิงก๊าซ แต่หม้อน้ำแบบท่อน้ำรูปตัว A สามารถสร้างให้มีระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งที่ด้านล่างระหว่างถังโคลน (Mud drum) ทั้งสองได้ และมีระบบอุปกรณ์สนับสนุนต่างจากหม้อน้ำขนาดเล็กทั่วไป เช่น ระบบ Superheated, Desuperheater, Economizer, Recuperator, ระบบการเก็บลำเลียงและย่อยถ่านหิน และระบบลดมลพิษทางอากาศ เป็นต้น

การเลือกใช้หม้อน้ำแบบท่อน้ำแบบนี้ จะเลือกใช้งานที่ต้องการผลิตไอน้ำความดันสูงกว่า 1.5 MPa หรือต้องการปริมาณไอน้ำมากกว่า 15,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ถ้าต้องการผลิตไอน้ำความดันและปริมาณต่ำกว่านี้ ไม่ควรเลือกใช้หม้อน้ำแบบท่อน้ำนี้ เพราะจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า และการบำรุงรักษาที่ยุ่งยากกว่าหม้อน้ำแบบท่อไฟมาก จึงไม่ควรเลือกใช้หม้อน้ำแบบนี้ ถ้าจะเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีสารกำมะถันสูง และหม้อน้ำต้องหยุดเครื่องบ่อยและเป็นเวลานานหลายวัน เพราะแม้ว่าหม้อน้ำจะมีระบบ Boiler lay-up อุ่นไม่ให้เกิดการกัดกร่อนของกรดกำมะถัน (Cold end corrosion) แต่ก็ต้องใช้พลังงานในการอุ่นหม้อน้ำให้ร้อนอยู่ตลอดเวลา



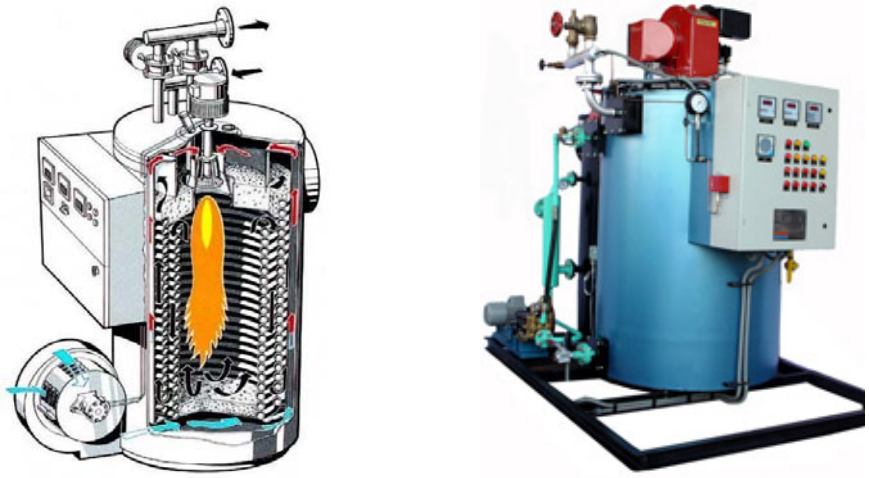
รูปที่ 2-13 หม้อน้ำแบบท่อน้ำรูปตัว A, D และ O

(ง) หม้อน้ำแบบท่อขดผ่านครั้งเดียว

หม้อน้ำแบบท่อขดผ่านครั้งเดียว (Once-through coiled water tube boiler) เป็นหม้อน้ำที่ส่วนใหญ่มีท่อน้ำขดเป็นวงกลมโดยน้ำอยู่ภายในท่อ มีหัวเผาอยู่ตรงกลางของชุดท่อน้ำที่ขดเป็นวงกลมนั้น น้ำจะถูกป้อนเข้าที่ปลายท่อน้ำด้านหนึ่งของชุดขดท่อน้ำ แล้วไหลผ่านรับความร้อนออกไป กลายเป็นไอน้ำที่ปลายของท่อน้ำอีกด้านหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2-14 หม้อน้ำแบบท่อขดผ่านครั้งเดียว สามารถผลิตไอน้ำได้เร็วมาก สามารถปรับอัตราการป้อนน้ำและอัตราการเผาไหม้ให้ผลิตเป็นไอน้ำยิ่งยวดได้ แต่ถ้าปรับไม่ถูกต้องจะผลิตไอน้ำที่ความชื้นสูงออกมาแทน เป็นหม้อน้ำที่ต้องการน้ำที่สะอาดมาก ถ้ามีตะกรันในท่อน้ำ ท่อน้ำจะแตกออก หรือถ้ามีการกัดกร่อนจนท่อน้ำทะลุจะต้องเปลี่ยนชุดขดท่อน้ำทั้งชุด

หม้อน้ำแบบท่อขดผ่านครั้งเดียวมีทั้งหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงก๊าซ แต่เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหม้อน้ำแบบนี้คือเชื้อเพลิงก๊าซ เพราะมีราคาค่าเชื้อเพลิงถูกกว่า และการเผาไหม้สะอาดกว่าน้ำมันดีเซล

หม้อน้ำแบบท่อขดผ่านครั้งเดียวถือเป็นหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าหม้อน้ำแบบอื่น มีตั้งแต่ขนาดเล็กกำลังผลิตไอน้ำ 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จนถึงขนาดใหญ่มากที่สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า 1,000 MW เหมาะที่จะเลือกใช้หม้อน้ำแบบนี้เมื่อต้องการความดันไอน้ำสูงกว่า 1.5 MPa ในจนถึงความดันไอน้ำระดับ Super critical

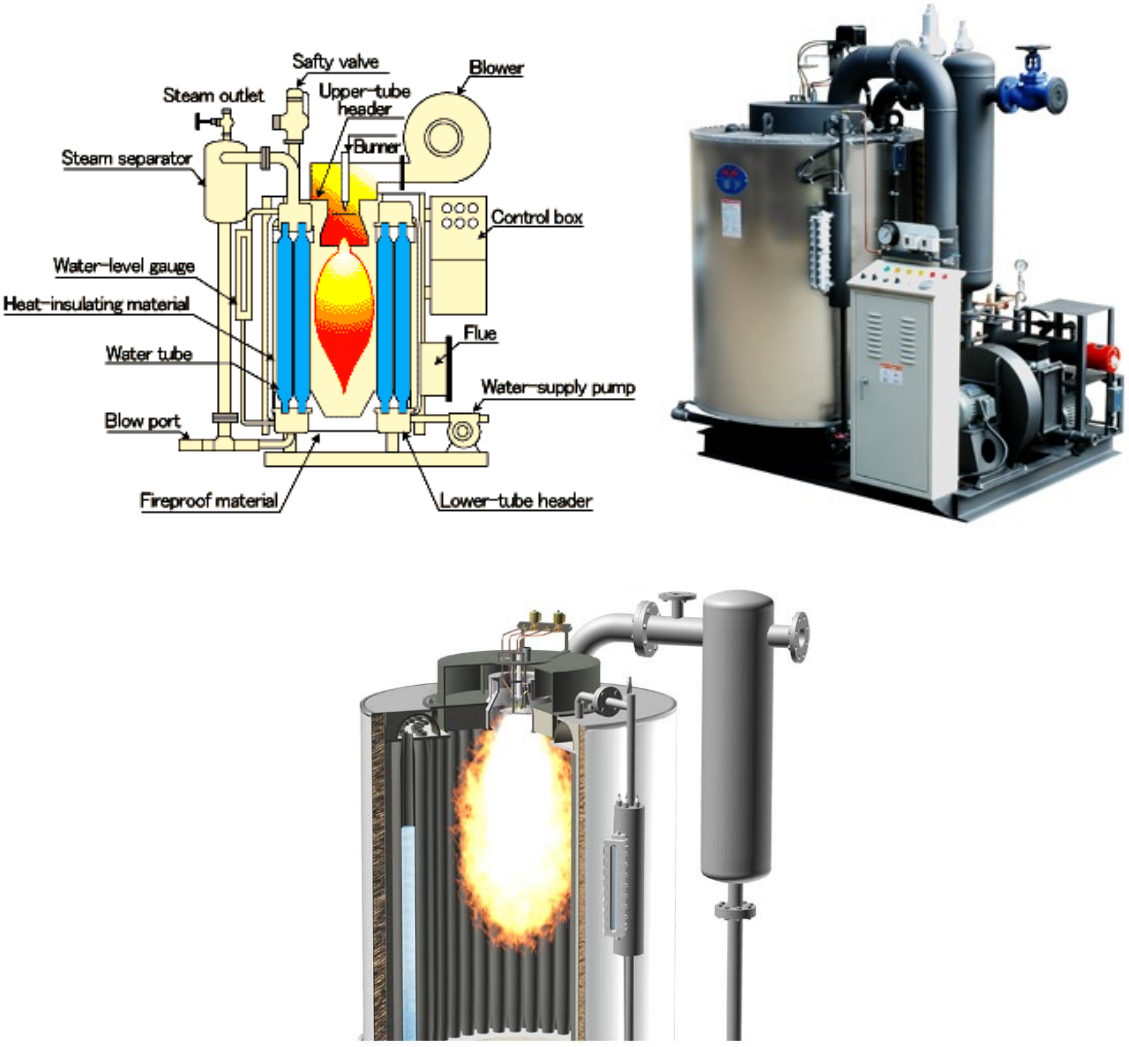


รูปที่ 2-14 หม้อน้ำแบบท่อขดผ่านครั้งเดียว

(จ) หม้อน้ำแบบท่อน้ำตั้ง

หม้อน้ำแบบท่อน้ำตั้ง (Vertical water tube boiler) เป็นหม้อน้ำแบบท่อขนาดเล็กโครงสร้างมีท่อน้ำขนาดเล็กจำนวนหลายท่อประกอบกับท่อร่วม (Header) ด้านบนและด้านล่าง โดยเรียงท่อเป็นรูปวงกลมคล้ายทรงกระบอก และเว้นพื้นที่บริเวณตรงกลางเครื่องไว้สำหรับเป็นห้องเผาไหม้ โดยมีหัวพ่นไฟอยู่ตรงกลางที่ด้านบนของหม้อน้ำ ดังรูปที่ 2-15 หม้อน้ำแบบท่อน้ำตั้งเหมาะกับการใช้ไอน้ำปริมาณไม่มากและไม่เปลี่ยนแปลงภาวะไอน้ำอย่างรวดเร็ว ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยมาก มีทั้งหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงก๊าซ แต่ไม่เหมาะกับการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เพราะหม้อน้ำขนาดเล็ก หัวพ่นไฟมีรูหัวฉีดน้ำมันเตาขนาดเล็กมาก ทำให้ฉีดพ่นน้ำมันเตาได้ไม่ค่อยดี และต้องล้างทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเตาที่อยู่ด้านบนบ่อย ถ้าต้องการจะใช้หม้อน้ำแบบท่อน้ำตั้งที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ควรจะเป็นหม้อน้ำที่มีขนาดใหญ่ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด สำหรับหม้อน้ำแบบนี้คือเชื้อเพลิงก๊าซ เพราะมีราคาเชื้อเพลิงถูกกว่า และการเผาไหม้สะอาดกว่าน้ำมันดีเซล หม้อน้ำแบบท่อน้ำตั้งนี้จัดเป็นหม้อน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียว (Once-through boiler) ด้วยเช่นกัน

หม้อน้ำแบบท่อน้ำตั้งมีขนาดกำลังผลิต 10-2,600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำอิ่มตัว ความดันสูงสุดไม่เกิน 2 MPa ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำประมาณ 80-85% (LHV) ซึ่งถือเป็นหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าหม้อน้ำแบบอื่น แต่ถ้ามีราคาเครื่องต่ำกว่าหม้อน้ำแบบอื่น จึงเหมาะที่จะเลือกใช้เป็นหม้อน้ำขนาดเล็กกำลังผลิตไอน้ำไม่เกิน 800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

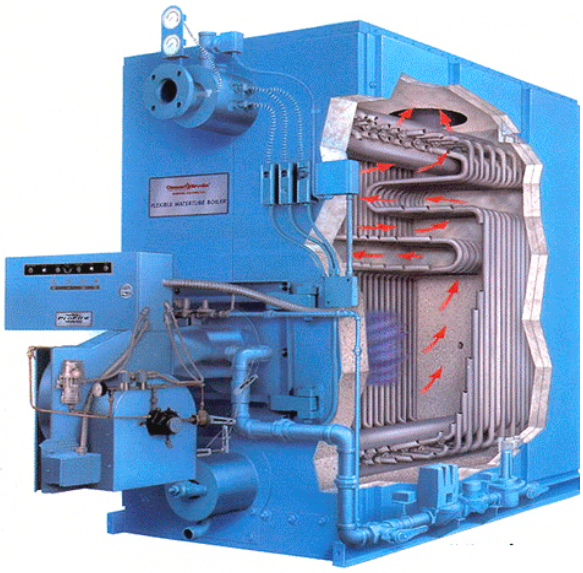


รูปที่ 2-15 หม้อน้ำแบบท่อน้ำตั้ง

(ฉ) หม้อน้ำแบบท่อน้ำดัดถอดประกอบได้

หม้อน้ำแบบท่อน้ำดัดถอดประกอบได้ (Bend water tube knock down boiler) เป็นของหม้อน้ำแบบท่อน้ำที่ดัดท่อให้เป็นรูปร่างเฉพาะ เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 2-16 ท่อน้ำที่ถูกดัดประกอบปลายท่อทั้งสองด้านเข้ากับท่อร่วม (Header) โดยปลายท่อน้ำถูกออกแบบให้มีความหนาขึ้นและเป็นรูปกรวยเรียวลง แล้วใช้ตัวประกับที่มีน๊อตสำหรับขันอัดให้ปลายท่อน้ำเข้าไปอัดแน่นอยู่ในรูท่อที่ท่อร่วม เวลาขนส่งหม้อน้ำแบบนี้ สามารถจะขนส่งหม้อน้ำมาเป็นชิ้นๆ แล้วใช้เวลาในการประกอบบนแท่นเครื่องเพียง 2 วัน ซึ่งการออกแบบหม้อน้ำเช่นนี้ จะใช้เป็นหม้อน้ำที่ใช้เปลี่ยนทดแทนหม้อน้ำเก่า ที่อยู่ในห้องหม้อน้ำที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายหม้อน้ำเครื่องใหม่เข้าไปเปลี่ยนได้ เช่น หม้อน้ำที่ติดตั้งอยู่บนชั้นใต้ดินที่แคบ หรือบนอาคารที่สูงมาก เนื่องจากลักษณะทางโครงสร้างของหม้อน้ำแบบนี้ หม้อน้ำจึงใช้ได้เพียงเชื้อเพลิงดีเซลหรือเชื้อเพลิงก๊าซ แต่เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหม้อน้ำแบบนี้คือเชื้อเพลิงก๊าซ เพราะมีราคาค่าเชื้อเพลิงถูกกว่าและการเผาไหม้สะอาดกว่าน้ำมันดีเซล

หม้อน้ำแบบท่อน้ำดัดถอดประกอบได้ มีขนาดกำลังผลิตไอน้ำ 300-3,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำอิ่มตัวความดันสูงสุดไม่เกิน 1 MPa ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำประมาณ 80-85% (LHV) ถือเป็นหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าหม้อน้ำแบบอื่นๆ เหมาะที่จะใช้เป็นหม้อน้ำไว้เปลี่ยนทดแทนหม้อน้ำเก่าที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายหม้อน้ำเครื่องใหม่แบบปกติเข้าไปเปลี่ยนทดแทนได้

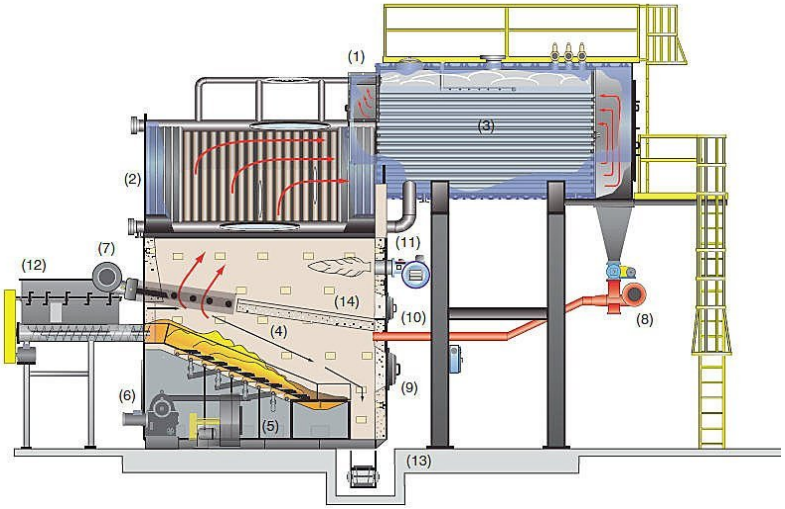


รูปที่ 2-16 หม้อน้ำแบบท่อน้ำดัดถอดประกอบได้

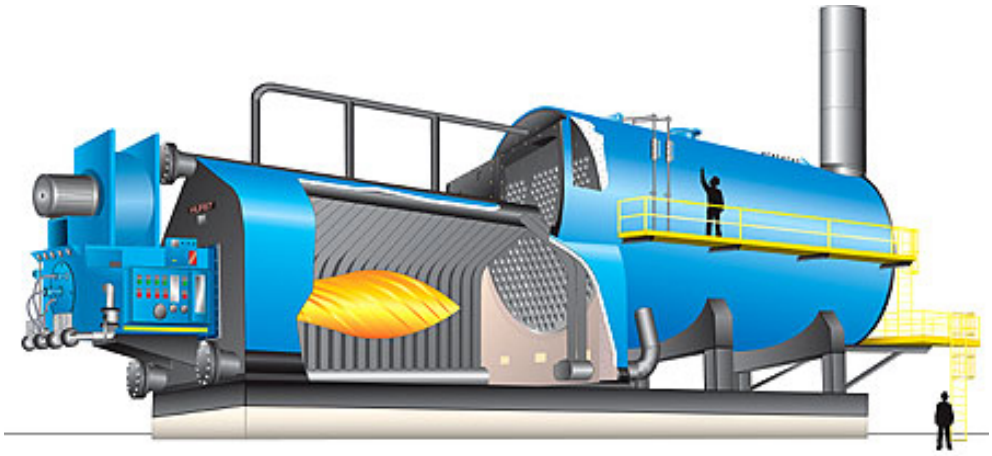
3) หม้อน้ำแบบอื่น ๆ

(ก) หม้อน้ำแบบผสม

หม้อน้ำแบบผสม (Hybrid boiler) เป็นหม้อน้ำที่มีทั้งหม้อน้ำแบบท่อน้ำและหม้อน้ำแบบท่อไฟอยู่ในเครื่องเดียวกัน ส่วนใหญ่จะเป็นหม้อน้ำใช้เชื้อเพลิงแข็ง โดยสร้างให้หม้อน้ำแบบท่อน้ำที่อยู่ด้านล่างเป็นส่วนของห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง ส่วนโครงสร้างที่เป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟที่อยู่ด้านบนจะเป็นส่วนที่รับการถ่ายเทความร้อนที่เหลือออกมาจากส่วนโครงสร้างหม้อน้ำแบบท่อน้ำ ดังในรูปที่ 2-17 หรือหากใช้เชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซ การออกแบบอาจจัดวางให้ทั้งหม้อน้ำแบบท่อน้ำและหม้อน้ำแบบท่อไฟอยู่ข้างกันในแนวระดับเกือบเสมอกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-18 ขนาดกำลังผลิตไอน้ำของหม้อน้ำแบบผสม ประมาณ 5,000-20,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความดันไอน้ำจึงถูกจำกัดด้วยโครงสร้างของหม้อน้ำแบบท่อไฟ จึงผลิตความดันไอน้ำสูงสุดไม่เกิน 2 MPa



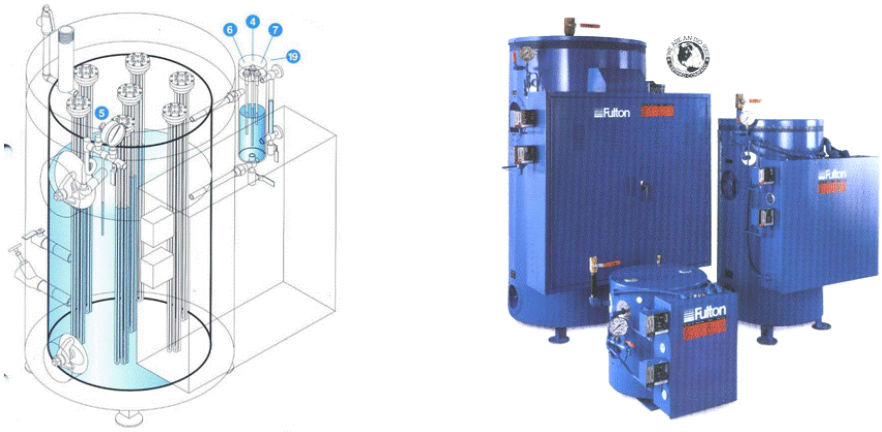
รูปที่ 2-17 หม้อน้ำแบบผสม กรณีใช้เชื้อเพลิงแข็ง



รูปที่ 2-18 หม้อน้ำแบบผสม กรณีใช้เชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซ

(ข) หม้อน้ำไฟฟ้า

หม้อน้ำไฟฟ้า (Electrical boiler) มีกำลังผลิตไอน้ำประมาณ 10-3,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำอิ่มตัวความดัน 1-2 MPa เป็นหม้อน้ำที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทำให้สะอาดเพราะไม่มีระบบลำเลียงเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ ปราศจากมลพิษทางอากาศ เหมาะกับการผลิตไอน้ำปริมาณไม่มาก แต่การใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตไอน้ำ มีต้นทุนในการผลิตไอน้ำสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น หม้อน้ำไฟฟ้าแสดงได้ดังรูปที่ 2-19



รูปที่ 2-19 หม้อน้ำไฟฟ้า

2.1.3 ระบบกำเนิดไอน้ำ

หม้อน้ำมีหน้าที่ในการผลิตไอน้ำที่มีความดันสูง ในระบบกำเนิดไอน้ำ นอกจากจะประกอบด้วยตัวหม้อน้ำแล้ว ยังต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ในระบบย่อยต่างๆ อีกหลายระบบดังต่อไปนี้

1) อุปกรณ์ในระบบน้ำป้อน

ระบบน้ำป้อน (Feed water system) เป็นระบบแรกสุดที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากน้ำป้อนเปรียบเสมือนวัตถุดิบต้นทางในการผลิตไอน้ำ คุณภาพของน้ำป้อนส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของหม้อน้ำและความปลอดภัยในการใช้งานหม้อน้ำ ระบบน้ำป้อนประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

(ก) ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water treatment system) หรือบางครั้งเรียกว่าระบบกรองน้ำ มีหน้าที่ขจัดความกระด้างของน้ำที่มาจากเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total dissolved solids, TDS) ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดตะกรันเกาะผิวถ่ายเทความร้อนภายในหม้อน้ำ

(ข) ถังน้ำป้อน

ถังน้ำป้อน (Feed water tank) ใช้บรรจุน้ำป้อนที่จะนำไปใช้ในหม้อน้ำ โดยทั่วไปแล้วจะมีระบบนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงในการต้มน้ำให้ได้มากที่สุด

(ค) ระบบปั๊มน้ำป้อน

ระบบปั๊มน้ำป้อน (Feed water system) ประกอบด้วยตัวปั๊ม ท่อป้อน มิเตอร์วัดปริมาณน้ำป้อน และวาล์วกันกลับป้องกันน้ำในหม้อน้ำไหลย้อนกลับได้

(ง) ระบบปั๊มสารเคมีเข้าหม้อน้ำ

ระบบปั๊มสารเคมีเข้าหม้อน้ำ (Chemical feed system) ประกอบด้วยถังน้ำยาเคมี เครื่องกวน และปั๊มน้ำยาเคมีที่มีคุณสมบัติพิเศษคือทนการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี ระบบปั๊มสารเคมีเข้าหม้อน้ำทำหน้าที่ป้อนสารเคมีเข้าผสมกับน้ำป้อนหรือน้ำที่อยู่ในหม้อน้ำ เพื่อปรับสภาพทางเคมีให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ถือเป็นระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบภายในหม้อน้ำ (Boiler internal water treatment)

2) อุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิง

ระบบเชื้อเพลิง (Fuel system) เป็นระบบที่มีหน้าที่ป้อนเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับการเผาไหม้เข้าสู่หัวเผาหรือห้องเผาไหม้ อุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิงจะแตกต่างกันไปตามประเภทของเชื้อเพลิง โดยทั่วไปจะแบ่งประเภทเชื้อเพลิงออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ อุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิงจึงแยกตามประเภทเชื้อเพลิงมีดังต่อไปนี้

<u>อุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิงแข็ง</u> ประกอบด้วย

(ก) โรงเก็บเชื้อเพลิงแข็ง

โรงเก็บเชื้อเพลิงแข็ง (Storage) ใช้เป็นสถานที่ในการกองเก็บเชื้อเพลิงแข็ง เพื่อรอการนำไปบดโม่เพื่อให้มีขนาดที่เล็กลงต่อไป โรงเก็บเชื้อเพลิงต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะสำรองเชื้อเพลิงให้เพียงพอกับความต้องการล่วงหน้าในระยะเวลาหนึ่ง โดยพิจารณาถึงการขาดแคลนเชื้อเพลิงชั่วขณะที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น การขนส่งเชื้อเพลิงหยุดลงชั่วคราว หรือมาส่งไม่ตรงเวลา เป็นต้น

(ข) เครื่องบดโม่เชื้อเพลิงแข็ง

เครื่องบดโม่ (Pulverizer) ทำหน้าที่บดโม่เชื้อเพลิงแข็งที่มีขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอ ให้มีขนาดเล็กลงเป็นอย่างมาก โดยที่เชื้อเพลิงที่ผ่านการบดโม่จะมีขนาดสม่ำเสมอกันมากยิ่งขึ้น ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นถ่านหิน ถ่านหินที่ผ่านการบดแล้วอาจมีขนาดเล็กลงจนกระทั่งมีขนาดเท่ากับผงแป้งผัดหน้า ซึ่งสามารถนำถ่านหินแบบนี้ไปใช้กับหัวเผาถ่านหิน (Coal burner) ได้

(ค) ตะกรับหรือสายพานลำเลียง

ตะกรับหรือสายพานลำเลียง (Grate or conveyer) ทำหน้าที่ป้อนเชื้อเพลิงที่ผ่านการบดโม่แล้วเข้าสู่ห้องเผาไหม้ หรือหัวเผาถ่านหิน เพื่อใช้ในการเผาไหม้ต่อไป

<u>อุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิงเหลว</u> ประกอบด้วย

(ก) ถังเก็บน้ำมัน

ถังเก็บน้ำมัน (Fuel oil storage tank) มีทั้งแบบตั้งบนดิน และติดตั้งอยู่สูงจากพื้นดิน หากใช้เชื้อเพลิงที่มีความหนืดสูง ต้องมีการติดตั้งฮีทเตอร์สำหรับอุ่นเชื้อเพลิงให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อลดความหนืดลง สิ่งสำคัญคือต้องทำการระบายน้ำที่เกิดจากความชื้นในอากาศกลั่นตัวแล้วเกิดการสะสมที่ก้นถังทุกเดือน ขนาดของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงแบบนอน โดยทั่วไปมีขนาด 20,000 ลิตร แบบตั้ง โดยทั่วไปมีขนาดมากกว่า 100,000 ลิตร

(ข) ปั๊มส่งน้ำมัน

ปั๊มส่งน้ำมัน (Transfer pump) มีหน้าที่ดูดน้ำมันจากถังเก็บน้ำมันแล้วส่งไปยังถังพักน้ำมัน ที่ตัวปั๊มจะมีตะแกรงกรองติดตั้งอยู่ฝั่งด้านดูดของปั๊มจำนวน 2 ตัว ติดตั้งคู่กันเพื่อสลับกันทำงาน ตะแกรงกรองจะมีขนาดค่อนข้างโตประมาณ 20-40 เมช (คือจำนวนรูต่อ ความยาว 1 นิ้ว)

(ค) ถังพักน้ำมัน

ถังพักน้ำมัน (Service or day tank) ทำหน้าที่กักเก็บและสำรองน้ำมันให้เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเผาที่ไม่คงที่ อาจมีหรือไม่มีการติดตั้งฮีทเตอร์หรือระบบอุ่นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง และต้องทำการระบายน้ำก้นถังทุกเดือนเช่นเดียวกับถังเก็บน้ำมัน

(ง) ระบบท่อส่งน้ำมัน

ระบบท่อส่งน้ำมัน (Fuel line) ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงไปป้อนหัวเผาเพื่อใช้ในการเผาไหม้ การกำหนดขนาดของท่อน้ำมัน นอกจากกำหนดจากความเร็วของน้ำมันที่ไหลในท่อแล้ว จะต้องพิจาณาถึงความดันน้ำมันที่จะลดลงที่ปลายท่อ เนื่องจากความหนืดของน้ำมัน ที่จะทำให้ความดันน้ำมันลดลงอย่างมากเมื่อความหนืดของน้ำมันเพิ่มขึ้น การกำหนดขนาดของท่อน้ำมันควรใช้ความหนืดของน้ำมันในท่อ ที่ความหนืดของน้ำมันที่อุณหภูมิจุดไหลเทของน้ำมัน ถึงแม้ว่าจะมีการอุ่นน้ำมันในท่อให้มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดไหลเท (Pour point) ของน้ำมันก็ตาม

(จ) ระบบอุ่นน้ำมัน

ระบบอุ่นน้ำมัน (Oil heating system) มีหน้าที่ให้ความร้อนแก่เชื้อเพลิงเหลวที่มีค่าความหนืดที่อุณหภูมิห้องสูงมาก เช่น น้ำมันเตา เพื่อลดความหนืดให้เหมาะสมกับชนิดหัวเผาที่ใช้ในหม้อน้ำ ระบบอุ่นน้ำมันแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

- ระบบอุ่นน้ำมันด้วยฮีทเตอร์ไฟฟ้า ใช้ขดลวดไฟฟ้าเป็นตัวให้ความร้อนแก่น้ำมันภายในภาชนะปิด โดยขดลวดที่หุ้มภายนอกกันน้ำเป็นอย่างดีจะจุ่มอยู่ในน้ำมันหรือสัมผัสกันโดยตรง (Direct contact)
- ระบบอุ่นน้ำมันด้วยไอน้ำ เป็นการแบ่งไอน้ำจากระบบไอน้ำหลักเพื่อนำมาให้ความร้อนแก่น้ำมัน โดยไอน้ำจะไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่อีกฝั่งเป็นน้ำมัน ขณะเดียวกันความร้อนจากไอน้ำจะถ่ายเทด้วยการนำความร้อนผ่านผนังท่อของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้นไอน้ำและน้ำมันจึงไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง (Indirect contact)

<u>อุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิงก๊าซ</u> ประกอบด้วย

(ก) ถังเก็บก๊าซเชื้อเพลิง

ถังเก็บก๊าซเชื้อเพลิง (Gas storage tank) ทำหน้าที่กักเก็บก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ ตัวถังเก็บก๊าซควรแยกติดตั้งไว้ในบริเวณที่โล่งแจ้ง ห่างไกลจากตัวหม้อน้ำหรือบริเวณที่มีกิจกรรมหนาแน่น และทำการล้อมรั้วแสดงอาณาเขตอันตรายอย่างชัดเจน

(ข) ระบบลดและควบคุมความดัน

ระบบลดและควบคุมความดัน (Pressure reduction and regulation system) ทำหน้าที่ลดความดันของก๊าซที่บรรจุในถังเก็บก๊าซ และควบคุมให้ความดันมีค่าคงที่ ก่อนจ่ายเข้าสู่ระบบท่อส่งก๊าซต่อไป อุปกรณ์ในระบบนี้ประกอบด้วย วาล์วขาเข้า เครื่องกรอง วาล์วปิดฉุกเฉิน เครื่องปรับความดัน วาล์วระบาย มิเตอร์วัดอัตราการไหล วาล์วขาออก นอกจากนี้อาจมีการติดตั้งระบบควบคุมและระบบวัดค่าแบบควบคุมทางไกล ตัวกำจัดเสียง ระบบเพิ่มกลิ่นให้ก๊าซ ระบบทำความร้อน หรือระบบเพื่อเสริมความปลอดภัย เป็นต้น

(ค) ระบบท่อส่งก๊าซ

ระบบท่อส่งก๊าซ (Gas line) ทำหน้าที่ลำเลียงก๊าซเชื้อเพลิงไปป้อนหัวเผาเพื่อใช้ในการเผาไหม้ การเดินท่อส่งก๊าซมีลักษณะคล้ายท่อส่งน้ำมัน แต่แตกต่างกันตรงที่ระบบท่อส่งก๊าซจะไม่มีท่อสำหรับให้เชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการเผาไหม้ไหลย้อนกลับมายังถังเก็บดังเช่นในกรณีของระบบท่อส่งน้ำมัน การกำหนดขนาดของท่อก๊าซ กำหนดจากความเร็วของก๊าซที่ไหลในท่อที่มีความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที เพื่อป้องกันการกัดกร่อนท่อก๊าซให้บางลง จากความเร็วของก๊าซที่สูงเกินไป มักจะไม่ต้องพิจารณาถึงความดันก๊าซที่จะลดลงที่

ปลายท่อ เนื่องจากความดันก๊าซที่ลดลง มักจะไม่มีผลต่อการใช้งาน เพราะความดันใช้งานของก๊าซที่หัวพ่นไฟจะต่ำกว่าความดันต้นทางมาก

(ง) เครื่องตรวจจับการรั่วไหลของเชื้อเพลิงก๊าซ

เนื่องจากเชื้อเพลิงก๊าซไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเหมือนกรณีของเชื้อเพลิงแข็งและเชื้อเพลิงเหลว ดังนั้นหากเกิดการรั่วไหล ผู้ปฏิบัติงานจะไม่สามารถทราบได้ ทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงตามมาได้ หม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซจึงต้องติดตั้งเครื่องตรวจจับการรั่วไหลของเชื้อเพลิงก๊าซ (Gas leak detector) เพื่อทำหน้าที่ตรวจจับการรั่วไหลของเชื้อเพลิงก๊าซ ซึ่งหากเกิดการรั่วไหล เครื่องตรวจจับการรั่วไหลของเชื้อเพลิงก๊าซจะส่งสัญญาณเตือนพร้อมกับตัดการจ่ายเชื้อเพลิงโดยทันที

3) อุปกรณ์ในระบบเผาไหม้

ระบบเผาไหม้ คือระบบที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ผสมอากาศเข้ากับเชื้อเพลิงด้วยอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการสันดาปหรือการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น สิ่งที่ได้รับจากการสันดาปคือพลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถ่ายเทให้น้ำที่อยู่ในหม้อน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นไอน้ำที่มีความดันสูงเพื่อนำไปใช้งานต่อไป อุปกรณ์ในระบบเผาไหม้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

<u>อุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง</u> ประกอบด้วย

(ก) ห้องเผาไหม้

ห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) คือห้องปิดที่มีบริเวณให้เชื้อเพลิงได้ผสมกับอากาศแล้วเกิดการลุกไหม้ขึ้น โดยมีช่องสำหรับป้อนเชื้อเพลิง และช่องทางเข้าของอากาศ ผนังของห้องเผาไหม้ต้องหุ้มฉนวนเป็นอย่างดีเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกทางผนังเตา ผนังเตาเช่นนี้เรียกว่า ผนังแห้ง ในบางระบบมีการออกแบบให้น้ำป้อนไหลผ่านท่อซึ่งติดตั้งอยู่ในผนังเตาเพื่อให้น้ำป้อนได้รับความร้อนที่จะสูญเสียผ่านผนังเตาบางส่วนก่อนป้อนเข้าสู่หม้อน้ำ ผนังเตาชนิดนี้เรียกว่า ผนังเปียก ห้องเผาไหม้ใช้ในกรณีที่เชื้อเพลิงแข็งมีขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้ ขี้เลื่อย และชานอ้อย เป็นต้น

(ข) หัวเผาเชื้อเพลิงแข็ง

ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งที่สามารถบดโม่เชื้อเพลิงที่ใช้ให้มีขนาดเล็กมากๆ ได้ เช่น ถ่านหิน สามารถใช้หัวเผาเชื้อเพลิงแข็งแทนการใช้ห้องเผาไหม้ได้

<u>อุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว</u> ประกอบด้วย

(ก) หัวเผาเชื้อเพลิงเหลว

หัวเผาเชื้อเพลิงเหลวมีหน้าที่ฉีดหรือพ่นน้ำมันให้เป็นฝอยละเอียด (Atomizing) เพื่อให้อากาศและฝอยน้ำมันผสมกัน (Mixing) อย่างรวดเร็ว และทั่วถึง เพื่อให้ได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยไม่เกิดควันที่ปากปล่อง ตลอดทั้งช่วงการเผาไหม้แบบไฟน้อย (Low fire) จนถึงแบบไฟมาก (High fire) หัวเผาสามารถแบ่งเชื้อเพลิงเหลวได้ 3 แบบ คือ

- หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน (Pressure atomized burner)

- หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำหรืออากาศ (Steam or air atomized burner)
- หัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน (Rotary cup burner)

รายละเอียดของหัวเผาทั้ง 3 ชนิดนี้แสดงไว้โดยละเอียดในบทที่ 4

(ข) ระบบจุดสตาร์ท

ระบบจุดสตาร์ทเป็นระบบที่ช่วยจุดเชื้อเพลิงให้ลุกไหม้ได้ง่ายขึ้น ใช้ในขณะเริ่มจุดหัวเผาครั้งแรก ประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญคือหม้อแปลงไฟแรงสูง (Ignition transformer) แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ

- ระบบจุดสตาร์ทด้วยประกายไฟแรงสูง แบบนี้เขี้ยวจุดประกายไฟติดตั้งอยู่ที่ปลายหัวฉีดพ่นฝอยน้ำมัน เริ่มจุดหัวเผาโดยการจุดให้น้ำมันติดเป็นเปลวไฟโดยตรง
- ระบบจุดสตาร์ทด้วยการจุดไฟนำ (Pilot flame) จากก๊าซ LPG แบบนี้เขี้ยวจุดประกายไฟติดตั้งอยู่ในกระบอก เพื่อจุดก๊าซหุงต้มหรือ LPG ให้ติดเป็นเปลวไฟนำ ก่อนที่จะพ่นฝอยน้ำมันตามออกมา

<u>อุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ</u> ประกอบด้วย

(ก) หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซ

หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซมีหน้าที่เช่นเดียวกับหัวเผาเชื้อเพลิงเหลว เพียงแต่ไม่ต้องมีระบบพ่นฝอยเชื้อเพลิงและระบบจุดสตาร์ท สามารถแบ่งหัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

- หัวเผาแบบผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนป้อนเข้าเผาไหม้ (Pre-mix burner)
- หัวเผาแบบผสมกันภายในหัวเผา (Nozzle-mix burner)

4) อุปกรณ์ในระบบอากาศ

ความร้อนที่เกิดขึ้นในหม้อน้ำเกิดจากการสันดาประหว่างเชื้อเพลิงและอากาศ ดังนั้นอุปกรณ์ในระบบอากาศทั้งการป้อนอากาศเข้าและระบายไอเสียออกจากระบบเผาไหม้ จึงเป็นส่วนสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าอุปกรณ์ในระบบเผาไหม้ อุปกรณ์ในระบบอากาศที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

(ก) พัดลม

พัดลม (Fan) มีหน้าที่ป้อนอากาศเข้าสู่ระบบเผาไหม้เพื่อให้เกิดการสันดาปกับเชื้อเพลิงด้วยอัตราอากาศส่วนเกินที่เหมาะสม ปริมาณอากาศที่เหมาะสมถูกควบคุมโดยแดมเปอร์ลม (Air damper) ที่สามารถปรับขนาดช่องทางการไหลของอากาศได้ตามต้องการ หากพัดลมที่ใช้เป็นพัดลมแบบดูดอากาศ (Induced draft fan) ตัวพัดลมจะติดตั้งอยู่ฝั่งขาออกหรือฝั่งไอเสีย ส่วนพัดลมแบบเป่า (Forced draft fan) ตัวพัดลมจะติดตั้งอยู่ฝั่งขาเข้าหรือฝั่งอากาศ

(ข) มอเตอร์ควบคุมการเผาไหม้

มอเตอร์ควบคุมการเผาไหม้มีชื่อเรียกกันต่างๆ ได้แก่ Servomotor หรือ Damper motor หรืออาจเรียกตามชื่อรุ่นที่ตั้งขึ้นตามผู้ผลิต มีหน้าที่ปรับขนาดช่องทางการไหลของอากาศภายในแดมเปอร์ลมโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ปริมาณอากาศเหมาะสมกับการเผาไหม้ในอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงและอากาศที่เหมาะสม มอเตอร์ควบคุมการเผาไหม้จะได้รับสัญญาณควบคุม (Control signal) มาจากระบบควบคุมการเผาไหม้ ซึ่งมีหน่วยประมวลผล (Processer) ซึ่งทำการคำนวณและสั่งการโดยอาศัยข้อมูลที่ได้รับค่าจากเครื่องตรวจวัด

(Sensor) ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ทั่วทั้งระบบอากาศ เช่น เครื่องวัดปริมาณอากาศ เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน และเครื่องวัดอุณหภูมิไอเสีย เป็นต้น

(ค) ปล่องไอเสีย

ปล่องไอเสีย (Stack or chimney) ทำหน้าที่ระบายไอเสีย (Flue gas) ที่เกิดจากการสันดาปออกจากห้องเผาไหม้หรือท่อไฟ ปล่องควรมีขนาดความโตและความสูงเหมาะสมพอที่จะทำให้เกิดแรงดูด (Draft pressure) ไอเสียออก และในขณะเดียวกันต้องไม่ทำให้เกิดความดันต้านกลับ (Back pressure) ในห้องเผาไหม้มากเกินไป หรือที่เรียกว่าเกิดการอั้นของไอเสีย

5) อุปกรณ์ในระบบวัดและควบคุมความดันไอน้ำ

ไอน้ำที่เกิดขึ้นในหม้อน้ำจะมีความดันที่สูงเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ หากได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องไม่จำกัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งระบบวัดและควบคุมความดันไอน้ำ เพื่อตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ความดันไอน้ำสูงเกินกว่าความดันอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด (Maximum allowable working pressure) ระบบวัดและควบคุมความดันไอน้ำประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

(ก) มาตรวัดความดันไอน้ำ

มาตรวัดความดันไอน้ำ (Pressure gauge) ทำหน้าที่วัดและแสดงค่าความดันของไอน้ำตรงตำแหน่งที่ติดตั้งมาตรวัด หน้าปัดของมาตรวัดความดันไอน้ำต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 100 มม. มีสเกลซึ่งสามารถวัดได้ 1.5 ถึง 2 เท่า ของความดันอนุญาตให้ใช้งานสูงสุด และต้องมีเครื่องหมายแสดงระดับความดันใช้งาน (Operating pressure) และความดันอันตรายไว้ให้เห็นได้ชัดเจน มาตรวัดความดันไอน้ำสำหรับวัดความดันในหม้อน้ำมักจะติดตั้งใกล้ตัวหม้อน้ำมากที่สุดเพื่อให้ค่าที่อ่านได้ตรงตามความเป็นจริง

(ข) สวิทช์ควบคุมความดัน

สวิทช์ควบคุมความดัน (Pressure switch) เป็นสวิทช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมการทำงานของระบบป้อนเชื้อเพลิงหรือหัวเผา เพื่อรักษาความดันไอน้ำใช้งานให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ทำงานโดยอาศัยหลักการขยายตัวของปรอทที่บรรจุในหลอดแก้ว โดยเมื่อความดันไอน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง เบลโลว์ (Bellow) หรือแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ที่ติดตั้งเข้ากับบริเวณที่ต้องการวัดและควบคุมความดันไอน้ำจะเกิดการขยายหรือหดตัว ทั้งเบลโลว์และไดอะแฟรมต่างมีกลไกเชื่อมโยงไปยังสวิทช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่วงจรควบคุมทำงานของหัวเผาต่อไป

(ค) สวิทช์ควบคุมความดันไอน้ำแบบต่อเนื่อง

สวิทช์ควบคุมความดันไอน้ำแบบต่อเนื่อง (Modulating pressure control switch) ทำหน้าที่ควบคุมวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมการเร่งหรี่ของระบบป้อนเชื้อเพลิงหรือหัวเผาอย่างต่อเนื่อง สวิทช์ควบคุมความดันไอน้ำแบบต่อเนื่องจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงความดันเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยอาศัย Potentiometer แล้วส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปยังวงจรควบคุมการทำงานของระบบป้อนเชื้อเพลิงหรือหัวเผาต่อไป

(ง) สวิทช์จำกัดความดันไอน้ำสูงสุด

สวิทช์จำกัดความดันไอน้ำสูงสุด (High limit pressure switch) เป็นสวิทช์ปรอทเช่นเดียวกับสวิทช์ควบคุมความดันไอน้ำ แต่ทำหน้าที่เพื่อความปลอดภัยเป็นหลัก ในกรณีที่ความดันไอน้ำเกินกว่าความดันไอน้ำใช้งานที่ตั้งไว้ สวิทช์นี้จะตัดวงจรไฟฟ้าของระบบป้อนเชื้อเพลิงหรือหัวเผาให้หยุดการทำงานทันที อาจมีสัญญาณเตือน (Alarm) ดังขึ้น และสวิทช์จะล็อกตัวเองทันที หากทำการแก้ไขข้อบกพร่องของระบบ

ที่ทำให้ความดันมีค่าสูงเกินกว่าความดันไอน้ำใช้งานที่ตั้งไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และต้องการจะเดินระบบป้อนเชื้อเพลิงหรือหัวเผาใหม่ จะต้องกดปุ่มปลดล็อก (Reset) เสียก่อน ระบบทั้งหมดจึงจะสามารถเริ่มต้นการทำงานได้ตามปกติ

2.1.4 ระบบจ่ายและหมุนเวียนไอน้ำ

ในการใช้งานไอน้ำ ไอน้ำจะถูกลำเลียงผ่านระบบจ่ายไอน้ำไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำที่ติดตั้งอยู่ทั่วทั้งบริเวณของสถานประกอบการ เมื่อไอน้ำถ่ายเทความร้อนให้แก่อุปกรณ์ใช้ไอน้ำดังกล่าวแล้ว จะมีความดันและอุณหภูมิที่ลดลง เกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลวกลั่นตัวหรือคอนเดนเสท (Condensate) คอนเดนเสทเปรียบเสมือนกับน้ำกลั่นที่มีความบริสุทธิ์สูงมากและยังคงมีความร้อนหลงเหลืออยู่ หากสามารถนำกลับไปใช้ร่วมกับน้ำป้อนที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยผ่านทางระบบหมุนเวียนไอน้ำ จะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตไอน้ำได้หลายทาง เช่น ลดปริมาณน้ำป้อน ยืดอายุสารกรองในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อน ช่วยเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนก่อนเข้าสู่หม้อน้ำ เป็นต้น

1) อุปกรณ์ในระบบท่อไอน้ำ

ไอน้ำความดันสูงพร้อมใช้งานที่ผลิตจากหม้อน้ำจะถูกลำเลียงผ่านระบบท่อไอน้ำไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำที่ติดตั้งอยู่ทั่วทั้งบริเวณของสถานประกอบการ นอกจากนี้หากมีการติดตั้งหม้อน้ำมากกว่าหนึ่งเครื่องและทุกเครื่องทำงานพร้อมกันแบบเสริมกันแล้ว การรวมไอน้ำไปใช้งานต้องอาศัยอุปกรณ์เฉพาะและได้รับการติดตั้งอย่างเหมาะสม อุปกรณ์ในระบบท่อไอน้ำมีดังนี้

(ก) ท่อรวมไอน้ำ

ท่อรวมไอน้ำ (Steam header) ทำหน้าที่เป็นที่พักรวมไอน้ำจากหม้อน้ำเครื่องต่างๆ และแจกจ่ายไอน้ำไปใช้งานตามอุปกรณ์ต่างๆ โดยทั่วไปมักจะติดตั้งเหนือพื้นห้อง ใกล้ๆ ตัวหม้อน้ำ เพื่อสะดวกแก่การเปิดปิดวาล์วไอน้ำ มีการติดตั้งเกจวัดความดันไอน้ำอยู่ด้านบน และด้านล่างมีท่อระบายน้ำคอนเดนเสทพร้อมกับดักไอน้ำ นอกจากนี้ต้องทำการติดตั้งลิ้นกันกลับ (Check valve, non-return valve) ที่ท่อจ่ายไอน้ำของหม้อน้ำทุกเครื่อง เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของไอน้ำจากท่อรวมไอน้ำไปยังหม้อน้ำเครื่องที่มีความดันไอน้ำน้อยกว่าความดันไอน้ำในท่อรวมไอน้ำ

(ข) ท่อไอน้ำ

ท่อไอน้ำ (Steam line) ประกอบไปด้วยท่อประธานหรือท่อเมน (Main steam line) และท่อแยก (Branch steam line) ทำหน้าที่ลำเลียงไอน้ำไปยังอุปกรณ์ใช้ไอน้ำที่ติดตั้งอยู่ในแผนกต่างๆ ท่อไอน้ำมักจะถูกออกแบบให้มีขนาดโตพอที่จะจ่ายไอน้ำได้เพียงพอต่อการใช้งาน โดยที่ความดันไอน้ำปลายทางไม่ตกลงมาก หากท่อไอน้ำมีความยาวมาก ไอน้ำบางส่วนจะควบแน่นกลายเป็นคอนเดนเสท คอนเดนเสทที่เกิดขึ้นนี้หากไหลไปพร้อมกับไอน้ำจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าค้อนน้ำ (Water hammer) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความเสียหายแก่ท่อและอุปกรณ์ใช้ไอน้ำได้ ดังนั้นท่อไอน้ำทุกระยะ 30-50 เมตร ต้องมีการติดตั้งถังพักคอนเดนเสท (Pocket) ที่มีขนาดใหญ่เพียงพอ และท่อระบายคอนเดนเสทผ่านกับดักไอน้ำ (Steam trap) ออกไป

2) อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ คืออุปกรณ์ที่นำความร้อนที่มาพร้อมกับไอน้ำออกไปใช้งาน ผ่านการถ่ายเทความร้อนทั้งแบบความร้อนแฝง (Latent heat) และความร้อนสัมผัส (Sensible heat) สามารถแบ่งอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำได้ 2 ประเภทตามลักษณะการใช้ไอน้ำ ได้แก่

(ก) อุปกรณ์ใช้ไอน้ำโดยทางอ้อม

อุปกรณ์ใช้ไอน้ำโดยทางอ้อม (Indirectly heated device) นำความร้อนไปใช้ประโยชน์โดยที่ไอน้ำไม่ได้สัมผัสกับสิ่งรับความร้อนโดยตรง อุปกรณ์ใช้ไอน้ำโดยทางอ้อมเสมือนหนึ่งเป็นสื่อกลางความร้อนระหว่างไอน้ำและสิ่งรับความร้อน มักใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม ในโรงพยาบาล และในโรงแรม เป็นต้น ตัวอย่างของอุปกรณ์ใช้ไอน้ำโดยทางอ้อม เช่น ขดท่อที่มีไอน้ำไหลอยู่ภายในคายความร้อนให้กับของเหลวนอกขดท่อ โต๊ะรีดผ้า และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell and tube heat exchanger) เป็นต้น

(ข) อุปกรณ์ใช้ไอน้ำโดยทางตรง

อุปกรณ์ใช้ไอน้ำโดยทางตรง (Direct steam injected device) นำความร้อนไปใช้ประโยชน์โดยที่ไอน้ำสัมผัสกับสิ่งรับความร้อนโดยตรง สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 แบบ คือ

- แบบให้ความร้อนโดยพ่นไอน้ำลงในของเหลว (Direct steam injection into liquid) เป็นวิธีที่ใช้อุปกรณ์ง่ายๆ ราคาถูก ไม่ต้องใช้กับดักไอน้ำ และไม่มีคอนเดนเสทที่จะเก็บกลับ มักใช้ในกระบวนการผลิตที่ต้องการอุณหภูมิไม่เกิน 100 °C ซึ่งการใช้ไอน้ำอิ่มตัวความดันต่ำ ประมาณ 0.5 บาร์เกจ
- แบบให้ความร้อนโดยพ่นไอน้ำเข้าไปในภาชนะที่มีฝาปิดแน่น (Direct steam injection into product chamber) เป็นวิธีที่ใช้ไอน้ำพ่นเข้าไปยังผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิดสนิท เพื่ออบย่าง นึ่ง (Cure) ฆ่าเชื้อ (Sterilized) หรือต้มให้สุก (Cook) เช่น ตู้อบนึ่งผลิตภัณฑ์ยาง (Autoclave) หม้ออบฆ่าเชื้อโรค (Sterilizer) หรือหม้อต้มอาหารสำหรับบรรจุกระป๋อง (Retort) เป็นต้น สิ่งสำคัญของเครื่องใช้ไอน้ำแบบนี้คือ ต้องมีภาชนะปิด และต้องมีระบบไล่อากาศเป็นอย่างดี

3) อุปกรณ์ในระบบระบายน้ำออกจากหม้อน้ำ หรือระบบโบลว์ดาวน์

โดยทั่วไป น้ำภายในหม้อน้ำจะมีของแข็งแขวนลอยและแร่ธาตุต่างๆ เจือปนอยู่ เมื่อน้ำถูกผลิตเป็นไอน้ำแล้ว ความเข้มข้นของสารเจือปนเหล่านี้จะสูงขึ้นและเกิดการตกตะกอนหรือตกผลึก ซึ่งมีผลอย่างยิ่งต่อการลดลงของประสิทธิภาพของหม้อน้ำ รวมถึงความเสียหายของอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อป้องกันปัญหาเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องมีการระบายน้ำในหม้อน้ำทิ้งผ่านระบบโบลว์ดาวน์ อุปกรณ์ในระบบระบายน้ำออกจากหม้อน้ำประกอบด้วย

(ก) วาล์วระบายน้ำจากด้านล่างหม้อน้ำ

วาล์วระบายน้ำจากด้านล่างหม้อน้ำ (Bottom blow down valve) ทำหน้าที่ระบายโคลนตะกอนที่สะสมที่ก้นหม้อน้ำออกไป เพื่อรักษาคุณภาพน้ำในหม้อน้ำไว้ตามเกณฑ์

(ข) วาล์วระบายน้ำจากด้านบนหม้อน้ำ

วาล์วระบายน้ำจากด้านบนหม้อน้ำ (Surface blow down valve) ทำหน้าที่ระบายเพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ

4) อุปกรณ์ในระบบจัดการคอนเดนเสท

หลังจากที่ไอน้ำคายความร้อนและกลั่นตัวกลายเป็นคอนเดนเสท จำเป็นต้องมีการระบายคอนเดนเสทออกจากอุปกรณ์ใช้ไอน้ำอย่างรวดเร็วและถูกวิธี นอกจากนี้การที่คอนเดนเสทที่เกิดขึ้นนั้นยังมีความร้อนหลงเหลืออยู่ ทำให้คอนเดนเสทมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องอยู่ค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงควรมีระบบนำคอนเดนเสทกลับไปใช้ใหม่โดยการนำไปผสมกับน้ำป้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนก่อนเข้าสู่หม้อน้ำ ถือเป็นการลดการใช้พลังงานได้อีกทางหนึ่ง ระบบจัดการคอนเดนเสทประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้

(ก) กับดักไอน้ำ

เมื่อไอน้ำให้ความร้อนแก่กระบวนการผลิตต่างๆ ไอน้ำจะคายพลังงานความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัสออกมา ขณะเดียวกันจะกลั่นตัวเป็นของเหลวควบแน่นหรือคอนเดนเสท ซึ่งจำเป็นต้องระบายออกให้ทัน เนื่องจากน้ำคอนเดนเสทที่ค้างอยู่ในอุปกรณ์ใช้ไอน้ำจะทำให้เครื่องหรืออุปกรณ์ไม่ร้อน และเกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ได้ วิธีการระบายน้ำคอนเดนเสทที่ดีและมีประสิทธิภาพ คือการใช้วาล์วอัตโนมัติที่เรียกกันว่า กับดักไอน้ำ (Steam trap) กับดักไอน้ำสามารถปรับปริมาณการระบายคอนเดนเสทได้ตามปริมาณคอนเดนเสทที่เกิดขึ้นจริง เช่นเมื่อคอนเดนเสทเกิดมาก วาล์วก็จะเปิดมาก หากเมื่อคอนเดนเสทเกิดน้อย วาล์วก็จะหรี่เองโดยอัตโนมัติ และถ้าอุปกรณ์ใช้ไอน้ำมีแต่ไอน้ำโดยที่ไม่มีคอนเดนเสทเกิดขึ้น วาล์วก็จะปิดสนิทเพื่อไม่ให้ไอน้ำไหลออก ดังนั้นการเลือกใช้กับดักไอน้ำ ขนาด ชนิด การติดตั้งและการดูแลตรวจสอบบำรุงรักษา จึงเป็นสิ่งสำคัญของเครื่องใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต

กับดักไอน้ำนอกจากทำหน้าที่แยกน้ำที่เกิดขึ้นในระบบไอน้ำหรือเกิดจากการควบแน่นของไอน้ำออกไปจากระบบแล้ว ยังทำหน้าที่ป้องกันการอั้นตัวของน้ำ (Water locked) อันอาจนำไปสู่การเกิดแรงกระแทกอย่างรุนแรง หรือที่เรียกว่า ปรากฏการณ์ค้อนน้ำ (Water hammer) ซึ่งมีผลทำให้ท่อ ข้อต่อ และอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำต่างๆ ในกระบวนการผลิตเกิดความเสียหาย กับดักไอน้ำยังมีหน้าที่ในการระบายก๊าซและอากาศออกจากระบบโดยไม่เกิดการสูญเสียไอน้ำ ก๊าซและอากาศเหล่านั้นสามารถแทนที่ไอน้ำ ซึ่งทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง และยังกั้นไม่ให้ไอน้ำไปถึงพื้นผิวถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตด้วย และในกรณีที่เลวร้ายที่สุดก็คือ ท่อหรือชิ้นส่วนของอุปกรณ์เกิดอากาศอัด (Air locked) ทำให้อากาศเคลื่อนที่ไม่ได้ ซึ่งแม้แต่ไอน้ำควบแน่นก็ไม่สามารถไหลออกไปได้

สามารถแบ่งกับดักไอน้ำตามหลักการทำงาน หรือตามโครงสร้างทางกลไกของอุปกรณ์ภายในออกเป็น 4 กลุ่ม ได้ดังนี้

- กับดักไอน้ำทำงานโดยความร้อน

กับดักไอน้ำทำงานโดยความร้อน (Thermostatic trap) ทำงานโดยใช้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของไอน้ำและคอนเดนเสทเป็นตัวทำให้วาล์วเปิดและปิด คอนเดนเสทจะต้องเย็นลงต่ำกว่าอุณหภูมิไอน้ำก่อนที่จะถูกปล่อยออกจากกับดักไอน้ำ

- กับดักไอน้ำทำงานโดยกลไก

กับดักไอน้ำทำงานโดยกลไก (Mechanical trap) ทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างไอน้ำและคอนเดนเสทเป็นตัวทำให้กลไกที่ต่อกับลูกลอย (Float) หรือถ้วย (Bucket) สามารถเปิดหรือปิดวาล์วได้

- กับดักไอน้ำทำงานโดยการเคลื่อนไหวเนื่องจากความร้อน

กับดักไอน้ำทำงานโดยการเคลื่อนไหวเนื่องจากความร้อน (Thermodynamic trap) ทำงานโดยอาศัยความแตกต่างในความเร็วระหว่างไอน้ำและคอนเดนเสทที่ไหลผ่านตัววาล์วที่มีลักษณะเป็นจานกลม ซึ่งจะปิดเมื่อมีไอน้ำไหลเข้ามาด้วยความเร็วสูง และจะเปิดเมื่อมีคอนเดนเสทไหลเข้ามาด้วยความเร็วที่ต่ำกว่า บางครั้งเรียกกับดักไอน้ำในกลุ่มนี้ว่า กับดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิก

- กับดักไอน้ำชนิดอื่นๆ

กับดักไอน้ำชนิดอื่นๆ (Miscellaneous trap) ประกอบด้วยกับดักไอน้ำที่ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มใดๆ ข้างต้นได้ เช่น แบบ Impulse แบบ Labyrinth และแบบแผ่น Orifice เป็นต้น

(ข) ท่อลำเลียงคอนเดนเสทกลับไปใช้ใหม่

การเก็บคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ (Condensate recovery or condensate return) หมายถึงการนำคอนเดนเสทกลับไปลงในถังน้ำป้อน (Feed water tank) ผ่านทางท่อลำเลียงคอนเดนเสท โดยผสมกับน้ำป้อนที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อป้อนเข้าสู่หม้อน้ำต่อไป คอนเดนเสทสามารถมีอุณหภูมิเกิน 100 °C ได้ โดยขึ้นอยู่กับความดันไอน้ำเข้าเครื่อง เนื่องจากความดันไอน้ำยิ่งสูง อุณหภูมิคอนเดนเสทก็จะสูงตาม ดังนั้นในการเก็บคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ จึงควรตั้งเป้าหมายว่า อุณหภูมิน้ำในถังน้ำป้อนจะต้องเพิ่มขึ้นใกล้เคียง 100 °C ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

(ค) ถังแฟลช

เมื่อคอนเดนเสทภายใต้ความดันถูกปล่อยออกจากกับดักไอน้ำ ไม่ว่าจะออกสู่บรรยากาศโดยตรง หรือไหลผ่านท่อลำเลียงกลับไปลงถังน้ำป้อนที่เปิดออกสู่บรรยากาศ ส่วนหนึ่งของคอนเดนเสทจะเกิดการแฟลชหรือระเหยอีกครั้ง (Re-evaporation) กลายเป็นไอน้ำที่เรียกว่า ไอน้ำแฟลช (Flash steam) ไอน้ำแฟลชเกิดขึ้นเมื่อความดันของคอนเดนเสทที่มีอุณหภูมิสูงลดลงอย่างรวดเร็ว ยิ่งความดันของคอนเดนเสทที่ออกจากกับดักไอน้ำและความดันที่เกิดไอน้ำแฟลชแตกต่างกันมากเท่าใด ปริมาณไอน้ำแฟลชก็ยิ่งเกิดได้มากขึ้นเท่านั้น ไอน้ำแฟลชนี้เป็นสิ่งสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อการประหยัดพลังงานในสถานประกอบการ เพราะไอน้ำแฟลชมีคุณสมบัติและค่าความร้อนใกล้เคียงกับไอน้ำที่ผลิตจากหม้อน้ำ จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ที่ต้องการความร้อน หรือความดันไอน้ำที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ในระบบไอน้ำหลักได้ การนำไอน้ำแฟลชมาใช้ประโยชน์จะต้องมีถังแฟลช (Flash tank) ทำหน้าที่แยกไอน้ำแฟลชออกจากคอนเดนเสท ถังแฟลช ควรมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้ไอน้ำแฟลชที่พุ่งขึ้นไปตอนบนมีความเร็วต่ำลง เพื่อป้องกันไม่ให้ละอองน้ำติดไปกับไอน้ำแฟลชได้ หรือหากออกแบบถังแฟลชให้สามารถลดความเร็วไอน้ำแฟลชให้ต่ำลงได้ ความสูงของถังแฟลชก็สามารถลดลงได้ โดยทั่วไปถังแฟลชจะมีความสูงประมาณ 1.0-1.2 เมตร

(ง) ถังไล่อากาศ

ถังไล่อากาศ (Deaerator) ทำหน้าที่ไล่ก๊าซ (Degasification) ที่ละลายอยู่ในน้ำป้อนที่จะเข้าสู่หม้อน้ำและคอนเดนเสทที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้ความร้อนของไอน้ำบางส่วนที่แบ่งจากระบบไอน้ำหลัก เหตุที่ต้องมีการกำจัดก๊าซออก เนื่องจากก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำจะเป็นตัวการให้เกิดการกัดกร่อนในด้านน้ำภายในหม้อน้ำ ก๊าซที่สามารถละลายอยู่ในน้ำและทำให้เกิดการกัดกร่อนเป็นอย่างมากคือ ออกซิเจน โดยจะทำให้เกิดการกัดกร่อนในลักษณะเป็นหลุม (Pitting corrosion) ส่วนอีกก๊าซที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนคือ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก (Carbonic acid) ที่สามารถกัดกร่อนเหล็กได้ ถังไล่อากาศต้องเป็นถังที่สามารถรับความดันได้ (Pressure vessel) โดยทั่วไปมีการออกแบบและติดตั้งทั้งแบบถังตั้งหรือแบบถังนอน

2.2 เทคโนโลยีหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

วัตถุประสงค์ของแนวทางการปฏิบัติที่ดีก็เพื่อให้ผู้ใช้รายเดิมและผู้ใช้รายใหม่มีโอกาสในการประหยัดค่าใช้จ่าย สิ่งแรกเมื่อทำการวิเคราะห์หม้อน้ำที่ใช้งานอยู่ หรือตัดสินใจที่จะติดตั้งหม้อน้ำใหม่ ต้องแน่ใจว่าการจ่ายและการใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำมีการสูญเสียน้อยที่สุด และทันทีที่สามารถแก้ไขการเปลี่ยนรูปพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ หม้อน้ำก็จะให้ผลผลิตที่สูงตามไปด้วย เทคโนโลยีของหม้อน้ำและอุปกรณ์หม้อน้ำ ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดการประหยัดได้ ถ้ามีการเลือกใช้ให้เหมาะสม ในส่วนของบทนี้จึงเป็นการรวบรวมเทคโนโลยีของหม้อน้ำและอุปกรณ์ไอน้ำเพื่อให้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้หม้อน้ำทุกระดับ

2.2.1 เทคโนโลยีหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

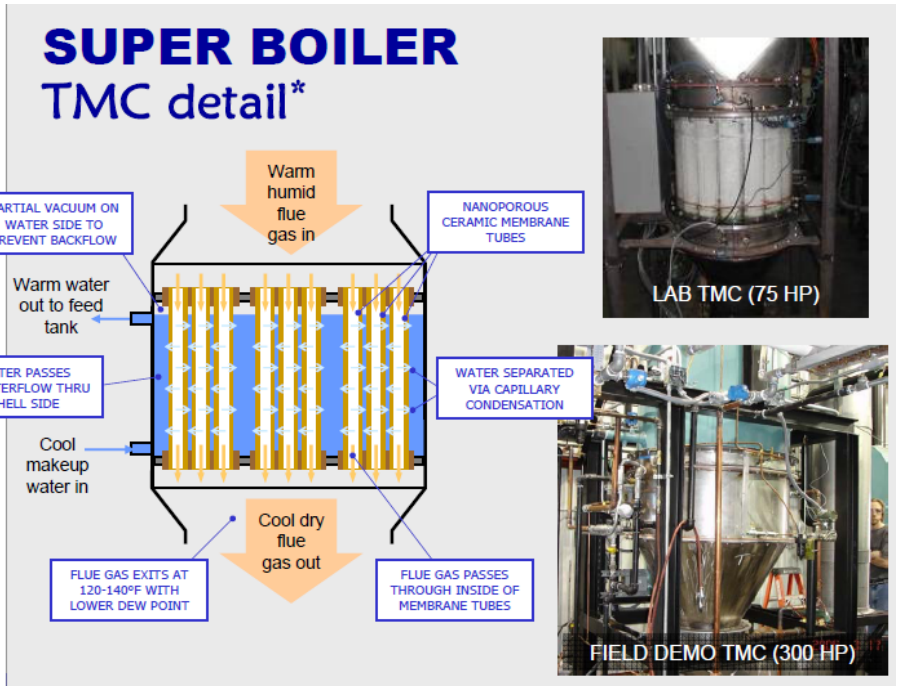
1) 1st Generation Super Boiler Technology

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อไฟ ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าพลังงาน และลดมลภาวะ

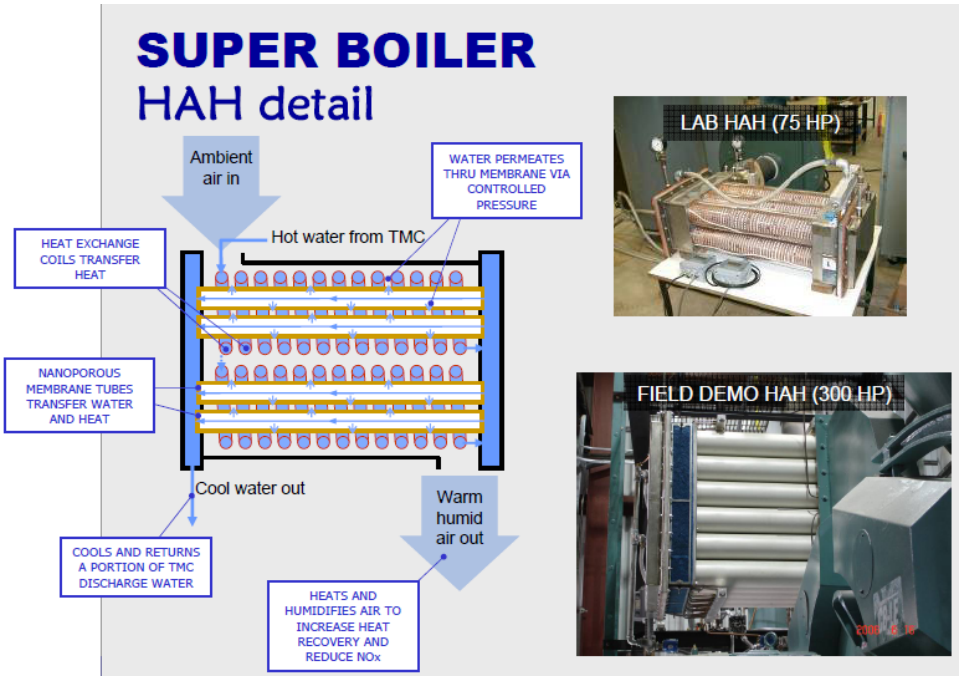
- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

Super Boiler รุ่นแรกนี้จะใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพของหม้อน้ำแบบท่อไฟ โดยมีจุดมุ่งหมาย คือ ให้ได้ประสิทธิภาพออกมาได้มากกว่า 94% HHV และมีการปล่อยมลภาวะน้อยที่สุด โดยการออกแบบ Super Boiler จะใช้หลักการนำเอาพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยการนำเอาความร้อนที่จะทิ้งไปกลับมาใช้ใหม่ การออกแบบ Super Boiler นี้ได้พัฒนาอุปกรณ์นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ คือ Transport Membrane Condenser (TMC) และ Humidifying Air Heater (HAH) ให้กะทัดรัด เพื่อที่จะนำเอาความร้อนแบ่งจากก๊าซร้อนมาใช้งานให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพรวมของหม้อน้ำ การแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดีขึ้นยังถือเป็นการลดอุณหภูมิของไอเสียลงและลดการปล่อยมลพิษออกมา

อุปกรณ์มีหลักการทำงานดังนี้ คือ ก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกส่งผ่านมายัง High-Pressure Economizer ซึ่งภายในอุปกรณ์ตัวนี้จะมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ ซึ่งจะเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศเพื่อนำน้ำไปป้อนให้หม้อน้ำ หลังจากนั้น ก๊าซไอเสียก็จะถูกส่งต่อไปยัง Low-Pressure Economizer ซึ่งภายในอุปกรณ์ตัวนี้ก็จะมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศเพื่อทำการอุ่นน้ำก่อนป้อนไปที่ Deaerator หลังจากนั้น Deaerator จะส่งน้ำไปยัง High-Pressure Economizer ต่อจากนั้น ก๊าซไอเสียก็จะถูกส่งไปยัง TMC ซึ่งภายใน TMC จะมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนประสิทธิภาพสูงเพื่อทำการอุ่นน้ำเพื่อป้อนไปยัง Low-Pressure Economizer และน้ำส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยัง HAH เพื่อทำการอุ่นอากาศและป้อนกลับไปยังห้องเผาไหม้ภายในหม้อน้ำ และน้ำที่ไหลออกจาก HAH ก็จะถูกป้อนกลับไปยัง TMC อีกครั้ง ส่วนก๊าซไอเสียก็จะออกสู่บรรยากาศ



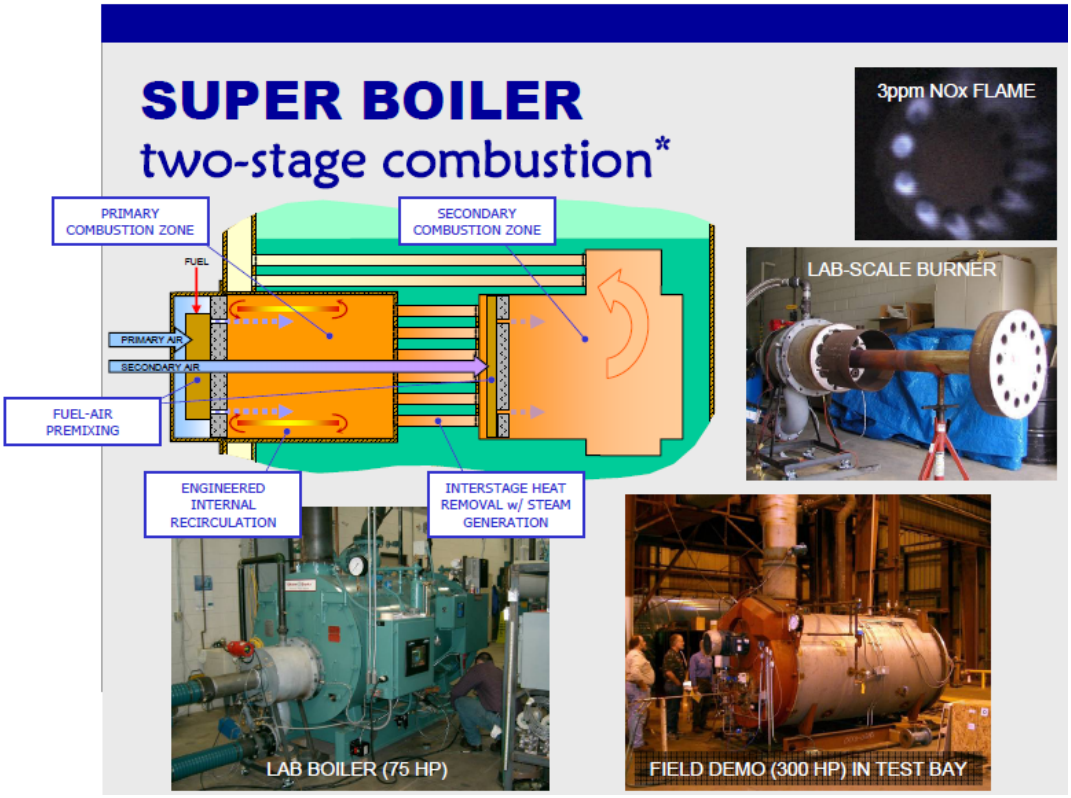
รูปที่ 2-20 การทำงานของอุปกรณ์ Transport Membrane Condenser (TMC)



รูปที่ 2-21 การทำงานของอุปกรณ์ Humidifying Air Heater (HAH)

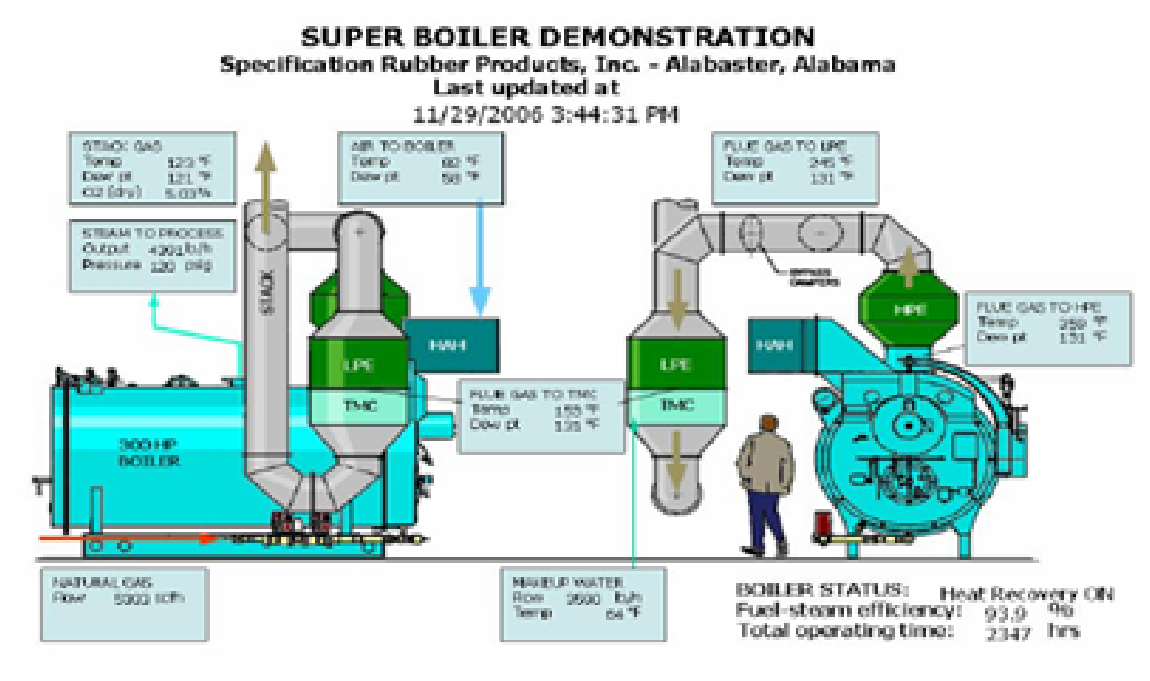
หลักการทำงานของห้องเผาไหม้ จะใช้หลักการของ Gasifier คือ จะแบ่งขั้นตอนของการเผาไหม้ออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2-22 โดยขั้นตอนแรก จะเผาเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิต่ำโดยที่การเผาไหม้นี้จะถูกควบคุมให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะได้ก๊าซที่มีคุณสมบัติติดไฟและมีการคายพลังงานออกมา

ในปริมาณที่สูง จากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังการเผาไหม้ขั้นที่สอง โดยจะเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า ส่งผลให้ได้พลังงานความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าเพื่อนำไปต้มน้ำต่อไป การใช้ความร้อนจากทั้งสองขั้นตอนเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานให้มากที่สุด โดยได้มีการออกแบบท่อไฟขึ้นมาใหม่ดังแสดงในรูปที่ 2-23 ซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าเดิมถึง 18 เท่า

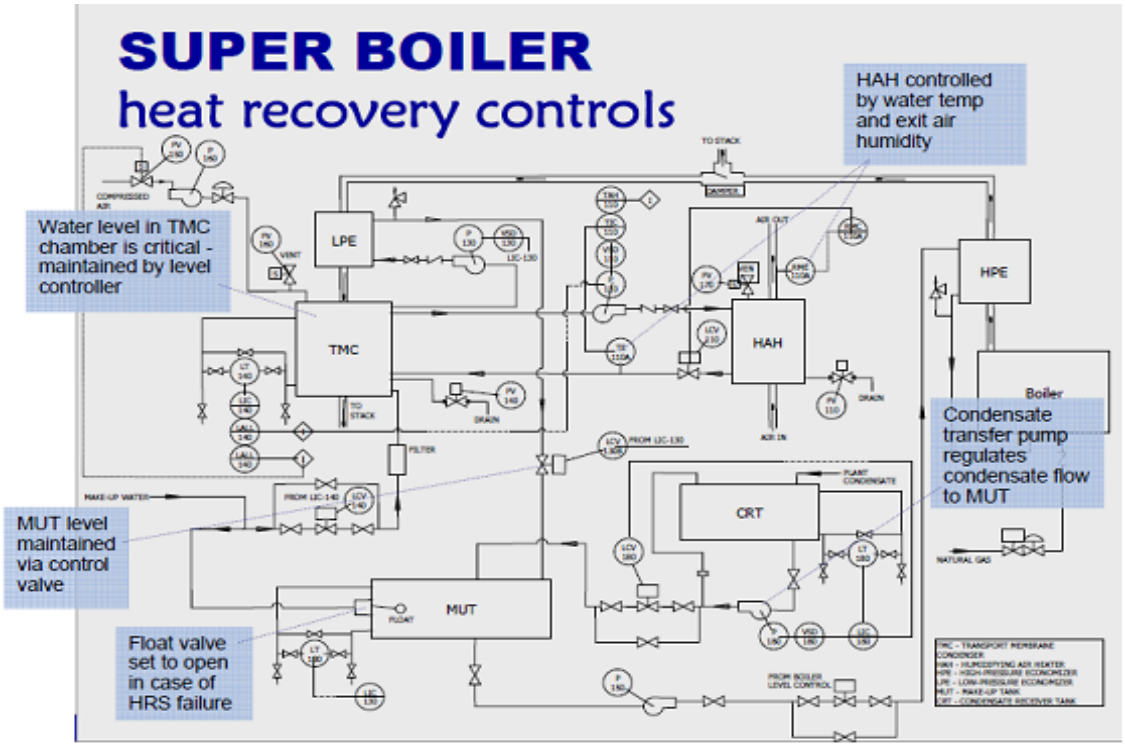


รูปที่ 2-22 ขั้นตอนการทำงานของระบบเผาไหม้แบบ Gasifier

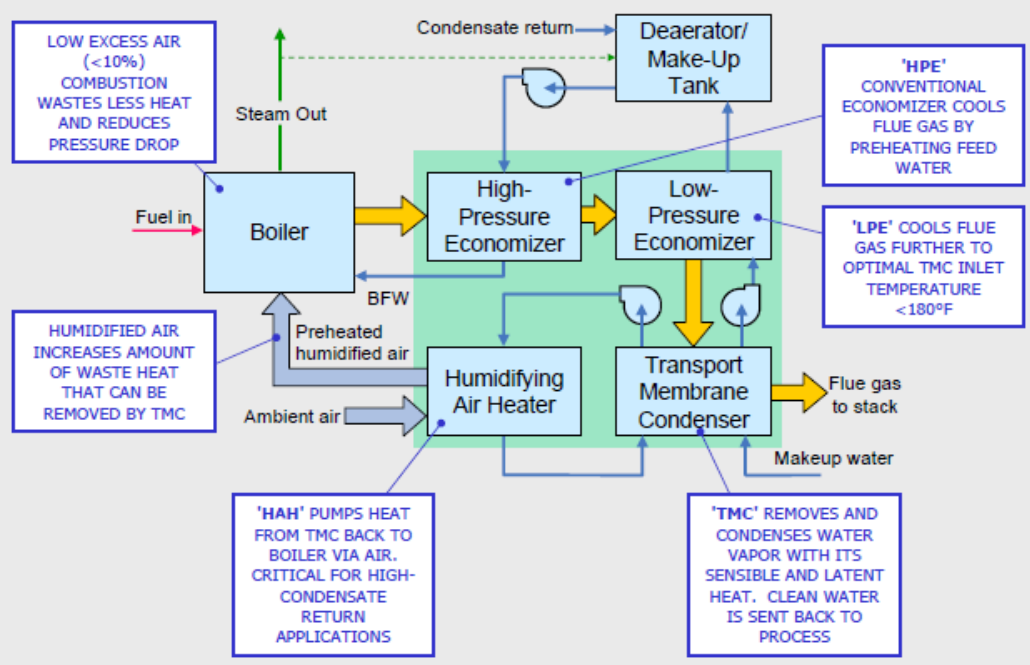
รูปที่ 2-23 ลักษณะของท่อไฟที่ได้ทำการออกแบบมาใหม่



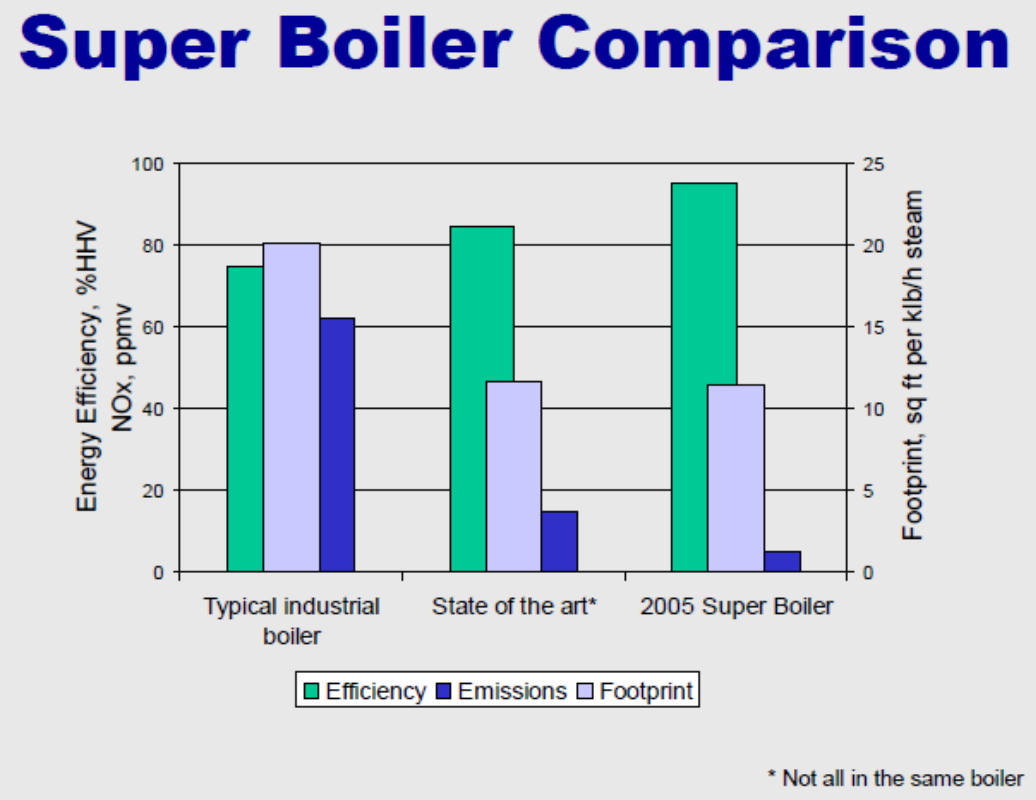
รูปที่ 2-24 ระบบหม้อน้ำแบบ Super Boiler



รูปที่ 2-25 แผนผังการควบคุมอุปกรณ์นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ของ Super Boiler



รูปที่ 2-26 แผนผังขั้นตอนการทำงานของ Super Boiler



รูปที่ 2-27 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพและน้ำหนักระหว่างหม้อน้ำทั่วไปกับ Super Boiler

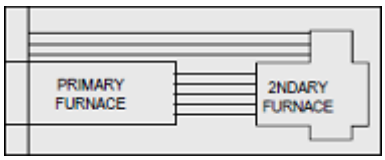
ตารางที่ 2-1 ข้อมูลการปล่อยของเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของ Super Boiler

Combustion: Two-Stage Emissions Data

Firing rate , million Btu/h	0.88 (light-off)	1.54	2.22	3.02	3.41	4
Staging	1	2	2	2	2	2
Steam pressure , psig	-	114.0	114.0	105.0	38.0	49.0
O_2 , Vol%	8.8	1.1	3.1	2.8	2.3	1.6
NO_X , ppmv (ref 3%O_2)	3.8	3.0	4.1	4.4	4.2	5.0
CO , ppmv (ref 3%O_2)	25	13	13	12	12	16
THC , ppmv	5	1	0	0	0	0
Flue gas temperature , ^{o}F	152	326	343	351	309	332
Stack pressure , "WC	0.1	-0.1	-0.3	-0.4	2.1	2.6
Turning box pressure , "WC	0.3	0.4	1.1	1.8	3.3	4.1
Windbox pressure , "WC	5.4	4.6	10.4	16.6	20.6	25.6

หมายเหตุ:

- $NO_X \leq$ 5 ppm at all loads
- Excellent burnout at low excess air
- 4.5 to 1 turndown
- Able to fire up to 4 million Btu/h (33% overfire)
- No noise, pulsation, or instability



- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี
  - มีประสิทธิภาพ > 94% HHV เมื่อเทียบกับหม้อน้ำแบบทั่วไปที่มีประสิทธิภาพ < 84% เราจึงสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 10% ทำให้เราใช้พลังงานได้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันราคาของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ
  - NO_x < 5 ppm_V ถือเป็นการลดการปล่อยมลภาวะสู่อากาศ จึงเป็นการช่วยลดปัญหาโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันเป็นปัญหาที่หลายฝ่ายกำลังช่วยกันรณรงค์ และมีแนวโน้มว่าในอนาคตหลายประเทศจะมีกฎหมายมาควบคุมการปล่อยมลพิษ และถ้าเราสามารถที่จะลดการปล่อยมลพิษได้ยังจะเป็นภาพลักษณ์ที่ดีของผลิตภัณฑ์อีกด้วย
  - มีขนาดและน้ำหนักลดลง 40% ทำให้ลดพื้นที่การติดตั้งลง ทำให้สามารถนำพื้นที่ไปใช้ประโยชน์ในส่วนอื่นได้มากขึ้น

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต
  - TMC เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง มีขนาดกะทัดรัด ติดตั้งได้ง่าย มีการซ่อมบำรุงน้อย มีอายุการใช้งานสูง

- HAH เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง มีขนาดกะทัดรัด ติดตั้งได้ง่าย มีการซ่อมบำรุงน้อย มีอายุการใช้งานสูง
- Economizer เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งได้ง่าย มีขายทั่วไปตามท้องตลาด มีอายุการใช้งานสูง มีอัตราการคืนทุนสูง
- ระบบควบคุม (Control System) ช่วยให้การควบคุมระบบมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น ทำให้ได้สมรรถนะเพิ่มขึ้น
- หัวเผา Gasifier เป็นระบบที่ใช้กันทั่วไป เป็นระบบที่นำพลังงานจากเชื้อเพลิงมาใช้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา

- กรณีศึกษา

ลักษณะของโรงงาน

- โรงงานผลิตปะเก็นยาง
- ใช้ห้องเผาไหม้แบบ Single-Stage 300 HP โดยมี TMC และ HAH เป็นอุปกรณ์ในการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่
- เริ่มประกอบหม้อน้ำ มีนาคม 2549
- เป็นการทดสอบระยะยาว

ความคืบหน้า

- เริ่มเดินเครื่อง เมษายน 2549
- ได้ประสิทธิภาพ 93-95%
- NO_x 7 ppm_v ที่ภาระสูงสุด
- เดินเครื่องมากกว่า 2,400 ชั่วโมง

2) 2nd Generation Super Boiler Technology

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าพลังงาน และลดมลภาวะ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งมีหม้อน้ำที่ใกล้จะหมดอายุการใช้งาน การเลือกซื้อหม้อน้ำตัวใหม่จึงเป็นสิ่งสำคัญเพราะจะต้องได้หม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง จากการพัฒนา Super Boiler รุ่นแรก ซึ่งเป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟ ต่อมาจึงได้มีการพัฒนามาสู่หม้อน้ำรุ่นที่สองที่เป็นหม้อน้ำแบบท่อน้ำซึ่งจะมีแรงดันสูง เพื่อรองรับความต้องการการใช้งานไอน้ำที่มีแรงดันสูง

Super Boiler ในรุ่นที่ 2 นี้ได้นำเอาหม้อน้ำแบบท่อน้ำมาทำการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการนำพลังงานจากเชื้อเพลิงมาใช้ให้ได้มากกว่า 94% และลดมลพิษที่ปล่อยออกไป โดยในรุ่นที่สองนี้ได้นำเอาอุปกรณ์จากรุ่นแรกมาปรับปรุงคือ TMC และ HAH และก็ได้พัฒนาอุปกรณ์ขึ้นมาใหม่ คือ Flash Evaporation Cooler (FEC) และ Direct-Fired Super Heater (DFSH) โดยที่อุปกรณ์เหล่านี้สามารถที่จะทำงานได้ที่สภาวะที่มีแรงดันสูง (> 1,500 psig, 1,500ºF)

การทำงานของ Super Boiler รุ่นที่สองนี้จะใช้ห้องเผาไหม้แบบ Two-Stage Intercooled ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนแรกของกระบวนการ จะนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ที่ได้จากขั้นแรกไปต้มน้ำที่ Superheater ตัวที่สองจนเกิดเป็นไอร้อนยิ่งยวด (Superheated Steam) ในขั้นนี้จะมีการนำน้ำมาผ่าน Interstage Cooling Pass (ICP) และเตาเพื่อเป็นการอุ่นน้ำและระบายความร้อนเตา น้ำที่ออกมาก็จะถูกส่งไปยัง Superheater ตัวแรก

ขั้นตอนที่สอง อากาศร้อนที่ออกมาจากเตาตัวแรกจะถูกส่งไปยังเตาตัวที่สองเพื่อทำการเผาไหม้อีกครั้ง และจะนำความร้อนที่ได้ไปต้มน้ำที่ Superheater ตัวแรก ในขั้นตอนนี้จะมีการป้อนน้ำไปให้กับ Convective Pass (CP) และเตาตัวที่สองเพื่ออุ่นน้ำและระบายความร้อนให้กับเตา และน้ำที่ออกจาก CP และเตาตัวที่สองก็จะถูกป้อนไปยัง Superheater ตัวแรก

ขั้นตอนที่สาม ก๊าซไอเสียที่ออกจาเตาตัวที่สองจะถูกส่งต่อไปยัง High-Pressure Economizer ซึ่งภายในอุปกรณ์ตัวนี้จะเป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับก๊าซไอเสีย น้ำที่ออกจาก High-Pressure Economizer จะถูกส่งไปยัง ICP เตาตัวแรก เตาตัวที่สอง และ CP

ขั้นตอนที่สี่ ก๊าซไอเสียจะถูกส่งต่อไปยัง Low-Pressure Economizer ซึ่งภายในอุปกรณ์ตัวนี้จะมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับน้ำแล้วส่งไปยัง Deaerator ซึ่ง Deaerator จะส่งน้ำต่อไปยัง High-Pressure Economizer

ขั้นตอนที่ห้า ก๊าซไอเสียจะถูกส่งไปยัง TMC ที่อุปกรณ์ตัวนี้ ก๊าซไอเสียจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ และน้ำที่ออกจาก TMC จะถูกส่งไปยัง Low-Pressure Economizer และ HAH ซึ่งที่ HAH จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศและจะได้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อใช้ป้อนไปยังห้องเผาไหม้ ส่วนน้ำที่ออกมาจะถูกส่งกลับไปที่ TMC และก๊าซไอเสียก็จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ

ตารางที่ 2-2 ความสามารถในการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

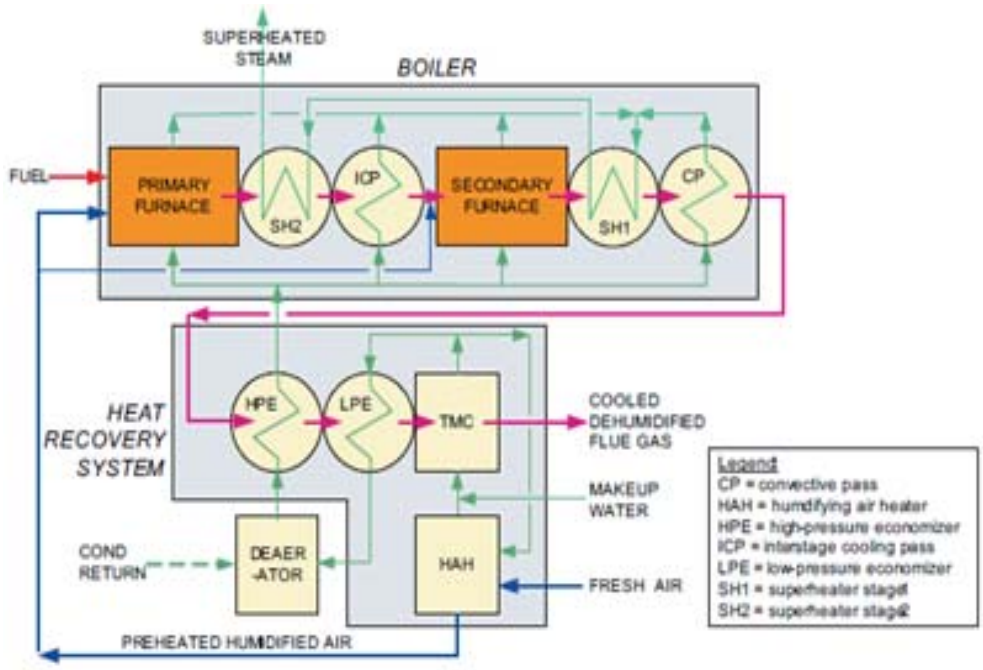
Heat Recovery: Energy Efficiency from Model

Case	Plant condensate return	Conventional boiler no heat recovery			Super Boiler with TMC/HAH		
	wt% of total feed water	stack temp/ dewpoint	boiler efficiency	Fuel-to-steam efficiency	stack temp/ dewpoint	boiler efficiency	Fuel-to-steam efficiency
1	None	440/137	80.2	80.6	118/110	93.5	94.0
2	25	440/137	81.3	83.4	126/117	92.2	94.8
3	50	440/137	81.0	85.0	132/124	91.0	95.8
4	75	440/137	81.4	87.3	138/130	89.8	96.8

หมายเหตุ:

- Natural gas : 93.7% CH_4, 2.8% C_2H_6, 0.6% C_3H_8, 2% N_2, 0.9% CO_2
- ISO combustion air (60%RH at 59°F)
- 10% excess air combustion
- 60°F make up water / 180°F condensate return / 440°F flue gas from boiler vent
- Surface loss = 0.77% of steam output

Efficiency calculations:
$\eta_{boiler} = (H_{fuel} - H_{stack})/H_{fuel}$
$\eta_{fuel\text{-}to\text{-}steam} = H_{steam}/H_{fuel}$



รูปที่ 2-28 แผนผังขั้นตอนการทำงานของ Super Boiler รุ่นที่สอง

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี
  - มีประสิทธิภาพ > 94% เมื่อเทียบกับหม้อน้ำแบบทั่วไปที่มีประสิทธิภาพ <84% เราจึงสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 10% ทำให้เราใช้พลังงานได้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันราคาของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ
  - ปล่อย NO_x < 2 ppm_v ปล่อย CO < 2 ppm_v และปล่อย VOC < 1 ppm_v ถือเป็นการลดการปล่อยมลภาวะสู่อากาศ จึงเป็นการช่วยลดปัญหาโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันเป็นปัญหาที่หลายฝ่ายกำลังช่วยกันรณรงค์ และมีแนวโน้มว่าในอนาคตหลายประเทศจะมีกฎหมายมาควบคุมการปล่อยมลพิษ และถ้าเราสามารถที่จะลดการปล่อยมลพิษได้ยังจะเป็นภาพลักษณ์ที่ดีของผลิตภัณฑ์อีกด้วย
  - มีขนาดที่เล็กลง ทำให้ลดพื้นที่การติดตั้งลง ทำให้สามารถนำพื้นที่ไปใช้ประโยชน์ในส่วนอื่นได้มากขึ้น

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต
  - TMC เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง มีขนาดกะทัดรัด ติดตั้งได้ง่าย มีการซ่อมบำรุงน้อย มีอายุการใช้งานสูง
  - HAH เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง มีขนาดกะทัดรัด ติดตั้งได้ง่าย มีการซ่อมบำรุงน้อย มีอายุการใช้งานสูง
  - FEC (Flash Evaporation Cooler) มีประสิทธิภาพสูง
  - Economizer เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งได้ง่าย มีขายทั่วไปตามท้องตลาด มีอายุการใช้งานสูง มีอัตราการคืนทุนสูง
  - ระบบควบคุม (Control System) ช่วยให้การควบคุมระบบมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น ทำให้ได้สมรรถนะเพิ่มขึ้น
  - หัวเผา Gasifier เป็นระบบที่ใช้กันทั่วไป เป็นระบบที่นำพลังงานจากเชื้อเพลิงมาใช้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา

- กรณีศึกษา

บริษัท Rohm and Haas,Inc.

- ลดการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ 11%
- ความจุเตาเพิ่มขึ้น 8%
- ลดต้นทุนไป 2 ล้านเหรียญ/ปี
- คืนทุนภายใน 2.6 ปี (จากการลงทุนปรับปรุงไป 5 ล้านเหรียญ)

3) หม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด

หม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด (Supercritical Boiler) เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าพลังงาน และลดมลภาวะ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

เป็นหม้อน้ำที่พัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตไอน้ำโดยใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งทำให้สามารถลดปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ต่อหน่วยผลผลิต ลดการปล่อยมลพิษ และที่สำคัญ ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่งด้วย

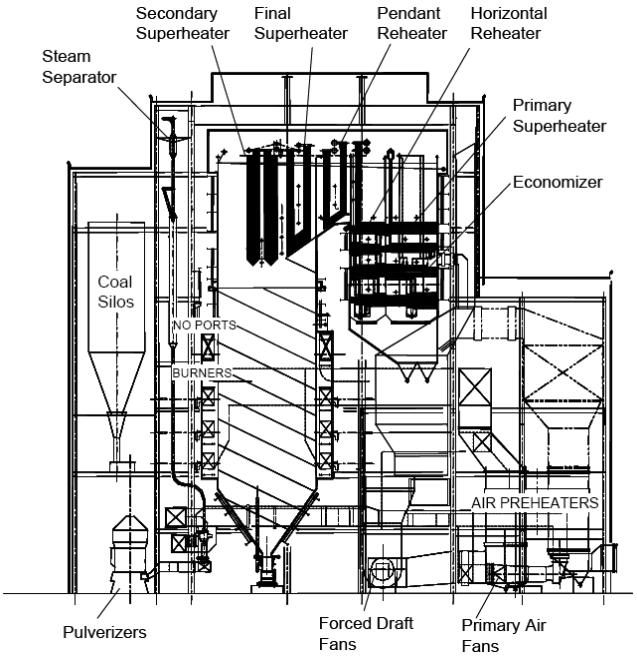
เทคโนโลยีหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดมีการพัฒนามานานมากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะประเทศแถบยุโรปและอเมริกา แนวคิดของการออกแบบหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดเป็นของ Mark Benson โดยจดสิทธิบัตรที่สหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1922 เริ่มแรกได้ออกแบบหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดขนาด 3 ตันต่อชั่วโมง ต่อมาปี ค.ศ. 1924 บริษัท Siemens ได้ครอบครองสิทธิบัตรและพัฒนาหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดตามแนวคิดของ Benson ให้ใช้งานโดยไม่หรี่ Pressurized Valve ที่ตำแหน่งทางออกของส่วนทำระเหย เนื่องจากที่ตำแหน่งทางออกมีสภาวะเป็นไอน้ำทั้งหมด ต่อมาปี ค.ศ. 1930 ได้สร้าง Benson Boiler โดยไม่มี Pressurized Valve ได้สำเร็จซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดแบบอื่นๆ ที่ไม่ได้ทำตามสิทธิบัตรของ Benson แต่ก็ยังให้เกียรติแก่ผู้คิดค้นโดยยังคงเรียกหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดว่าเป็นหม้อน้ำแบบ Benson Boiler จนถึงปัจจุบัน ในช่วงทศวรรษที่ 1950 ในสหรัฐอเมริกาได้มีการสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้หม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด แต่ประสบปัญหาเกี่ยวกับความยุ่งยากในการควบคุมกระบวนการและระบบไม่มีเสถียรภาพ ต่อมาในช่วงทศวรรษที่ 1960 ในประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนาเทคโนโลยีหม้อน้ำเหนือยิ่งยวดสำหรับหม้อน้ำขนาดใหญ่ รวมไปถึงการพัฒนาวัสดุให้มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาวะไอน้ำที่อุณหภูมิสูงกว่า 593^{o}C และพัฒนาหม้อน้ำให้มีประสิทธิภาพสูง สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ปัจจุบันเทคโนโลยีดังกล่าวได้รับการยอมรับเป็นมาตรฐานในหลายประเทศทั้งในยุโรป เอเชีย และอเมริกา

สำหรับหม้อน้ำที่ใช้กันทั่วไปเป็นหม้อน้ำแบบยิ่งยวด (Subcritical Boiler) มีความดันของไอน้ำอยู่ในช่วงประมาณ 160-200 เท่าของความดันบรรยากาศ ไอน้ำที่ได้จากส่วนทำระเหยจะอยู่ในสถานะของผสมระหว่างน้ำและไอน้ำอิ่มตัว ซึ่งต้องมีถังไอน้ำ (Steam Drum) เพื่อแยกไอน้ำก่อนที่จะนำไปรับความร้อนต่อเพื่อทำไอน้ำยิ่งยวดต่อไป สำหรับหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด (Supercritical Boiler) จะมีความดันไอน้ำสูงกว่า 220 เท่าของความดันบรรยากาศ (ค่าความดันวิกฤตของน้ำ คือ 220 bar หรือ 22 MPa หรือ 3,200 psi) โดยจะได้เป็นไอน้ำความดันและอุณหภูมิสูงทั้งหมดจากส่วนทำระเหย จึงไม่จำเป็นต้องมีถังไอน้ำ (อาจจะกล่าวได้ว่ามีหลักการทำงานแบบหม้อน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด หรือ Once-Through Boiler แต่วัฏจักรการทำงานของหม้อน้ำจะอยู่บนเงื่อนไข Supercritical Cycle) ซึ่งท่อน้ำและอุปกรณ์ในหม้อน้ำจะต้องทำด้วยวัสดุพิเศษที่ทนอุณหภูมิและความดันดังกล่าวได้ ปัจจุบันวัสดุที่ทำท่อน้ำใช้โลหะอัลลอยประเภทมาร์เทนซิติก (Martensitic Alloy Steel) ซึ่งมีส่วนผสมของโครเมียม โมลิบดินัม และวาเนเดียม ในปริมาณ 9-12% แต่ยังคงจำกัดอุณหภูมิ

สูงสุดที่ 600 °C ปัจจุบันกำลังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถเพิ่มอุณหภูมิของไอน้ำขึ้นไปได้ถึง 700 °C และความดันถึง 300-400 เท่าของความดันบรรยากาศ

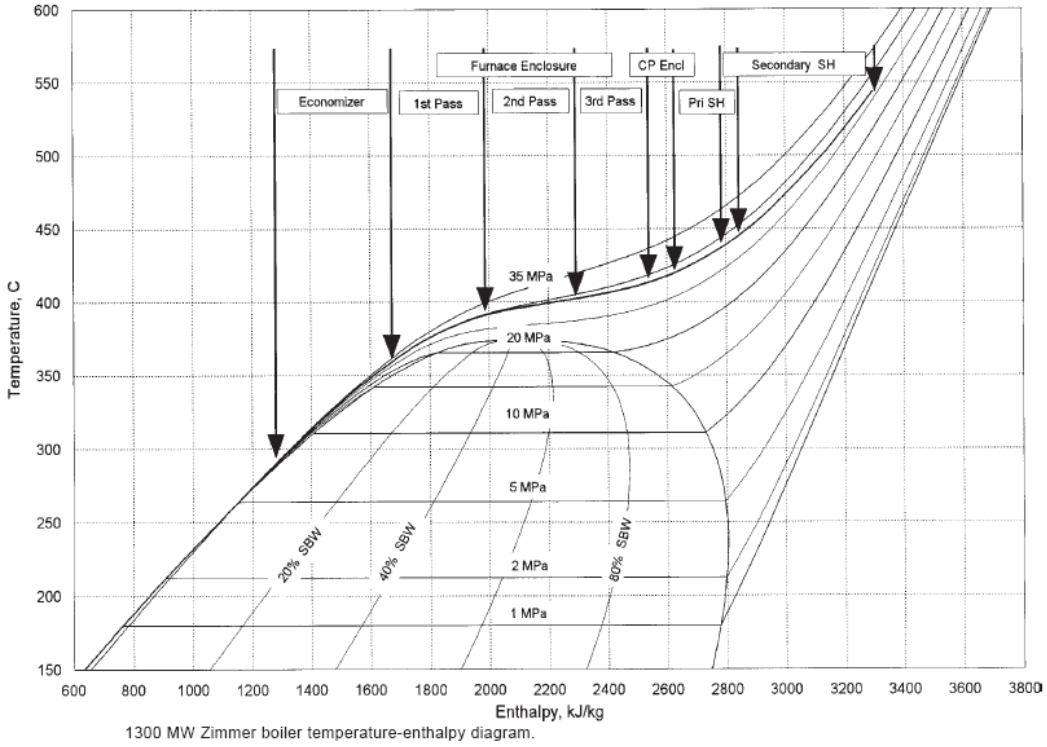
เทคโนโลยีหม้อน้ำเหนือยิ่งยวดมีการพัฒนาให้ใช้กับเชื้อเพลิงถ่านหินเป็นหลัก โดยเฉพาะเทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหินแบบผง (Pulverized Coal Combustion, PCC) ผ่านวัฏจักรไอน้ำ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามากที่สุดและมีการใช้เป็นที่แพร่หลายที่สุดในโลก ซึ่งโรงไฟฟ้าถ่านหินในประเทศไทยก็ใช้เทคโนโลยีนี้เช่นกัน ถ่านหินถูกเตรียมให้อยู่ในรูปของผงก่อนป้อนโดยการพ่นเข้าสู่หม้อน้ำโดยเผาไหม้กับอากาศในปริมาณที่เกินพอ อุณหภูมิของการเผาไหม้ประมาณ 1,200-1,700 °C ขึ้นอยู่กับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผลิตท่อน้ำเพื่อผลิตไอน้ำ ไอน้ำที่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ของแข็งที่เหลือที่เผาไหม้ไม่ได้ คือ ขี้เถ้า ซึ่งประกอบด้วยสารอนินทรีย์ ถ้ามีคุณสมบัติเหมาะสมก็จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เช่น นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตยิปซั่ม เป็นต้น ก๊าซไอเสียจะประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นหลัก รวมทั้งมีออกไซด์ของซัลเฟอร์และไนโตรเจนที่เกิดขึ้นและปนออกมากับก๊าซไอเสีย ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) กำจัดได้ด้วยการดักจับด้วยหินปูนซึ่งเป็นหลักการทำงานของระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (Desulphurization) ส่วนก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) สามารถกำจัดหลังกระบวนการเผาไหม้ โดยใช้ฉีดสารเคมีประเภทแอมโมเนียในสภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาหรือในระหว่างการเผาไหม้โดยใช้หัวเผาที่ออกแบบให้ลดการก่อตัวของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (Low NO_x Burners) ซึ่งประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในปัจจุบันสามารถลดมลพิษในก๊าซไอเสียให้อยู่ภายใต้มาตรฐานสิ่งแวดล้อมได้

ตัวอย่างโครงสร้างของหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดที่ออกแบบและสร้างโดยบริษัท Babcock-Hitachi ที่มีสภาวะการทำงานที่ความดัน 253.7 bar อุณหภูมิ 604 °C ดังแสดงในรูปที่ 2-29

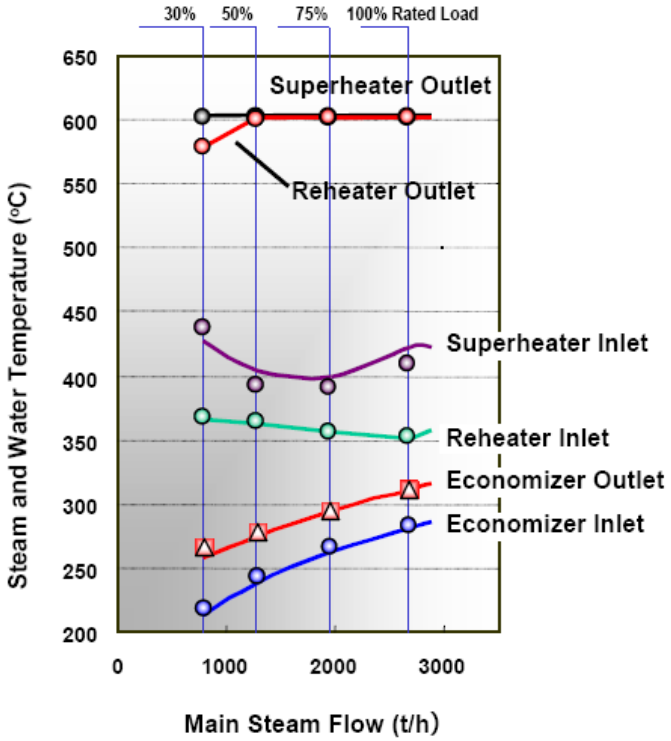


รูปที่ 2-29 โครงสร้างของหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



1300 MW Zimmer boiler temperature-enthalpy diagram.



Static Characteristics of Steam and Water Temperature

รูปที่ 2-30 คุณลักษณะของน้ำและไอน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

  ข้อดี

  - เป็นหม้อน้ำประสิทธิภาพสูง ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
  - ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
  - ได้ไอน้ำคุณภาพสูง

  ข้อเสีย

  - ยังมีข้อจำกัดในเรื่องวัสดุพิเศษที่สามารถทนต่อสภาวะการทำงานที่อุณหภูมิสูงได้

4) หม้อน้ำแบบ Once-Through

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว เชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงานและประหยัดค่าพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

หม้อน้ำแบบ Once-Through มักจะมีโครงสร้างง่ายๆ มีน้ำอยู่ในท่อ โดยมีท่อขดเป็นคอยล์หรืออาจจะเป็นท่อตรง มีปริมาณน้ำน้อย ทำให้การระเหยกลายเป็นไอน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว ราวกับว่าน้ำที่ป้อนเข้ามาแล้วระเหยไปทันที จึงได้ตั้งชื่อเรียกหม้อน้ำแบบนี้ว่า Once-Through Boiler หม้อน้ำชนิดนี้ เข้าใจว่ามีถิ่นกำเนิดจากสหรัฐอเมริกา แต่ปรากฏว่าได้ถูกพัฒนาและนิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่น โดยในปี พ.ศ. 2498 ญี่ปุ่นได้สั่งหม้อน้ำชนิด Single-Tube Type Steam Generators จากสหรัฐฯ และได้พัฒนาต่อ จากนั้นมา การควบคุมมาตรฐานของหม้อน้ำขนาดเล็กในญี่ปุ่นไม่ได้ขึ้นอยู่กับ JIS Code แต่ขึ้นอยู่กับ The Safety Rule of Boiler and Pressure Chamber รวมทั้ง Structural Code ทั้งนี้ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งกฎดังกล่าวได้ครอบคลุมถึง Small-Sized and Once-Through Type Boilers ด้วย

สาเหตุที่ทำให้หม้อน้ำแบบ Once-Through เริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้นเนื่องจากว่าไม่จำเป็นต้องมีผู้ควบคุมหม้อน้ำที่รับใบอนุญาต และได้รับการยกเว้นไม่ต้องมีการตรวจสอบประจำปีถ้าหากหม้อน้ำดังกล่าวสร้างขึ้นและใช้งานในลักษณะดังนี้

1. เป็นแบบท่อน้ำ
2. พื้นผิวรับความร้อนน้อยกว่า 10 ตารางเมตร
3. ความดันใช้งานสูงสุด 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ตัวอย่างข้อมูลของหม้อน้ำแบบ Once-Through ขนาดเล็กมีดังนี้

- อัตราการระเหยเทียบเท่า: 40 - 2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- ประสิทธิภาพหม้อน้ำ: สูงกว่า 87%
- เชื้อเพลิงที่ใช้ได้: ก๊าซ น้ำมันก๊าด น้ำมันเตา
- ระบบควบคุม: อัตโนมัติทั้งหมด

เนื่องจากประสิทธิภาพของหม้อน้ำแบบ Once-Through ได้ถูกพัฒนาให้เทียบเท่าหรืออาจจะดีกว่าหม้อน้ำขนาดที่ใหญ่กว่า (คือ 3-10 ตันต่อชั่วโมง) จึงได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมด้วย

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

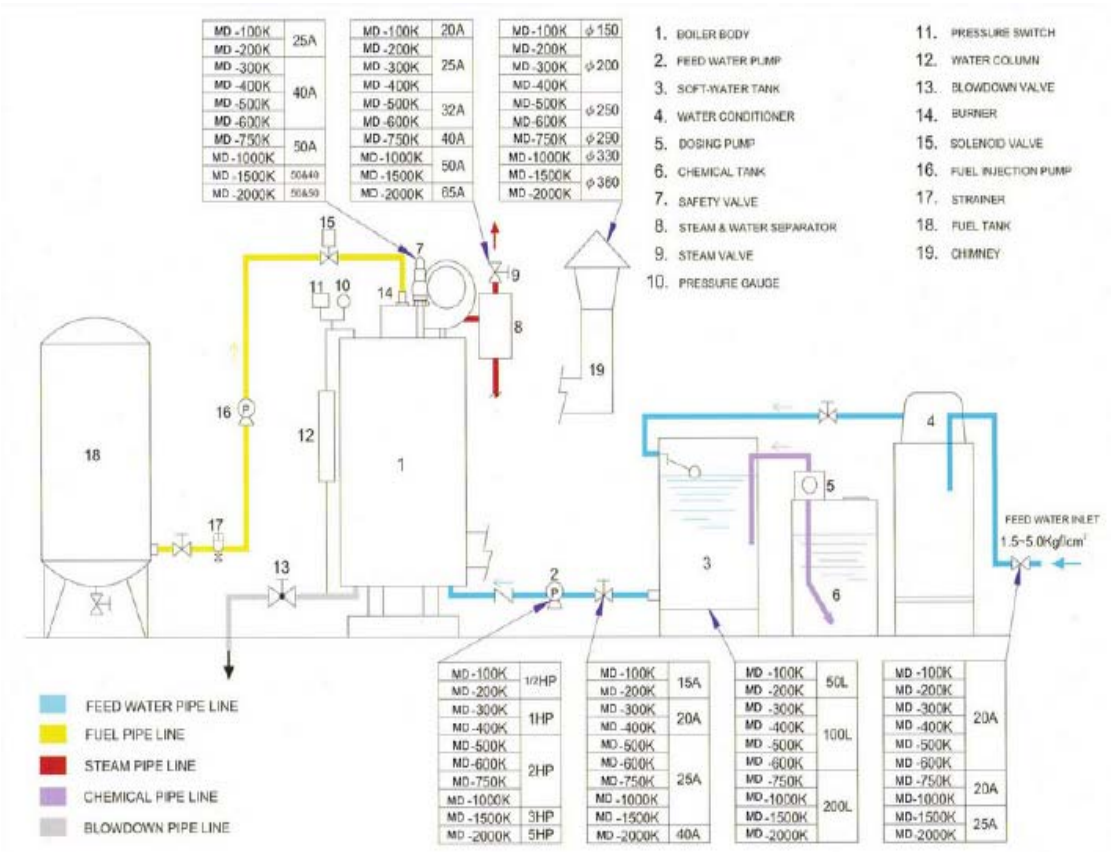
ข้อดี

- มีขนาดเล็ก ทำให้ประหยัดพื้นที่
- มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากมีแรงดันน้อย
- ใช้งานง่าย เพราะเป็นการควบคุมอัตโนมัติ

ข้อเสีย

- มีแรงดันน้อย ทำให้ใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีแรงดันสูงไม่ได้

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 2-31 ระบบการทำงานของหม้อน้ำแบบ Once-Through

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ประสิทธิภาพของหม้อน้ำโดยทั่วไป ผู้ผลิตหม้อน้ำมักจะบ่งบอกประสิทธิภาพหม้อน้ำในขณะที่ใช้งานที่ภาระสูงสุด แต่ในการใช้งานจริง ภาระที่หม้อน้ำประสบมักจะไม่ใช่ภาระสูงสุด วิธีการหนึ่งที่จะทำให้ประสิทธิภาพหม้อน้ำสูงตลอดเวลา สามารถทำได้โดยการใช้หม้อน้ำขนาดเล็กหลายตัว

5) หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบด

หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed Combustion, FBC) เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดค่าพลังงาน และลดมลภาวะ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed Combustion, FBC) ใช้ทรายเป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ เหมาะกับเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงและสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิดพร้อมกัน แม้เชื้อเพลิงนั้นจะมีคุณภาพต่ำ แต่ยังให้ประสิทธิภาพการเผาที่สูงอยู่ นอกจากนี้ โดยที่อุณหภูมิของการเผาไหม้ไม่สูงมากนัก จึงลดการเกิด NO_x ได้โดยตรง เป็นเทคโนโลยีการขจัดหรือลดมลพิษออกจากระบบระหว่างการใช้ประโยชน์จากถ่านหิน ซึ่งเทคโนโลยีนี้มีผลดีในแง่ที่ว่าไม่ต้องสร้างเครื่องมือขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อกำจัด SO_x และ NO_x

หลักการของการเผาไหม้วิธีนี้ คือ ถ่านหินที่บดจนมีขนาดเล็กมากถูกพ่นเข้าไปในหม้อน้ำพร้อมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านทรายหรือมีหินปูนด้วยซึ่งใช้เป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ ถ่านหินที่พ่นเข้าไปจะแขวนลอยอยู่ในคลื่นอากาศร้อน โดยมีลักษณะคล้ายของเหลวเดือด ทรายเป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ ขณะที่หินปูนจะทำหน้าที่คล้ายฟองน้ำดักจับกำมะถันที่เกิดขึ้น ความเร็วของการไหลของอากาศทำให้เกิดสภาวะหรือการไหลในเตาเผาที่ต่างกันดังรูปที่ 2-32

ประเภทหลักของหม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดมีดังนี้

- Bubbling Fluidized Bed (BFB) Boiler คือ หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ความเร็วของการไหลของอากาศมีค่าต่ำ อนุภาคขนาดเบาหรือเล็กเท่านั้นที่จะลอยขึ้นสู่ด้านบนของเบด หม้อน้ำประเภทนี้ใช้กับงานที่ต้องการกำลังน้อยกว่า 100 MW ตัวอย่างหม้อน้ำประเภทนี้แสดงในรูปที่ 2-33

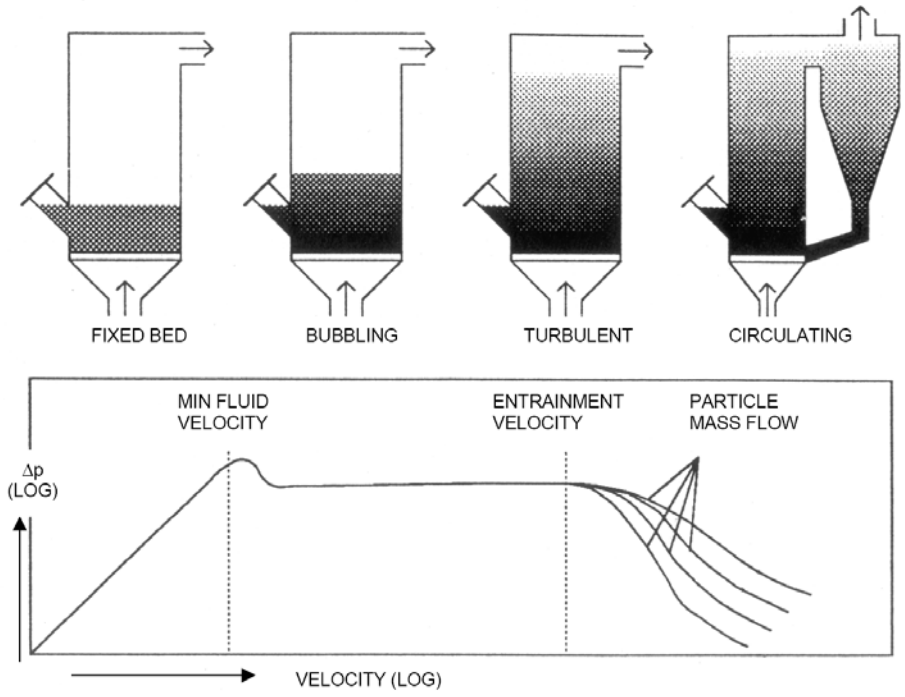
- Circulating Fluidized Bed (CFB) Boiler คือ หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ความเร็วของการไหลของอากาศมีค่าสูง มีการผสมของเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซและของแข็งดี จึงทำให้มีอัตราความเร็วของการเผาไหม้สูง อุณหภูมิของการเผาไหม้ไม่สูงมากนักจึงลดการเกิดมลพิษได้ ตัวอย่างหม้อน้ำประเภทนี้แสดงในรูปที่ 2-34

สำหรับหม้อน้ำ Circulating Fluidized Bed อนุภาคที่มีขนาดปานกลางอาจหลุดไปกับก๊าซได้ จึงต้องมีการดักจับอนุภาคเหล่านี้โดยใช้ไซโคลน อนุภาคที่ถูกดักจับได้จะป้อนกลับเข้าสู่ห้องเผาไหม้อีกครั้งเพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ลักษณะเด่นของหม้อน้ำแบบนี้ คือ

- ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูง
- ถ้ามีการใช้หินปูนร่วมด้วยเพื่อดักจับมลพิษ จะใช้ในปริมาณน้อยแต่ลดมลพิษได้มาก
- เหมาะกับกระบวนการที่ต้องการการตอบสนองต่อการใช้ไอน้ำอย่างรวดเร็ว
- ใช้กับงานที่ต้องการกำลังในช่วง 100-500 MW

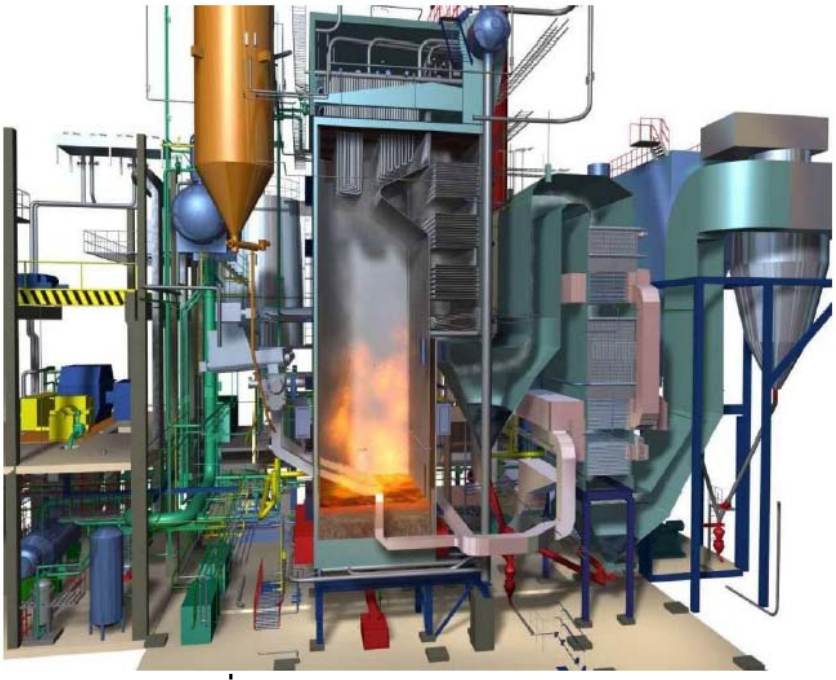
การใช้ประโยชน์หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดมีตัวอย่างเช่น ผลิตความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินเพื่อนำมาต้มน้ำ ทำให้เกิดไอน้ำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระบวนการนี้สามารถลดปริมาณกำมะถันที่จะถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ได้มากถึงร้อยละ 90 ความร้อนที่ผลิตได้นำไปใช้ผลิตไอน้ำเพื่อขับกังหันไอน้ำ ส่วนก๊าซร้อนที่ได้มีแรงดันและอุณหภูมิสูง สามารถนำไปขับกังหันก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้าร่วม การ

ผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง ในประเทศไทยมีการติดตั้งใช้งานในโรงไฟฟ้าไบโอแมส พาวเวอร์ บริษัทแอดวานซ์ อะโกร และไทยพาวเวอร์ซัพพลาย

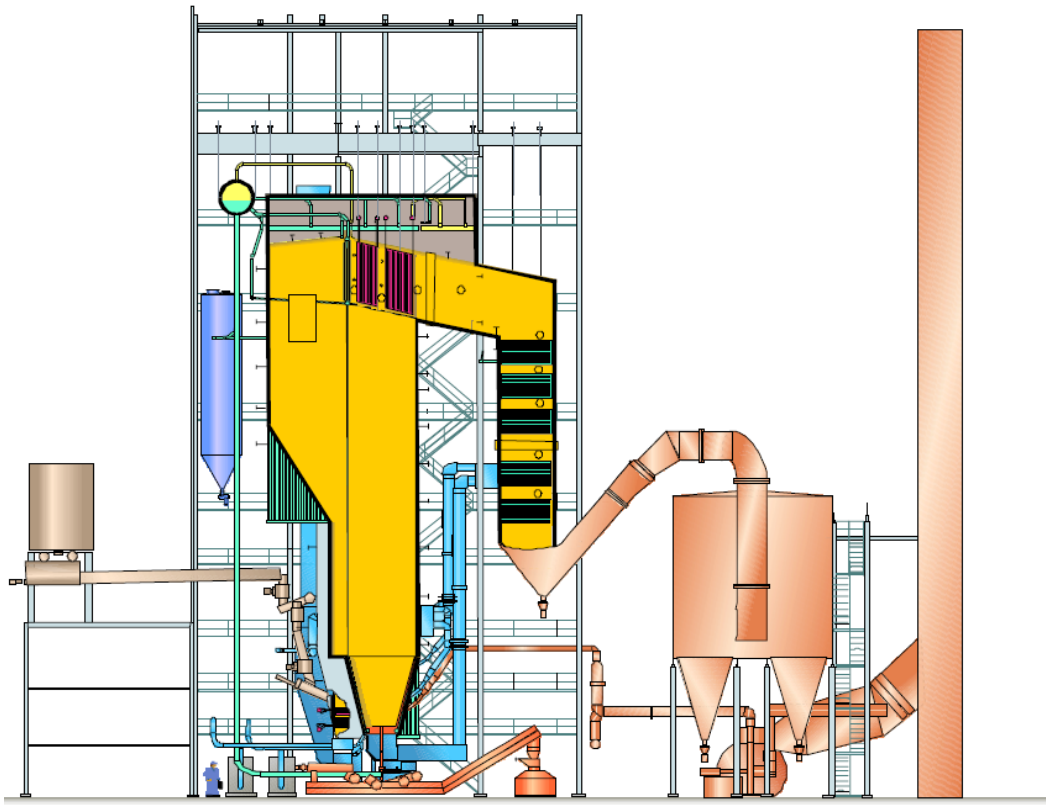


รูปที่ 2-32 การเกิดฟลูอิไดซ์เบดแบบต่างๆ

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 2-33 Bubbling Fluidized Bed (BFB) Boiler



รูปที่ 2-34 Circulating Fluidized Bed (CFB) Boiler

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิดพร้อมกัน แม้เชื้อเพลิงนั้นจะมีคุณภาพต่ำแต่ประสิทธิภาพการเผาไหม้จะยังคงสูงอยู่ เป็นเทคโนโลยีการขจัดหรือลดมลพิษออกจากระบบกรณีที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงซึ่งเทคโนโลยีนี้มีข้อดีในแง่ที่ว่าไม่ต้องสร้างเครื่องมือขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อกำจัด SO_x และ NO_x

6) หม้อน้ำลูกผสม

หม้อน้ำลูกผสม (Hybrid Boiler) เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบผสมที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

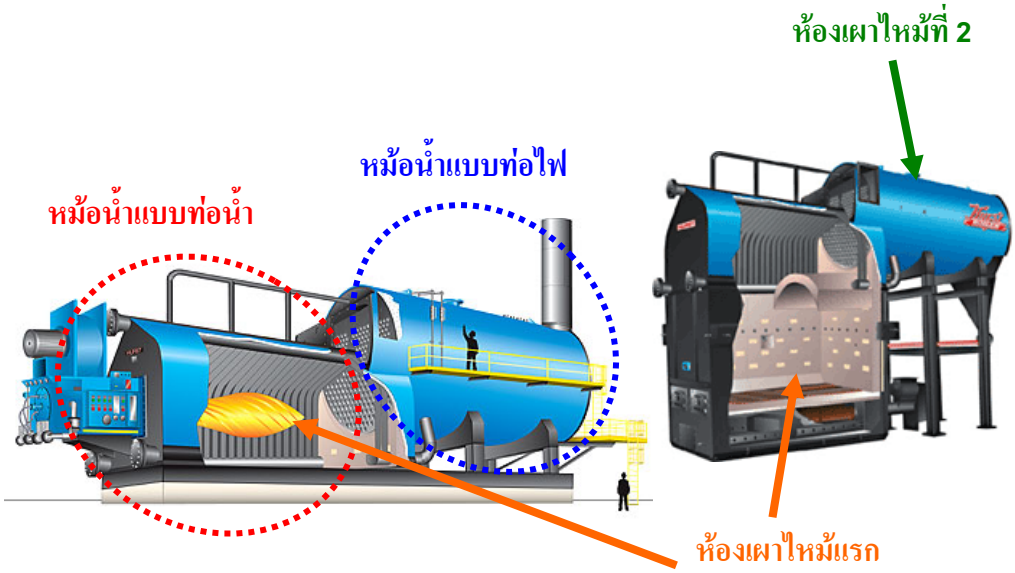
หม้อน้ำที่ออกแบบห้องเผาไหม้เป็นลูกผสมระหว่างหม้อน้ำแบบท่อน้ำกับท่อไฟรวมอยู่ในตัวเดียวกัน เรียกว่า หม้อน้ำลูกผสม (Hybrid Boiler or Composite Boiler) สามารถเผาเชื้อเพลิงสองชนิดที่แตกต่างกันได้ ปกติจะใช้ของเสียจากกระบวนการผลิตเป็นเชื้อเพลิงหรือความร้อนที่จะต้องทิ้ง (Waste Heat) และเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนที่เป็นปิโตรเลียม ของเสียจากการผลิตหรือเชื้อเพลิงแข็งจะเผาไหม้ในห้องเผาไหม้แรก และความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะผ่านไปยังห้องเผาไหม้ที่สอง ซึ่งเชื้อเพลิงปกติจะเผาต่อ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบเช่นกัน เช่น อาจออกแบบให้ก๊าซร้อนจากห้องเผาไหม้แรกสามารถผ่านพื้นผิวถ่ายเทความร้อนไปได้บางส่วนก่อนเข้าไปห้องเผาไหม้ที่สอง หรืออีกทางหนึ่ง ก๊าซร้อนอาจผ่านเข้าหม้อน้ำโดยตรงหลังจากเผาไหม้สมบูรณ์แล้ว

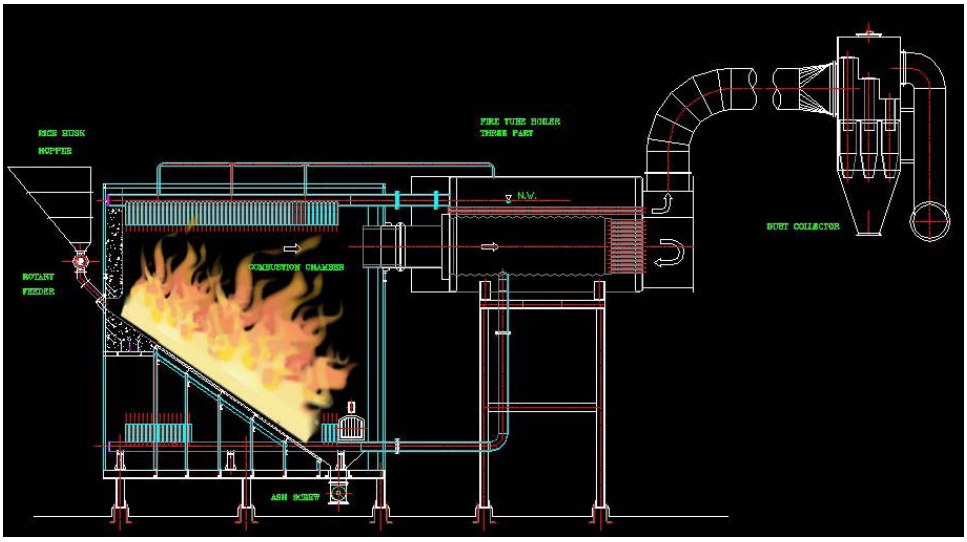
ปัจจุบันนิยมนำของเสียจากอุตสาหกรรมหรือพาณิชยกรรมมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพราะได้ประโยชน์มากกว่าการที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อนำไปกำจัดทิ้ง โดยการนำเตาเผาขยะ (Incinerator) มาต่อพ่วงกับหม้อน้ำความร้อนทิ้ง (Waste Heat Boiler) แต่ระบบนำความร้อนกลับนั้นมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นในระยะแรก หม้อน้ำแบบลูกผสมจึงถูกออกแบบมาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันได้มีการออกแบบพัฒนาผลิตหม้อน้ำแบบลูกผสมให้มีประสิทธิภาพสูงและสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิดพร้อมกัน รวมทั้งของเสียจากอุตสาหกรรมหรือพาณิชยกรรมก็นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ด้วย ซึ่งขณะนี้ในประเทศไทยได้เริ่มมีการนำหม้อน้ำแบบลูกผสมมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิด โดยเฉพาะเชื้อเพลิงแข็ง ชีวมวล รวมทั้งขยะและของเสียจากอุตสาหกรรมหรือพาณิชยกรรมก็นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ด้วย

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี





รูปที่ 2-35 การทำงานของระบบหม้อน้ำแบบลูกผสม (Hybrid Boiler)

2.2.2 เทคโนโลยีกับดักไอน้ำ

1) กับดักไอน้ำแบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

กับดักไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ขาดไม่ได้ในระบบไอน้ำ เพราะจะช่วยแยกระหว่างไอน้ำกับน้ำที่ควบแน่นออกจากกัน โดยจะทำหน้าที่ปิดกั้นไม่ให้ไอน้ำผ่าน แต่จะปล่อยให้น้ำที่ควบแน่นแล้วผ่านไปได้ ซึ่งสามารถต่อท่อนำน้ำย้อนกลับเข้าสู่ระบบใหม่ได้เช่นกัน แต่เนื่องจากกับดักไอน้ำในระบบมีเป็นจำนวนมากและบ่อยครั้งที่ขาดการดูแลรักษาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ไม่ทราบว่ากับดักไอน้ำบางตัวเกิดความเสียหายขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยตรง การตรวจสอบกับดักไอน้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญข้อหนึ่งที่มักจะถูกละเลยไป โดยอาจจะต้องรอถึงช่วงเวลาบำรุงรักษาประจำปีจึงจะได้มีการตรวจสอบ ซึ่งทำให้โรงงานสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์แล้วเป็นปริมาณมาก

เทคโนโลยี Intelligent Autonomous Steam Trap นั้นจะช่วยให้กับดักไอน้ำสามารถตรวจสอบตัวเองได้โดยอัตโนมัติ และสามารถแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบได้ทันทีที่เกิดปัญหา โดยปัญหามักจะเกิดขึ้นได้สองกรณี คือ ปิดสนิท ไม่สามารถเปิดทิ้งน้ำที่ควบแน่นได้ และรั่ว ทำให้ไอน้ำไหลผ่านออกมาได้ ซึ่งในกรณีแรกจะทำให้มีน้ำควบแน่นที่กับดักไอน้ำเป็นปริมาณมากและไอน้ำไม่สามารถเข้าถึงอุปกรณ์ได้ ส่วนกรณีที่สองนั้น ไอน้ำจะถูกปล่อยทิ้งออกไป โดย IAST นั้นจะติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดเสียงความถี่สูง และใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งสะสมเอาไว้ด้วยแบตเตอรี่ภายในตัว หากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าปกติ เช่น ต่ำกว่า 60°C แสดงว่ามีน้ำขังอยู่ภายใน และหากสามารถจับเสียงความถี่สูงได้ แสดงว่ามีไอน้ำรั่วไหล ซึ่งไม่ว่าจะเป็นกรณีใดก็ตาม หากว่าเซ็นเซอร์อ่านค่าได้ต่างจากค่าปกติที่กำหนดเอาไว้ อุปกรณ์จะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบโดยเป็นไฟกระพริบเพื่อบอกสถานะว่ากับดักไอน้ำดังกล่าวเสียหายและจำเป็นต้องเปลี่ยนตัวใหม่ ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนได้ทันที จึงลดการรั่วไหลและสูญเสียพลังงานได้

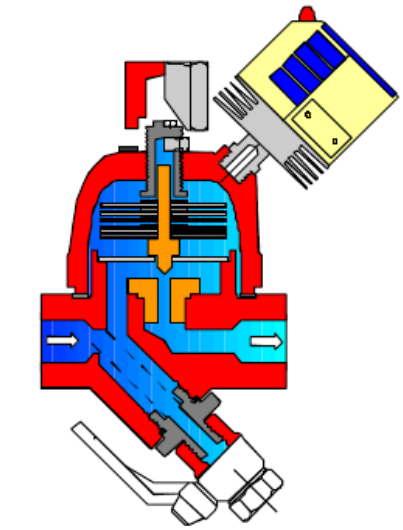
- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

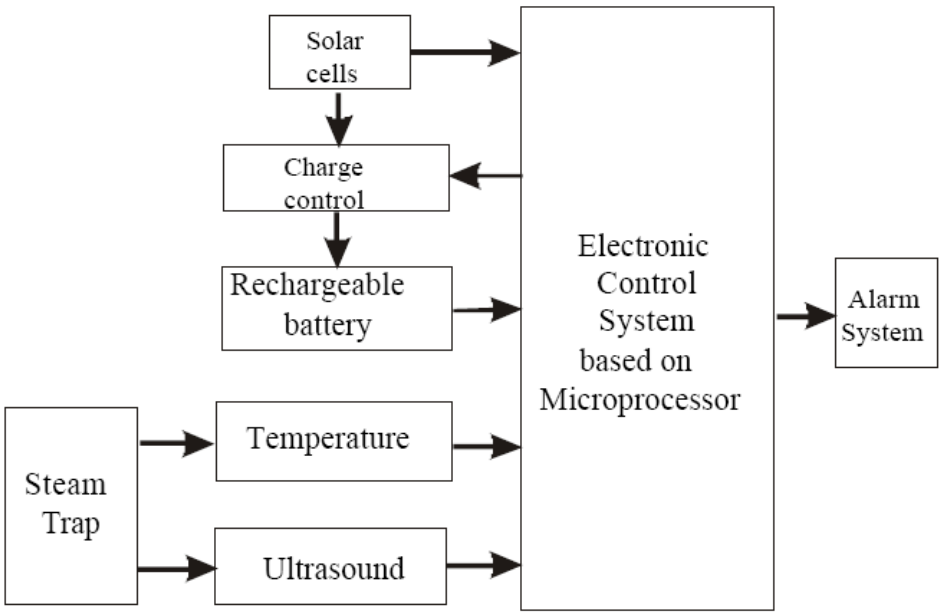
ลดการสูญเสียไอน้ำจากการรั่วไหลของไอน้ำจากกับดักไอน้ำ รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในกรณีที่กับดักไอน้ำปิดถาวรได้จากการแจ้งเตือน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ได้ทันทีที่ทราบปัญหา แต่จำเป็นต้องเปลี่ยนกับดักไอน้ำใหม่เป็นรุ่นที่รองรับอุปกรณ์หรือเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ได้

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

เปลี่ยนเข้าไปติดตั้งแทนกับดักไอน้ำเดิมได้ทันที

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี





รูปที่ 2-40 แผนผังการใช้งานกับดักไอน้ำแบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ

2.2.3 เทคโนโลยีระบบคอนเดนเสท

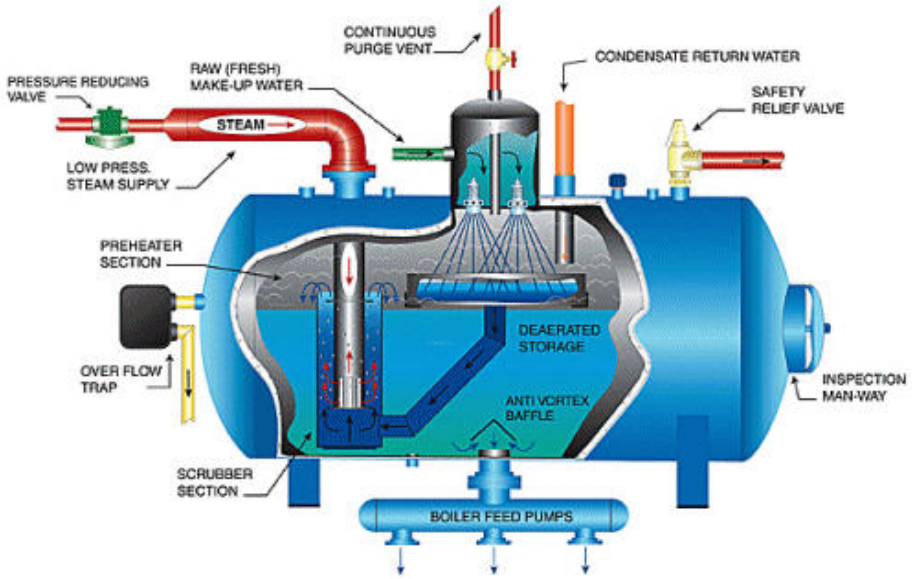
1) ถังไล่อากาศ

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำจัดสารที่เป็นอันตรายต่อระบบหม้อน้ำ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

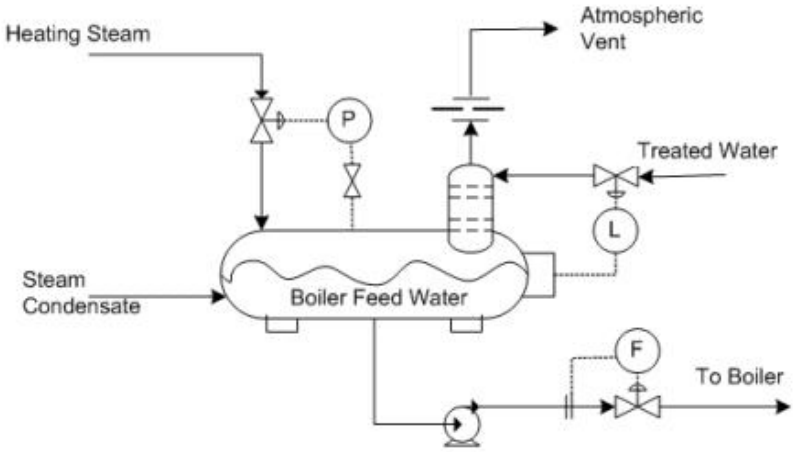
ถังไล่อากาศ (Deaerator) เป็นอุปกรณ์ทางกลที่ใช้กำจัดก๊าซที่ไม่ละลายออกจากระบบน้ำที่ป้อนเข้าสู่หม้อน้ำ ซึ่ง Deaerator จะปกป้องระบบไอน้ำจากการกัดกร่อนจากก๊าซโดยการลดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในระดับที่จะเกิดการกัดกร่อนน้อยที่สุด โดยที่ระดับออกซิเจนจะต้องน้อยกว่า 5 ppm ซึ่งจะป้องกันการกัดกร่อนที่แรงดันสูงกว่า 200 psi ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกกำจัดออกหมด

หลักการทำงานของ Deaerator คือ จะใช้ไอน้ำมาต้มน้ำที่จะเข้าหม้อน้ำให้ถึงจุดเดือด Deaerator ก็จะดักจับเอาก๊าซที่ไม่ละลายออก ส่วนการไหลของไอน้ำสามารถไหลได้หลายแบบ ไม่ว่าจะเป็นแบบขนานกัน แบบขวางกัน หรือแบบสวนทางกัน ในระหว่างการทำงานของ Deaerator เมื่อไอน้ำไหลผ่านน้ำ น้ำก็จะถูกทำให้ร้อนและเกิดการปั่นป่วน หลังจากนั้นก็จะทำให้เย็นลงและเกิดการควบแน่นที่ทางออก ส่วนก๊าซที่ไม่ควบแน่นก็จะถูกปล่อยออกไปผ่านปล่องทางออก



รูปที่ 2-41 ถังไล่อากาศ

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 2-42 การใช้งานถังไล่อากาศในระบบไอน้ำ

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

  ข้อดี

  - ช่วยดึงก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ออกจากน้ำ สามารถช่วยลดการกัดกร่อนของหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบ
  - ช่วยดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำออก สามารถช่วยลดการกัดกร่อนของหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบ
  - ช่วยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าสู่หม้อน้ำ
  - ช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น อากาศหรือก๊าซที่ไม่สามารถควบแน่นในไอน้ำทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพด้านความร้อนถึง 4 เท่า อากาศหรือก๊าซที่ไม่ควบแน่นในไอน้ำจะทำให้เกิดฉนวนกันความร้อนปกคลุมพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน
  - ช่วยให้มีการใช้ไอน้ำแฟลช (Flash Steam) ให้เป็นประโยชน์ โดยการนำความร้อนของไอน้ำแฟลชมาใช้ใหม่จะช่วยลดค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ
  - ช่วยเป็นจุดรวมที่สะดวกสำหรับคอนเดนเสทที่หมุนเวียน ทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำในโรงงานโดยไม่จำเป็นต้องส่งน้ำคอนเดนเสทเข้าถังพักก่อน

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

  Deaerator เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานกับระบบปิด การติดตั้งอุปกรณ์จึงจำเป็นที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบให้เป็นระบบปิดเสียก่อนจึงจะสามารถใช้งานอุปกรณ์ให้เต็มสมรรถนะ

2) ปั๊มคอนเดนเสท

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

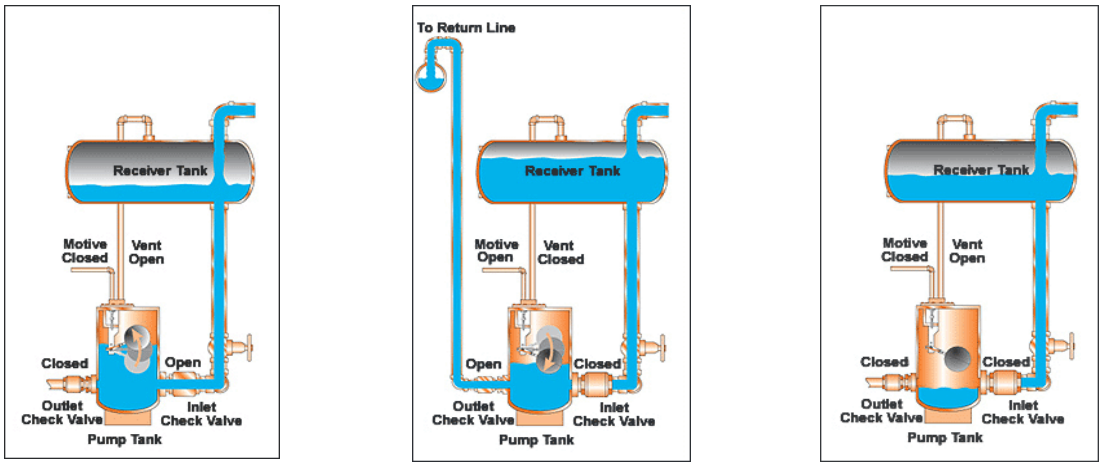
- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

ไอน้ำที่ควบแน่นหลังจากที่มีการถ่ายเทความร้อนแฝงไปสู่กระบวนการผลิตมีปริมาณความร้อน 20% ของปริมาณความร้อนเดิมที่เกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อเพลิง จึงเป็นความสิ้นเปลืองหากมีการทิ้งส่วนนี้ไป ไอน้ำที่ควบแน่นควรนำไปผ่านให้ความร้อนกับกระบวนการผลิตอื่นๆ ที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่าในระบบไอน้ำ ไอน้ำที่ควบแน่นที่ไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีในกระบวนการผลิต เมื่อผ่านการทำความสะอาดเพียงเล็กน้อยและปรับความเป็นกรด-ด่างแล้วนำกลับเข้าระบบป้อน จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมน้ำป้อนและลดการปล่อยน้ำที่ระบายทิ้ง ปริมาณความร้อนในน้ำที่ระบายทิ้งประมาณ 20% จะไปลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบไอน้ำลงมาก การประหยัดโดยการนำเอาไอน้ำควบแน่นกลับมาใช้ใหม่โดยใช้ปั๊มคอนเดนเสท (Condensate Pump) มีหลักการง่ายๆ คือ การปั๊มเอาน้ำคอนเดนเสทกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้ง ซึ่งปั๊มคอนเดนเสทนี้มีอยู่สองแบบ คือ แบบที่ใช้ไฟฟ้า กับแบบที่ใช้แรงดันจากไอน้ำมาขับ ซึ่งที่นิยมใช้กัน คือ แบบที่ใช้แรงดันไอน้ำมาขับซึ่งจะประหยัดพลังงานมากกว่า โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นที่ 1 ปั๊มจะรับน้ำที่ควบแน่นแล้วจากถังเก็บมาโดยไหลผ่านวาล์วทางเข้าปั๊ม ซึ่งขณะนี้วาล์วที่ทางออกกับวาล์วไอน้ำเข้ายังปิดอยู่

ขั้นที่ 2 เมื่อน้ำที่ปั๊มเต็มได้ระดับแล้ว วาล์วที่ปิดไอน้ำอยู่ก็จะถูกเปิดออก และวาล์วที่ทางเข้าก็จะถูกปิดลง น้ำก็จะถูกขับออกจากปั๊มเข้าไปที่ระบบน้ำเข้าหม้อน้ำ

ขั้นที่ 3 เมื่อระดับน้ำในถังลดต่ำลงถึงระดับหนึ่ง วาล์วน้ำที่ทางออกและวาล์วไอน้ำก็จะถูกปิด ส่วนวาล์วน้ำที่ทางเข้าก็จะถูกเปิดออกน้ำก็จะไหลกลับเข้ามาที่ปั๊ม



ขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 ขั้นที่ 3

รูปที่ 2-43 ขั้นตอนการทำงานของปั๊มคอนเดนเสท

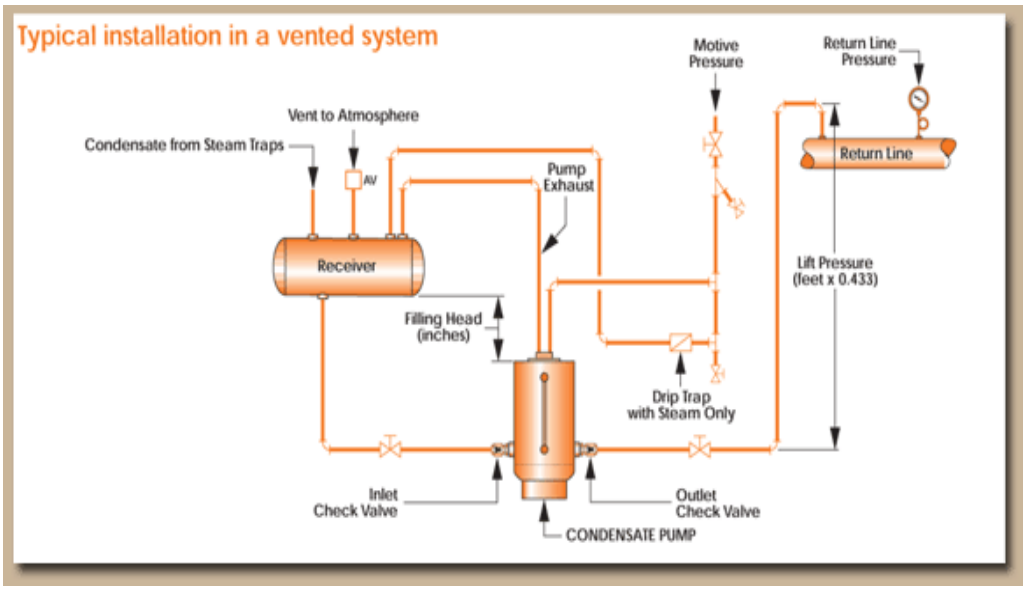
- ปัญหาของปั๊มน้ำป้อนเข้า

การนำเอาไอน้ำที่ควบแน่นกลับมาใช้ใหม่ ถึงแม้จะได้รับประโยชน์จากน้ำมากขึ้น แต่ก็อาจจะทำให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมาได้ ปัจจุบันอุณหภูมิของถังเก็บน้ำป้อนก็จะสูงอยู่แล้ว ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาของการเกิดโพรงอากาศ (Cavitation) และการเกิดไออั้น (Vapour Locking) ในเครื่องสูบน้ำที่ปั๊มน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำ เพื่อไม่ให้ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้น ปั๊มน้ำป้อนของหม้อน้ำจะต้องมีความดันทางด้านสูบเข้ามีค่าสุทธิเป็นบวก หรืออธิบายได้อย่างง่าย ๆ ก็คือ ถังเก็บน้ำป้อนเข้าต้องอยู่สูงกว่าทางเข้าของปั๊มน้ำป้อนที่เข้าหม้อน้ำ ในตารางด้านล่างแสดงให้เห็นความแตกต่างของความสูงที่น้อยที่สุดที่ต้องการสำหรับอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าที่แตกต่างกันออกไป

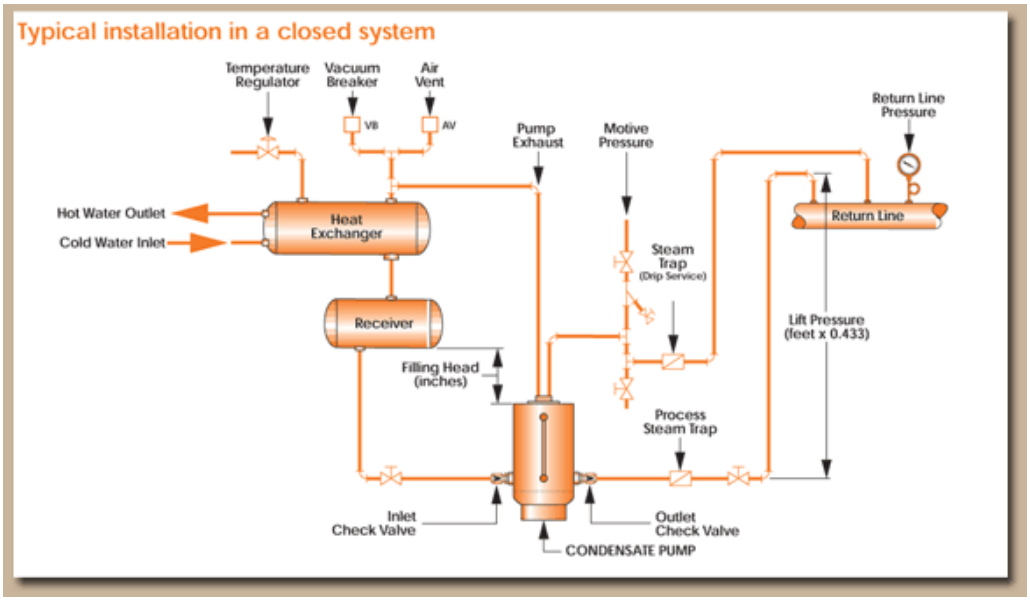
ตารางที่ 2-3 ความแตกต่างของความสูงที่น้อยที่สุดที่ต้องการและอุณหภูมิของน้ำป้อน

อุณหภูมิ (°C)	ความสูงของน้ำ (Suction Head) (m)
86	1.5
90	2.1
95	3.5
100	5.2

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 2-44 การใช้งานปั๊มคอนเดนเสทในระบบเปิด



รูปที่ 2-45 การใช้งานปั๊มคอนเดนเสทในระบบปิด

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

เป็นการประหยัดพลังงาน คือ จากหลักการทำงานของปั๊มคอนเดนเสทนี้ ไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าเหมือนปั๊มแบบไฟฟ้า

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การติดตั้งปั๊มคอนเดนเสท ถ้าติดตั้งแทนปั๊มแบบไฟฟ้าจะต้องมีการต่อท่อไอน้ำเพื่อใช้เป็นตัวขับดันคอนเดนเสท

2.2.4 เทคโนโลยีระบบควบคุมการโบลว์ดาวน์แบบอัตโนมัติ

เพื่อเป็นการรักษาความเข้มข้นของของแข็งละลายน้ำ (TDS) ในหม้อน้ำให้มีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดไว้ น้ำที่อุณหภูมิเท่ากับไอน้ำจะต้องปล่อยทิ้งออกไปจากหม้อน้ำและแทนที่ด้วยน้ำป้อนเข้าที่มีค่า TDS และอุณหภูมิต่ำกว่า กระบวนการดังกล่าวนี้ไม่เพียงแต่ต้องคำนึงถึงทั้งค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ใช้เพื่อให้ความร้อนของน้ำที่ระบายทิ้งไปที่อุณหภูมิไอน้ำแล้ว ยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายของการซื้อน้ำ การบำบัดน้ำ และการสูบน้ำเข้าไปในหม้อน้ำด้วย การระบายน้ำทิ้งมากเกินไปทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทั้งพลังงานและเงินเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงต้องระบายน้ำทิ้งให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นเท่านั้นในขณะที่ยังสามารถรักษาระดับ TDS ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในการออกแบบหม้อน้ำของผู้ผลิต วิธีสุ่มตัวอย่างและทดสอบอย่างเหมาะสมจะทำให้สามารถควบคุมให้เป็นไปตามข้อกำหนดได้

โดยเฉลี่ย ความร้อนจากการระบายน้ำทิ้งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ประมาณ 50% และอุปกรณ์ที่ใช้ต้องมีความพร้อมสำหรับการใช้งานด้วย

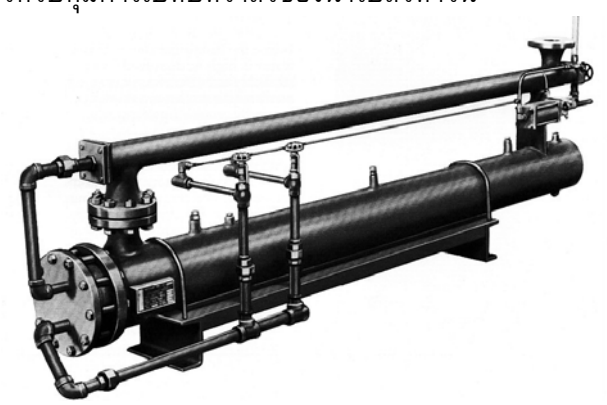
ระบบควบคุมการโบลว์ดาวน์แบบอัตโนมัติ (Automatic blowdown control system) เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

การระบายน้ำก้นหม้อน้ำเป็นระยะขณะเดินเครื่องเป็นการระบายตะกอน ช่วยป้องกันไม่ให้ตะกอนสะสมจนท่วมห้องเผาไหม้ ซึ่งจะเป็นสาเหตุการเกิดการบวมของห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ การระบายน้ำที่มีสารละลายเข้มข้นในหม้อน้ำออกในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้เราสามารถควบคุมสารละลายในน้ำหม้อน้ำให้มีค่าคงที่อยู่ในระดับที่ใช้งาน และไม่มีปัญหาเรื่องการเดือดพล่านและการกัดกร่อนเกิดขึ้นภายในหม้อน้ำ การปล่อยน้ำในหม้อน้ำออกมาขณะมีความดันใช้งานจะมีไอน้ำพ่นออกมารุนแรงและเสียงดังมากซึ่งอาจเกิดอันตรายได้ ดังนั้น การปล่อยน้ำก้นหม้อน้ำโดยผ่านถังแยกน้ำจะช่วยลดความรุนแรงและเก็บเสียงได้ อันตรายจะหมดไปเพราะมีการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำที่ปล่อยออกมา ทำให้น้ำร้อนถูกทิ้งลงทางด้านล่างในแนวดิ่ง ส่วนไอน้ำแฟลชที่เกิดขึ้นจะถูกปล่อยทิ้งออกทางด้านบนสู่อากาศ

นอกจากการระบายน้ำในหม้อน้ำทิ้งเป็นระยะแล้ว อีกวิธีหนึ่งจะเป็นการปล่อยน้ำในหม้อน้ำทิ้งแบบต่อเนื่อง (Continuous Blowdown) การควบคุมความเข้มข้นของสารละลายในหม้อน้ำโดยวิธีปล่อยน้ำทิ้งทางวาล์วใต้หม้อน้ำจะเก็บความร้อนจากน้ำทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ไม่ได้เพราะน้ำทิ้งมีตะกอนมาก จะทำให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอุดตันได้ ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงปล่อยน้ำทิ้งทางผิวน้ำ (Surface Blowdown) แทน โดยธรรมชาติของน้ำเวลาเดือดกลายเป็นไอน้ำ การระเหยจะเกิดที่ผิวน้ำ ซึ่งชั่วขณะที่น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำจะทิ้งสารละลายไว้ ทำให้บริเวณผิวน้ำมีความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่าด้านล่าง ดังนั้น ถ้าต้องการควบคุมสารละลาย การปล่อยน้ำทิ้งด้านผิวน้ำจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด น้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจะมีตะกอนน้อย สามารถนำความร้อนกลับได้ง่าย น้ำที่ปล่อยทิ้งจะควบคุมอัตราการไหลได้ด้วยการหรี่วาล์ว ความร้อนจากน้ำทิ้งสามารถนำมาให้ความร้อนแก่น้ำป้อนได้โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังรูปที่ 2-46

เทคโนโลยี Automatic Blowdown Control System เป็นระบบที่หาความเหมาะสมของการระบายน้ำทิ้งโดยการปล่อยน้ำทิ้งที่เที่ยงตรง มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณ TDS ปริมาณซิลิกา ฯลฯ โดยที่ระบบควบคุมจะเป็นตัวควบคุมการเปิดปิดวาล์วของน้ำโบลว์ดาวน์



รูปที่ 2-46 อุปกรณ์เก็บความร้อนกลับจากน้ำระบายทิ้ง

ตารางที่ 2-4 พลังงานที่นำกลับมาใช้ได้จากการโบลว์ดาวน์

Recoverable Heat from Boiler Blowdown					
Blowdown Rate, % Boiler Feedwater	Heat Recovered, Million Btu per hour (MMBtu/hr)				
	Steam Pressure , psig				
	50	100	150	250	300
2	0.45	0.5	0.55	0.65	0.65
4	0.9	1.0	1.1	1.3	1.3
6	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0
8	1.7	2.0	2.2	2.6	2.7
10	2.2	2.5	2.8	3.2	3.3
20	4.4	5.0	5.6	6.4	6.6

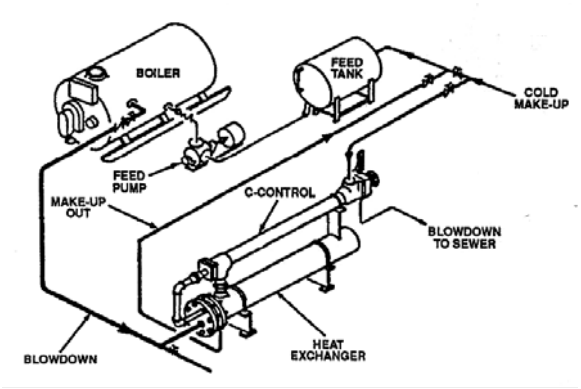
ตารางที่ 2-5 ต้นทุนที่ประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์

Saving Through Instaltion of Automatic Blowdown-Control System			
Blowdown Reduction lb/hr	Annual Saving, $		
	Fuel	Water and Chemicals	Total
1,000	27,200	4,200	31,400
2,000	54,400	8,400	62,800
4,000	108,800	16,800	125,600

จากตารางแสดงพลังงานที่นำกลับมาใช้ได้จากการโบลว์ดาวน์ แสดงให้เห็นถึงค่าความร้อนที่นำกลับมาใช้ได้จากการโบลว์ดาวน์ โดยนำน้ำที่ได้จากการโบลว์ดาวน์ไปผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อไปอุ่นน้ำที่จะป้อนให้กับหม้อน้ำ ยิ่งอัตราการโบลว์ดาวน์เพิ่มขึ้น ค่าความร้อนที่นำกลับมาใช้ได้ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

หม้อน้ำที่มีการติดตั้งเทคโนโลยี Automatic blowdown control system แล้วจะมีการลดลงของอัตราการโบลว์ดาวน์ซึ่งทุก 100,000 lb/hr หม้อน้ำจะมีการลดอัตราการโบลว์ดาวน์ลงจาก 8% เหลือ 6% และอัตราการป้อนน้ำให้หม้อน้ำจะลดลงประมาณ 2,300 lb/hr

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 2-47 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บความร้อนกลับจากการโบลว์ดาวน์

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี
  ลดต้นทุนการผลิตน้ำและสารเคมีที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำ
- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต
  การติดตั้ง Automatic Blowdown Control System จะต้องมีการติดตั้งชุดควบคุมเพิ่ม

2.2.5 เทคโนโลยีใหม่ของระบบไอน้ำ

1) ระบบควบคุมแรงดันไอน้ำ

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

สำหรับหม้อน้ำที่มีขนาดเล็กระหว่าง 100-300 แรงม้านั้น ปริมาณการผลิตไอน้ำจะมีผลต่อการทำงานของหม้อน้ำเป็นอย่างมาก ซึ่งในช่วงที่มีความต้องการใช้ไอน้ำมาก แรงดันไอน้ำจะลดต่ำลง และเมื่อหยุดการใช้งานไอน้ำ แรงดันไอน้ำจะเพิ่มขึ้นได้ในเวลาอันสั้น ซึ่งเมื่อไม่มีการควบคุมการผลิตไอน้ำที่เหมาะสม ไอน้ำส่วนเกินจะต้องถูกถ่ายทิ้งไปทางวาล์วระบาย จึงเกิดการสูญเสียโดยไม่จำเป็น จะเห็นได้ว่าโดยปกติแล้ว ความต้องการไอน้ำสำหรับการใช้ในการผลิตที่เกิดอย่างไม่ต่อเนื่องจะทำให้แรงดันไอน้ำเปลี่ยนแปลงได้เร็วมาก การใช้วาล์วระบายเป็นตัวควบคุมไม่ให้แรงดันเกินเพียงอย่างเดียวจึงส่งผลให้ บางจังหวะเกิดการผลิตไอน้ำเกินความจำเป็น ดังนั้น หากสามารถลดไอน้ำที่เกินความจำเป็นและปรับปริมาณการผลิตให้เหมาะสมได้ ไอน้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากวาล์วระบายนั้นก็ย่อมลดลงและช่วยประหยัดพลังงานได้ในทางอ้อมเช่นกัน

เทคโนโลยีการควบคุมแรงดันไอน้ำนั้นจะอาศัยการวัดแรงดันไอน้ำจากดรัมทางด้านบน โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันเอาไว้ พร้อมทั้งติดตั้งระบบควบคุมแรงดันไอน้ำภายในดรัม เมื่อมีแรงดันไอน้ำใกล้เคียงกับที่ต้องการหรือค่าที่ตั้งเอาไว้แล้ว ระบบควบคุมก็จะเข้าไปสั่งให้มีการจ่ายเชื้อเพลิงและอากาศให้ลดลงเพื่อลดปริมาณการเผาไหม้ ทำให้ระบบค่อยๆ ลดอัตราการผลิตไอน้ำลงตามไปด้วย โอกาสที่ไอน้ำที่ผลิตมากเกินความต้องการและจำเป็นต้องปล่อยทิ้งไปทางวาล์วระบายจึงลดลง เมื่อมีความต้องการใช้ไอน้ำมาก แรงดันไอน้ำที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกับค่าที่กำหนด ระบบควบคุมก็สามารถสั่งให้หม้อน้ำทำงานเต็มกำลัง หม้อน้ำก็จะผลิตไอน้ำได้อย่างรวดเร็ว จนกระทั่งใกล้ถึงค่าที่กำหนดเอาไว้ก็จะมีการปรับลดอัตราการผลิตลง

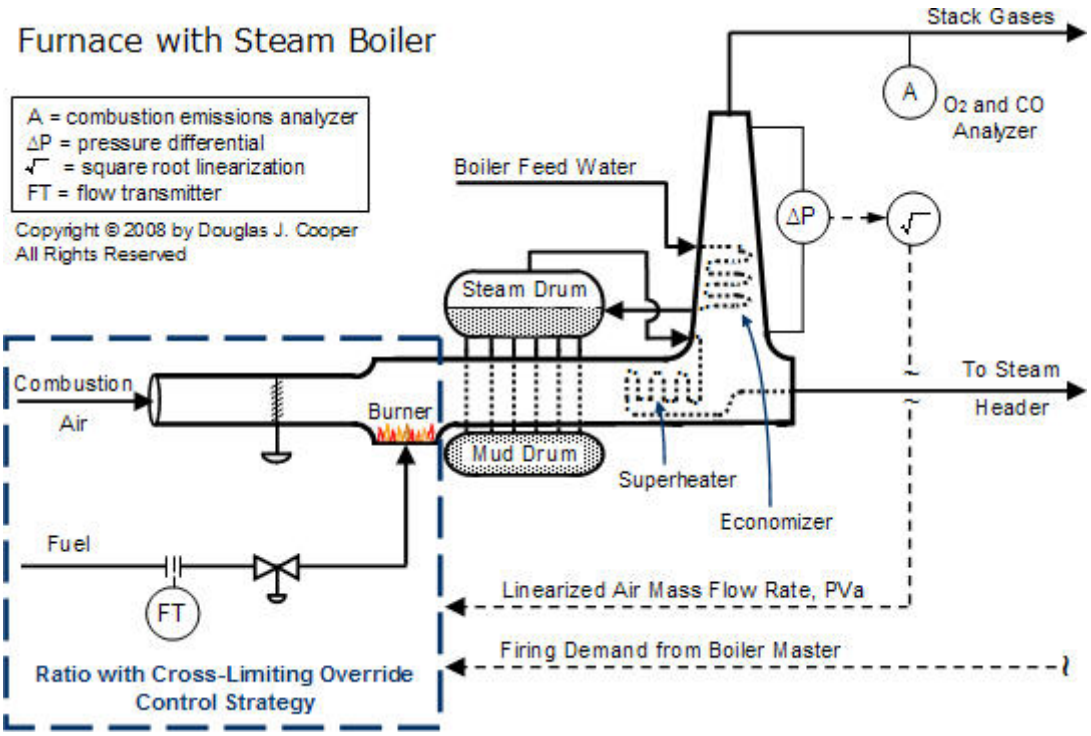
- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไอน้ำในส่วนที่ไม่จำเป็น เป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี แต่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม และหากหม้อน้ำมีขนาดใหญ่อาจจะไม่ได้ประโยชน์จากการควบคุมจากส่วนนี้เพียงอย่างเดียว

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดแรงดันไอน้ำที่หม้อน้ำและอุปกรณ์ควบคุมเพื่อปรับปริมาณอากาศและเชื้อเพลิงเพิ่มเติมให้กับระบบ

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 2-48 การใช้เทคโนโลยีการควบคุมแรงดันไอน้ำ

2) การปรับสมดุลการใช้หม้อน้ำ

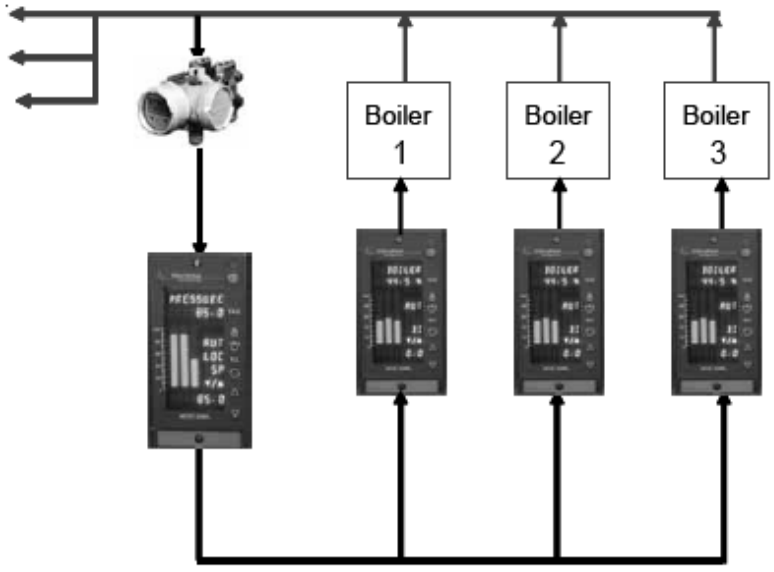
เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

สำหรับโรงงานที่มีขนาดใหญ่ อาจจะมีความจำเป็นต้องใช้หม้อน้ำหลายตัวทำงานร่วมกันโดยต่อร่วมกันแบบขนาน ซึ่งในบางช่วงเวลาที่เครื่องจักรในระบบการผลิตไม่ได้ทำงานเต็มที่ อาจจะมีความต้องการไอน้ำไม่สูงมากนัก หม้อน้ำเพียงตัวเดียวก็สามารถผลิตไอน้ำได้มากเพียงพอ แต่โรงงานอาจจะต้องเปิดให้หม้อน้ำทำงานพร้อมกันทั้งหมดตลอดเวลา ซึ่งจะส่งผลให้หม้อน้ำทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ผลิตไอน้ำเกินความจำเป็น และต้องสูญเสียทั้งเชื้อเพลิงและไอน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์

ระบบการปรับสมดุลการใช้หม้อน้ำนั้นจะเข้าไปควบคุมการเริ่มต้นทำงานและการหยุดการทำงานของหม้อน้ำ โดยพิจารณาจากปริมาณไอน้ำที่ต้องการในระบบ และวิเคราะห์จากกำลังของหม้อน้ำแต่ละตัวในระบบ โดยเมื่อมีความต้องการใช้ไอน้ำน้อย ระบบจะสั่งให้หม้อน้ำทำงานเฉพาะเท่าที่จำเป็น จากนั้น เมื่อมีความต้องการมากขึ้น ก็จะสั่งให้หม้อน้ำตัวถัดมาเริ่มทำงาน และปรับกำลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม จนกระทั่งเมื่อระบบในโรงงานต้องการไอน้ำมากขึ้น ก็จะสั่งให้หม้อน้ำถัดมาทำงาน เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ และเมื่อมีความต้องการใช้ไอน้ำลดลงจนถึงจุดที่ต่ำเพียงพอ ระบบจะตัดสินใจหยุดการทำงานของหม้อน้ำบางตัวลงเพื่อลดการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองได้เอง รวมทั้งสามารถปรับชั่วโมงการทำงานของหม้อน้ำที่มีในโรงงานให้เหมาะสมกันเพื่อยืดอายุการใช้งานของหม้อน้ำได้เอง และหน่วงเวลาการเริ่มทำงานระหว่างหม้อน้ำแต่ละตัวเพื่อช่วยลดเชื้อเพลิงและไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นจากการเริ่มต้นทำงานของอุปกรณ์หลายๆ ตัวพร้อมกันได้อีกด้วย

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 2-49 การใช้งานระบบปรับสมดุลช่วยกระจายภาระการทำงานของหม้อน้ำ

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและไอน้ำจากการทำงานของหม้อน้ำที่ไม่จำเป็น โดยลดกำลังการผลิตให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และช่วยกระจายภาระการทำงานของหม้อน้ำให้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันทุกตัว ช่วยให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น แต่ระบบนี้มักจะมีความสามารถจำกัด โดยสามารถควบคุมหม้อน้ำได้เป็นชุด ชุดละ 3-4 ตัวเท่านั้น หากโรงงานมีหม้อน้ำมากกว่านี้ จะต้องติดตั้งระบบเพิ่มขึ้นหรือแยกระบบท่อส่งไอน้ำออกจากกัน

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดปริมาณการใช้ไอน้ำ อุปกรณ์ควบคุมส่วนกลาง และอุปกรณ์ควบคุมที่หม้อน้ำแต่ละตัว

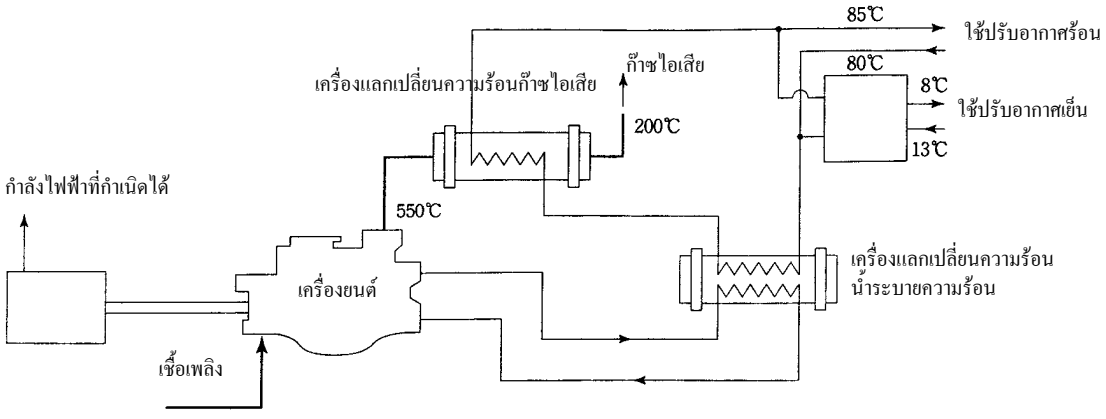
3) ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration) เป็น Hybrid System ที่สามารถผลิตและจ่ายพลังงานทุติยภูมิตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปจากแหล่งพลังงานปฐมภูมิชนิดเดียว โดยทั่วไปจะเป็นระบบที่ผลิตพลังงานทุติยภูมิที่เป็นแรงขับเคลื่อน (รวมถึงพลังงานไฟฟ้า) และความร้อนพร้อมๆ กัน เรียกว่า “Dual-Purpose Electricity and Steam Generation”

เครื่องต้นกำลังอาจใช้เครื่องยนต์ก๊าซ เครื่องยนต์ดีเซล กังหันก๊าซ กังหันไอน้ำ ฯลฯ แต่โดยทั่วไปจะไม่รวมถึงการจ่ายความร้อนร่วมจากกังหันไอน้ำ (ตัวอย่างเช่น Extraction Turbine หรือ Back Pressure Turbine ฯลฯ) ดังนั้น จึงต้องระมัดระวังในกรณีที่จะเปรียบเทียบกับระบบของทางตะวันตก ในอนาคตเซลล์เชื้อเพลิงและ Stirling Engine อาจสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมได้ ในที่นี้จะเรียกระบบที่มีพื้นฐานบนเครื่องยนต์สันดาปภายในและกังหันก๊าซโดยไม่คิดถึงกังหันไอน้ำว่า “ระบบโคเจนเนอเรชั่นในความหมายแคบ” และหากไม่ระบุไว้เป็นพิเศษจะหมายถึงกรณีนี้เท่านั้น

โครงสร้างหลักของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมประกอบด้วยเครื่องต้นกำลัง (รวมทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) เพื่อผลิตแรงขับเคลื่อน และเครื่องนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ (เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เครื่องกำเนิดไอน้ำ หม้อต้มน้ำร้อน ฯลฯ) ซึ่งมีหน้าที่นำความร้อนทิ้งกลับมาใช้โดยแปลงเป็นพลังงานทุติยภูมิ เครื่องนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ (เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน ปั๊มความร้อน ฯลฯ) เครื่องส่งความร้อน (ปั๊ม ท่อ ฯลฯ) เครื่องสะสมความร้อน (ถังน้ำเย็น ถังน้ำร้อน ฯลฯ) เป็นต้น

การนำความร้อนกลับมาใช้ นอกจากจะนำมาจากก๊าซไอเสียอุณหภูมิสูงแล้ว ในเครื่องยนต์ก๊าซและเครื่องยนต์ดีเซลยังสามารถนำมาจากน้ำระบายความร้อนเสื้อสูบได้อีกด้วย ความร้อนเหล่านี้เป็นความร้อนสูญเสียส่วนใหญ่จากเครื่องต้นกำลังซึ่งมีสัดส่วนปริมาณประมาณ 30% การนำกลับมาใช้จึงมีประสิทธิผลสูง การนำความร้อนกลับมาจากน้ำมันหล่อลื่นก็สามารถทำได้ แต่โดยทั่วไปจะไม่ทำเนื่องจากไม่คุ้มทุน การนำความร้อนกลับมาใช้โดยทั่วไปจะนำกลับมาในรูปน้ำร้อนหรือไอน้ำ

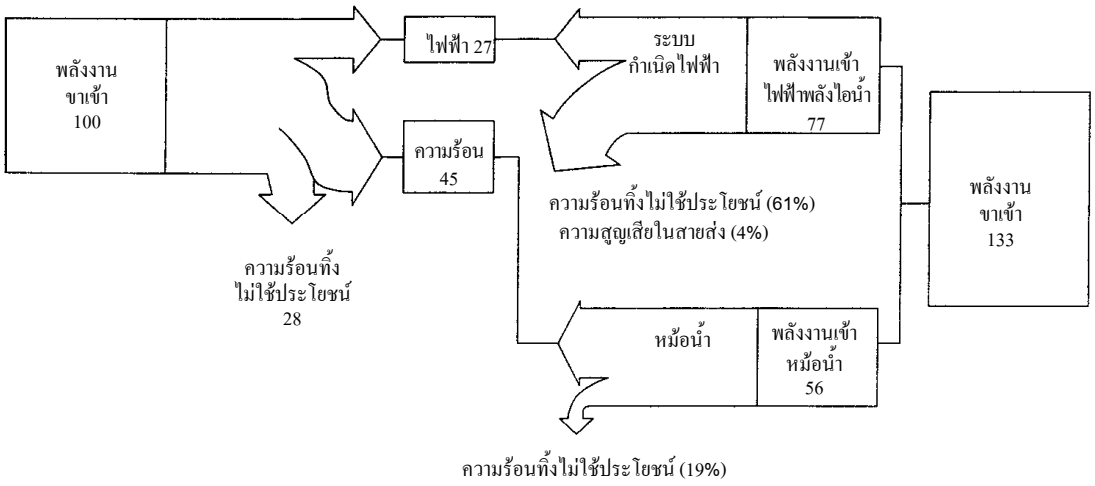


รูปที่ 2-50 โครงสร้างของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

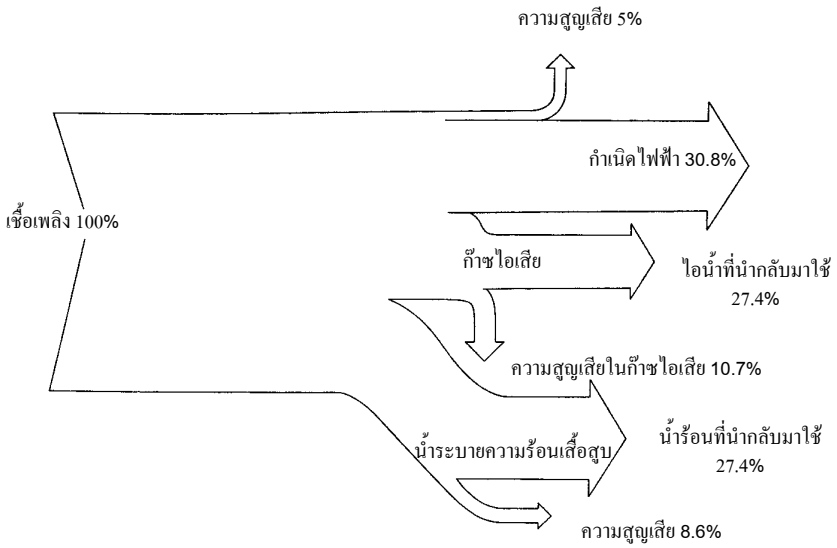
ด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้ว ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมจึงเป็นระบบที่นำความร้อนทิ้งที่แต่เดิมเครื่องต้นกำลังสำหรับกำเนิดไฟฟ้าปล่อยทิ้งไปในบรรยากาศและในน้ำระบายความร้อน การนำกลับมาใช้

ประโยชน์ กล่าวได้ว่าเป็นการใช้งานพลังงานแบบ Cascade ซึ่งสามารถช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรด้วยการนำพลังงานที่มีอยู่แล้วมาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

หากวางแผนอย่างรัดกุมโดยนำความร้อนทิ้งมาใช้ประโยชน์ได้มาก ประสิทธิภาพความร้อนรวมแม้แต่ในระบบขนาดเล็กก็อาจสูงถึง 80% รวมทั้งสามารถใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเฉพาะที่ ซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับความต้องการใช้โดยไม่มีการสูญเสียในการส่งไฟฟ้า ดังนั้น นอกจากจะเป็นการอนุรักษ์พลังงานแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนพลังงานได้มากด้วย รูปที่ 2-50 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม รูปที่ 2-51 แสดงตัวอย่างเปรียบเทียบปริมาณพลังงานปฐมภูมิของระบบโคเจนเนอเรชั่นกับระบบดั้งเดิม และรูปที่ 2-52 แสดงตัวอย่างสมดุลความร้อนของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม



รูปที่ 2-51 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมกับระบบดั้งเดิม



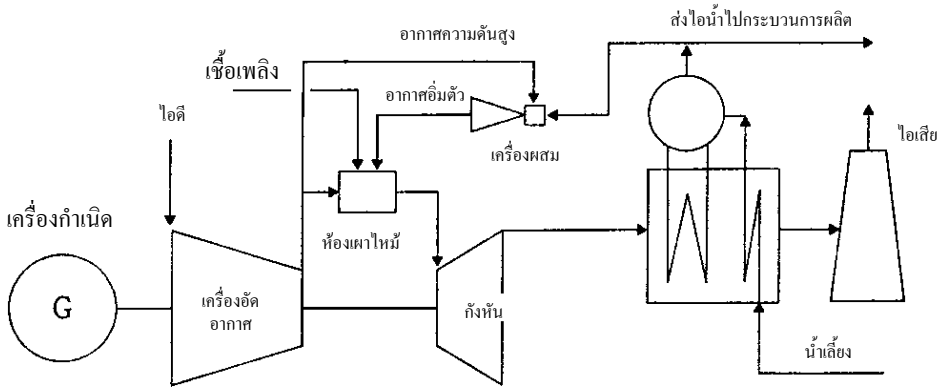
รูปที่ 2-52 สมดุลความร้อนของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

- ข้อควรระวังในการวางแผน

ในการเพิ่มอัตราการใช้งาน จะทำให้เกิดความคุ้มทุนและรักษาความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ มีข้อควรระวังในการวางแผนหลายประการประสิทธิผลในการนำระบบมาใช้จะขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

- สภาพของภาระ (ทั้งไฟฟ้าและความร้อน)
- มีการซื้อ-ขายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือไม่
- ประเภทของเครื่องต้นกำลังและเชื้อเพลิงที่ใช้

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำให้ระบบมีประสิทธิผลสูงสุด ได้แก่ การต้องสามารถเดินเครื่องโดยให้เกิดสมดุลระหว่างภาระไฟฟ้าและภาระความร้อน หากอุปสงค์และอุปทานของไฟฟ้าหรือความร้อนอย่างใดอย่างหนึ่งมีมากหรือน้อยเกินไปมากๆ ระบบจะมีประสิทธิภาพต่ำลง แม้จะมีการพัฒนาระบบที่สามารถปรับสัดส่วนระหว่างไฟฟ้าและความร้อนได้อย่างอิสระ แต่ก็มีขีดจำกัด ดังนั้น ในการวางแผนนำระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมมาใช้ จะต้องตรวจสอบสภาพของภาระไฟฟ้าและความร้อนอย่างถูกต้อง คำนึงถึงการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ความเชื่อถือได้ ฯลฯ และเพื่อให้มีอัตราการใช้งานสูงสุด สิ่งสำคัญคือต้องทำการคัดเลือกโดยทำการจำลองทั้งประเภท กำลังการผลิต (Capacity) และจำนวนของเครื่องต้นกำลัง และทำการประเมินความคุ้มทุนอย่างถี่ถ้วน



รูปที่ 2-53 โครงสร้างของระบบที่สามารถปรับสัดส่วนไฟฟ้ากับความร้อนได้

ตารางที่ 2-6 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของเครื่องต้นกำลังชนิดต่างๆ ที่มีขนาดทั่วไปที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม ตารางนี้เป็นเพียงหลักการคร่าวๆ เท่านั้นในการเลือกใช้ เนื่องจากขนาดกำลังขาออกและเงื่อนไขต่างๆ จะแตกต่างกัน จึงต้องศึกษาอย่างเป็นรูปธรรมเป็นกรณีๆ ไป

ตารางที่ 2-6 การเปรียบเทียบสมบัติของเครื่องต้นกำลังชนิดต่างๆ

เครื่องต้นกำลัง	เครื่องยนต์ดีเซล	เครื่องยนต์ก๊าซ	กังหันก๊าซ
ขนาดที่ใช้	กลาง (ถึง 10,000 kW)	เล็ก-กลาง (ถึง 5,000 kW)	กลาง-ใหญ่ (ถึง 15,000 kW)
เชื้อเพลิง	น้ำมันก๊าด น้ำมันเบา น้ำมันหนัก A ฯลฯ	ก๊าซ	ก๊าซ น้ำมันก๊าด น้ำมันเบา ฯลฯ
ประสิทธิภาพการกำเนิดไฟฟ้า	30-45%	25-40%	20-35%
วิธีนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้	น้ำร้อนเป็นหลัก	น้ำร้อนเป็นหลัก	ไอน้ำเป็นหลัก
ประสิทธิภาพรวม	70-85%	70-85%	70-85%
มาตรการป้องกันเสียงดัง	ต้องมี	ต้องมี	ต้องมี
มาตรการป้องกัน NO_x	หน่วงจังหวะเวลาฉีดพ่นเชื้อเพลิง นำก๊าซไอเสียไปหมุนเวียนใหม่ กำจัดไนโตรเจนด้วยแอมโมเนีย ฯลฯ	Lean Burn Three-Way Catalytic Converter กำจัดไนโตรเจนด้วยแอมโมเนีย ฯลฯ	ฉีดพ่นน้ำหรือไอน้ำ Premix Lean Burn กำจัดไนโตรเจนด้วยแอมโมเนีย ฯลฯ

4) ระบบ Combined cycle

- หลักการทำงาน

ก๊าซไอเสียของกังหันก๊าซแบบ Simple Open Cycle จะมีอุณหภูมิสูงและมีออกซิเจนอยู่มาก จึงมีพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อนำความร้อนกลับมาใช้โดยนำไปคายความร้อนให้หม้อน้ำแบบ Waste Heat Boiler หรือใช้เป็นอากาศสำหรับเผาไหม้ในหม้อน้ำโดยเป่าพ่นเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้ในก๊าซไอเสียนี้เพื่อผลิตไอน้ำแล้ว จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพรวมสูงขึ้นมาก กรณีที่นำไอน้ำนี้ไปใช้ในกระบวนการผลิตจะเรียกระบบนี้ว่า Cogeneration และหากนำไปขับกังหันไอน้ำจะเรียกว่า Combined Cycle

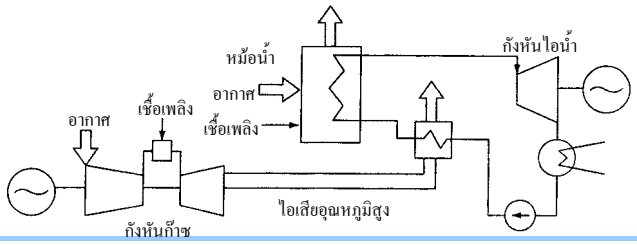
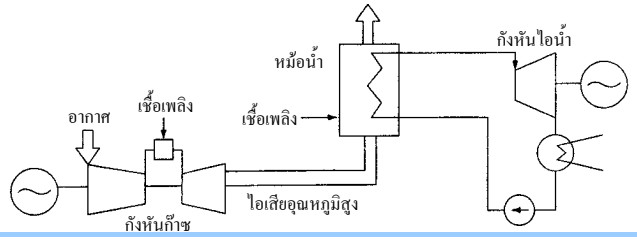
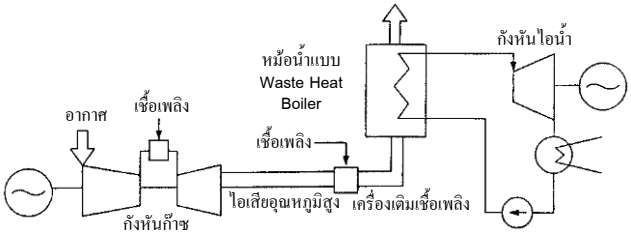
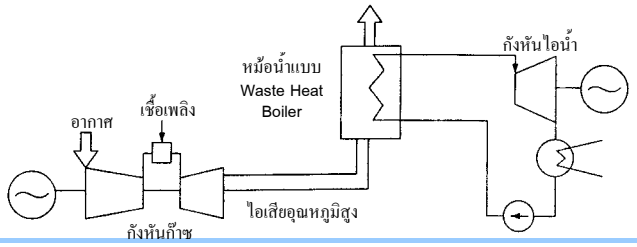
Combined Cycle ในความหมายกว้างมีหลายประเภท เช่น เครื่องต้นกำลังที่ใช้เป็นวัฏจักรบน (Topping) อาจใช้การกำเนิดไฟฟ้าแบบ Magneto hydrodynamic (MHD) Power Generation ซึ่งจะปล่อยก๊าซอุณหภูมิสูง และเครื่องจักรขับเครื่องที่ใช้เป็นฐานก็ไม่จำเป็นต้องเป็นกังหันไอน้ำเสมอไป แต่ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะที่ใช้กังหันไอน้ำเป็นวัฏจักรล่าง (Bottoming) เท่านั้น

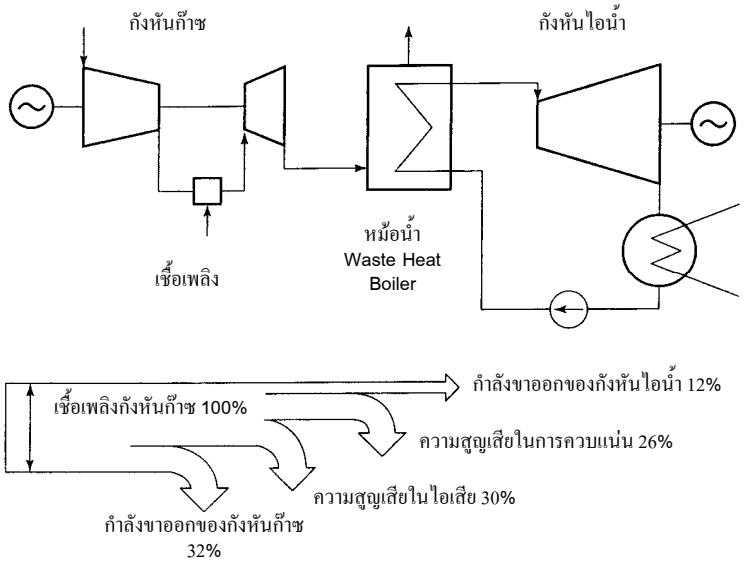
แนวคิดเรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบ Combined Cycle โดยใช้กังหันก๊าซไม่ใช่แนวคิดใหม่ รูปแบบอื่นก็มีหลายอย่างซึ่งได้ถูกนำมาใช้แล้วดังตารางที่ 2-7 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขาเข้าของกังหันก๊าซจะทำให้กังหันมีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่อุณหภูมิก๊าซไอเสียก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ระยะหลังนี้ก๊าซไอเสียจะมีอุณหภูมิถึง 550-600°C ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนที่เหลือในก๊าซไอเสียมีค่าต่ำ วิธีนำความร้อนกลับมาใช้โดยที่ไม่ต้องเพิ่มเชื้อเพลิงเข้าไปจึงกลายเป็นวิธีที่ใช้กันเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีการนำวิธี Exhaust Gas Reheating มาใช้ในการ Repowering โรงไฟฟ้าพลังความร้อนเก่าและโรงไฟฟ้าพลังขยะมากขึ้นดังรูปที่ 2-54 ที่แสดงหลักการทำงานของ Combined Cycle กับตัวอย่างสมดุลความร้อน

การกำเนิดไฟฟ้าด้วย Combined Cycle เป็นวิธีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนได้อย่างมาก ในขณะที่การเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนด้วยการเพิ่มอุณหภูมิและความดันเริ่มเข้าใกล้ขีดจำกัดเข้าไปเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้ เทคโนโลยีข้างต้นจึงแพร่หลายอย่างรวดเร็วในฐานะที่เป็นเทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองความต้องการของยุคสมัยได้ ปัจจุบันจึงกลายเป็นวิธีหลักในการผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนแล้ว กล่าวคือ ประสิทธิภาพความร้อนของ Combined Cycle นั้นแม้จะใช้กังหันก๊าซเดิมๆ แบบ Simple Open Cycle ที่มีอุณหภูมิก๊าซขาเข้ากังหัน 1,100°C ก็ยังมีประสิทธิภาพประมาณ 43% หากใช้กังหันก๊าซประสิทธิภาพสูงอุณหภูมิ 1,350°C ก็อาจจะมีประสิทธิภาพสูงได้ถึงประมาณ 48% ยิ่งกว่านั้น ปัจจุบันกำลังมีการพัฒนากังหันก๊าซรุ่นใหม่อุณหภูมิ 1,500°C ซึ่งจะทำให้วัฏจักรมีประสิทธิภาพสูงถึง 53%

นอกจากนี้ ปัจจุบันยังมีแนวคิดที่จะนำเครื่องยนต์เจตสำหรับเครื่องบินมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าอีกด้วย กังหันก๊าซสำหรับเครื่องบินแต่เดิมเคยนำมาใช้สำหรับรองรับภาระสูงสุดเป็นระยะเวลาสั้นๆ หรือใช้ในกรณีฉุกเฉิน อย่างไรก็ตาม เครื่องบินซึ่งต้องการแรงขับดันอย่างมากนั้นเป็นเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนความดันสูงถึง 30 เท่า เฉพาะเครื่องยนต์เองก็มีประสิทธิภาพสูงถึง 37-40% ในอนาคตเครื่องยนต์จะมีประสิทธิภาพ 40-44% เมื่อนำมาใช้ใน Combined Cycle จะทำให้ได้ประสิทธิภาพถึง 50-55% ขึ้นไป จึงมีโครงการที่จะนำกังหันก๊าซมาใช้ ยิ่งไปกว่านั้น ในโรงไฟฟ้า Combined Cycle ประสิทธิภาพสูงเหล่านี้ ยังถูกคาดหวังว่าอนาคตจะไปใช้ร่วมกับโรงไฟฟ้าแบบ Coal-Gasification กลายเป็นระบบกำเนิดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงและสะอาด

ตารางที่ 2-7 Combined cycle ประเภทต่างๆ

	หลักการทำงาน	ภาพโครงสร้างระบบ
นำไอเสียมาอุ่นน้ำเลี้ยง	นำความร้อนทิ้งจากกังหันก๊าซมาให้ความร้อนแก่น้ำเลี้ยงของโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ	
นำไอเสียมาเผาไหม้ซ้ำ	นำความร้อนทิ้งจากกังหันก๊าซมาใช้เป็นอากาศสำหรับเผาไหม้ของหม้อน้ำเพื่อนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้	
นำไอเสียมาเติมเชื้อเพลิง	ระหว่างทางที่นำก๊าซไอเสียจากกังหันก๊าซไปที่หม้อน้ำแบบ Waste Heat Boiler จะทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงเสริมเพื่อปรับปรุงสภาวะของไอน้ำให้ดีขึ้นและเพิ่มกำลังขาออกของกังหันไอน้ำ	
นำความร้อนทิ้งมาใช้	นำไอเสียของกังหันก๊าซมาคายความร้อนให้หม้อน้ำแบบ Waste Heat Boiler แล้วใช้ไอน้ำที่เกิดขึ้นไปขับกังหันไอน้ำ	



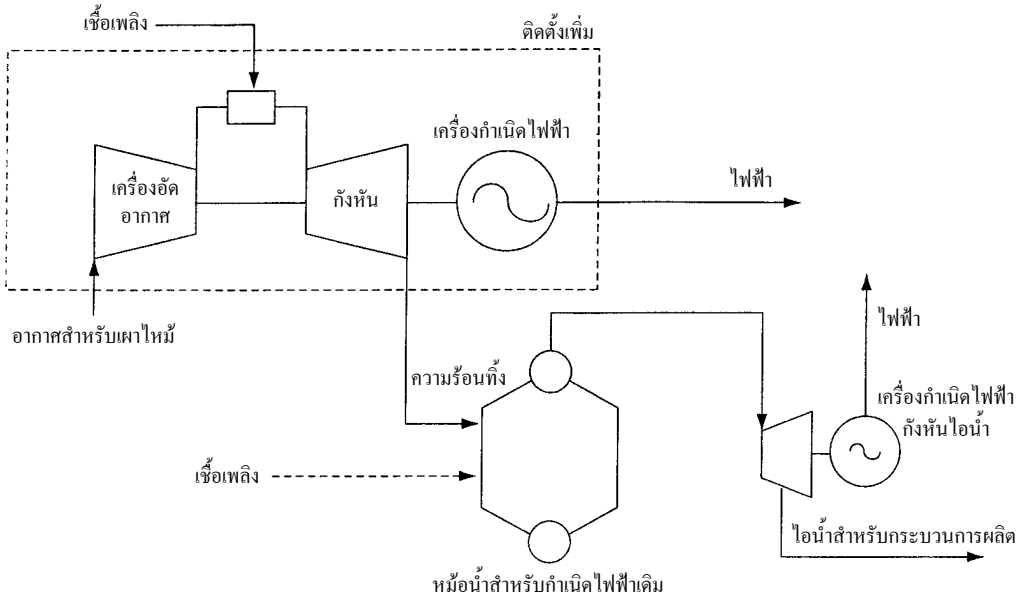
รูปที่ 2-54 หลักการทำงานของ Combined cycle และตัวอย่างสมดุลความร้อน

เมื่อมีภาระไม่เต็มพิกัด ปริมาณไอเสียของกังหันก๊าซจะลดลง อัตราความสิ้นเปลืองความร้อนของโรงไฟฟ้า Combined Cycle จึงลดลงอย่างมาก แต่ถ้าโรงไฟฟ้าประกอบด้วยกังหันก๊าซหลายตัวแล้วใช้วิธีควบคุมจำนวนเครื่องจะมีข้อดี คือ สามารถรักษาประสิทธิภาพสูงขณะที่มีภาระไม่เต็มพิกัดได้ วิธีกำเนิดไฟฟ้าแบบ Combined Cycle ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบเพลาเดี่ยว ซึ่งกังหันก๊าซจะต่อกับกังหันไอน้ำโดยตรงบนเพลาเดียวกัน แต่นำมาเรียงกันหลายๆ ชุด กับแบบหลายเพลา ซึ่งประกอบด้วยกังหันก๊าซหลายตัวกับกังหันไอน้ำ 1 ตัว แบบเพลาเดี่ยวสามารถตรวจซ่อมแต่ละเพลาได้โดยไม่ต้องหยุดโรงไฟฟ้า เหมาะสำหรับเดินเครื่องรับภาระค่ากลางๆ ส่วนแบบสองเพลา ในการตรวจซ่อมกังหันไอน้ำจะไม่สามารถกำเนิดไฟฟ้าได้ เหมาะสำหรับเดินเครื่องรับภาระฐาน (Base Load)

5) การทำ Repowering

Repowering หมายถึง การนำเครื่องจักรใหม่ไปติดตั้งเพิ่มเติมให้โรงไฟฟ้าเดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ รวมถึงการเพิ่มกำลังของโรงไฟฟ้าพลังน้ำโดยพิจารณาปรับระบบน้ำใหม่ด้วย แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงการติดตั้งกังหันก๊าซเพิ่มเติมให้โรงไฟฟ้าพลังความร้อนเดิม เพื่อทำ Combined Cycle กับหม้อน้ำและกังหันไอน้ำที่มีอยู่แล้วดังรูปที่ 2-55

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่เดินเครื่องโดยใช้น้ำมันหนักชนิด C หรืออื่นๆ เป็นเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ โดยติดตั้งเครื่องกำจัดกำมะถันที่ปล่องไอเสียนั้น โดยมากจะถูกนำมาพิจารณาทำ Repowering เมื่ออยู่ในสถานะที่ต้องเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นชนิดอื่น โดยอาจจะพิจารณาความสมดุลระหว่างการลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมกับการลดต้นทุนพลังงาน เป็นต้น



รูปที่ 2-55 ตัวอย่าง Repowering system

บทที่ 3
แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

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 รวมถึงความเอาใจใส่ในการตรวจสอบดูแลบำรุงรักษาอย่างถูกวิธี ก็อาจเกิดอันตรายแก่ชีวิตและทรัพย์สินที่อยู่รอบข้างหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนได้เทียบเท่าเช่นเดียวกับระบบไอน้ำ

3.1 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

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

โครงสร้างภายนอกทั่วไปของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนจะเหมือนกับหม้อน้ำมาก โดยจะมีจุดแตกต่างหรือข้อสังเกตคือ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนใช้เกจวัดอุณหภูมิกับเกจวัดความดันคู่กัน ส่วนหม้อน้ำจะใช้เกจวัดความดันเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีรายละเอียดปลีกย่อยที่สามารถบ่งบอกความแตกต่างได้ แต่ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญและประสบการณ์

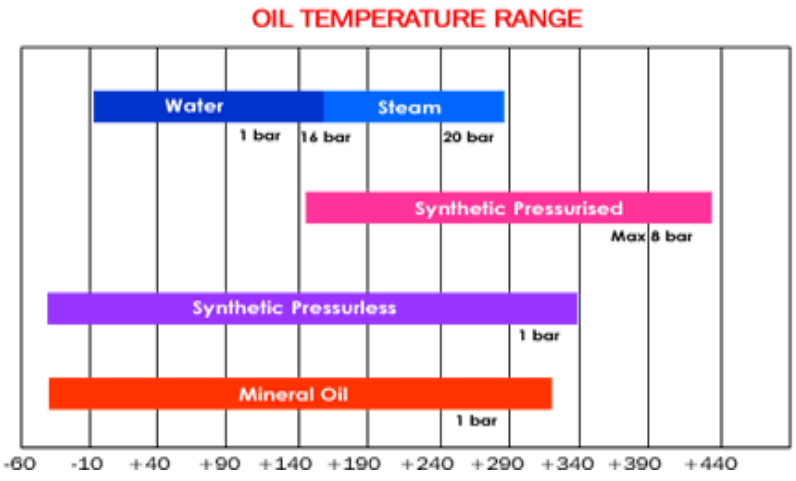
หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและหม้อน้ำต่างก็มีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกัน ดังนั้น การจะเลือกใช้เครื่องจักรชนิดใดควรจะพิจารณาความเหมาะสมหลายๆ ด้าน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนเพื่อเป็นข้อมูลดังนี้

ข้อดีของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่

- อันตรายจากการระเบิดน้อยกว่า
- สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูง แต่ความดันต่ำ ซึ่งหากเทียบกับการใช้ไอน้ำที่ผลิตจากหม้อน้ำ พบว่าไอน้ำต้องมีความดันสูงกว่ามาก จึงจะมีอุณหภูมิใช้งานที่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 3-1
- ไม่จำเป็นต้องมีระบบปรับคุณภาพน้ำ
- อุณหภูมิคงที่สม่ำเสมอขณะใช้งาน
- ความสิ้นเปลืองขณะเดินเครื่องน้อยกว่า
- ไม่มีปัญหาเรื่องการกัดกร่อน หรือการเกิดสนิม
- ใช้งานง่าย สะดวก และรวดเร็ว
- ราคาค่าก่อสร้างทั้งระบบถูกกว่า

ส่วนข้อเสียของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่

- ราคาน้ำมันในระบบ (Thermal oil) แพงและต้องเปลี่ยนทุก 3-5 ปี
- ค่าการถ่ายเทความร้อนของน้ำมันต่ำกว่าไอน้ำ ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าไอน้ำ
- มีโอกาสเกิดเพลิงไหม้สูง หากมีการรั่วซึมของน้ำมันในระบบ
- การซ่อมแซมระบบท่อ ทำให้ยาก
- ต้องมีการตรวจสอบสภาพน้ำมันในระบบ ณ ห้องปฏิบัติการ ทุก 6 เดือน
- มีข้อจำกัดในการใช้งานมากกว่า



รูปที่ 3-1 อุณหภูมิใช้งานของไอน้ำและของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

3.1.1 ประเภทของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรมสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างภายนอกได้ 2 แบบคือ แบบตั้ง (Vertical type) ดังรูปที่ 3-2 และแบบนอน (Horizontal type) ดังรูปที่ 3-3 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 และระบบหมุนเวียนของเหลวแบบระบบเปิดจะสร้างโดยบริษัทต่างประเทศ

รูปที่ 3-2 หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนแบบตั้ง

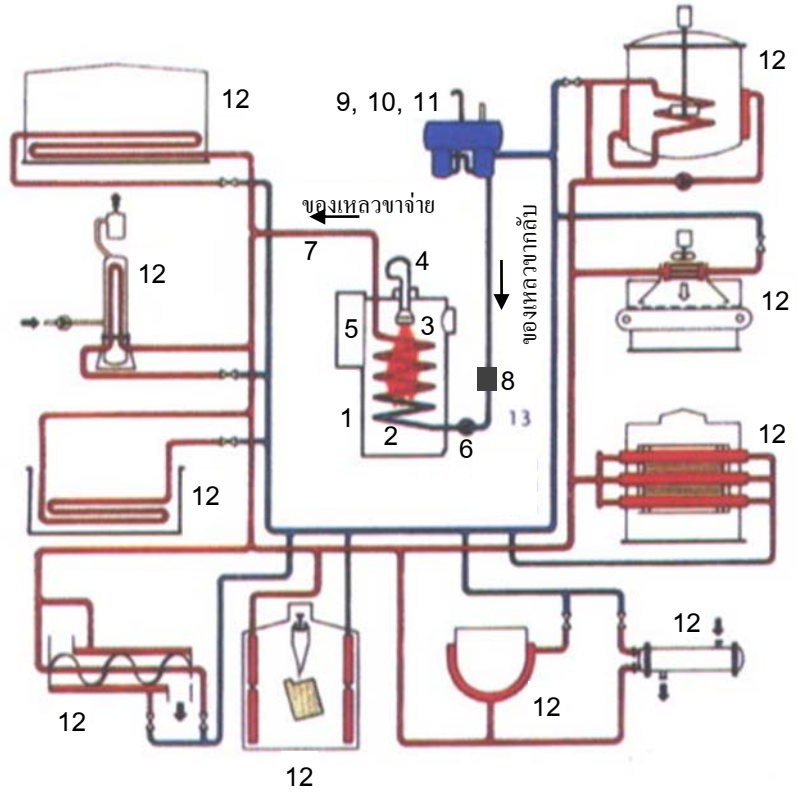
รูปที่ 3-3 หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนแบบนอน

3.1.2 หลักการทำงานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และระบบหมุนเวียนของเหลว

ภายในหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ว่างของห้องเผาไหม้ โดยมีหัวเผา (Burner) ทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงและอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการสันดาปอย่างสมบูรณ์ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการสันดาปจะถ่ายเทสู่ของเหลวซึ่งเป็นสื่อความร้อน เช่น น้ำมัน ที่ไหลอยู่ภายในขดท่อน้ำมัน (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 3-4

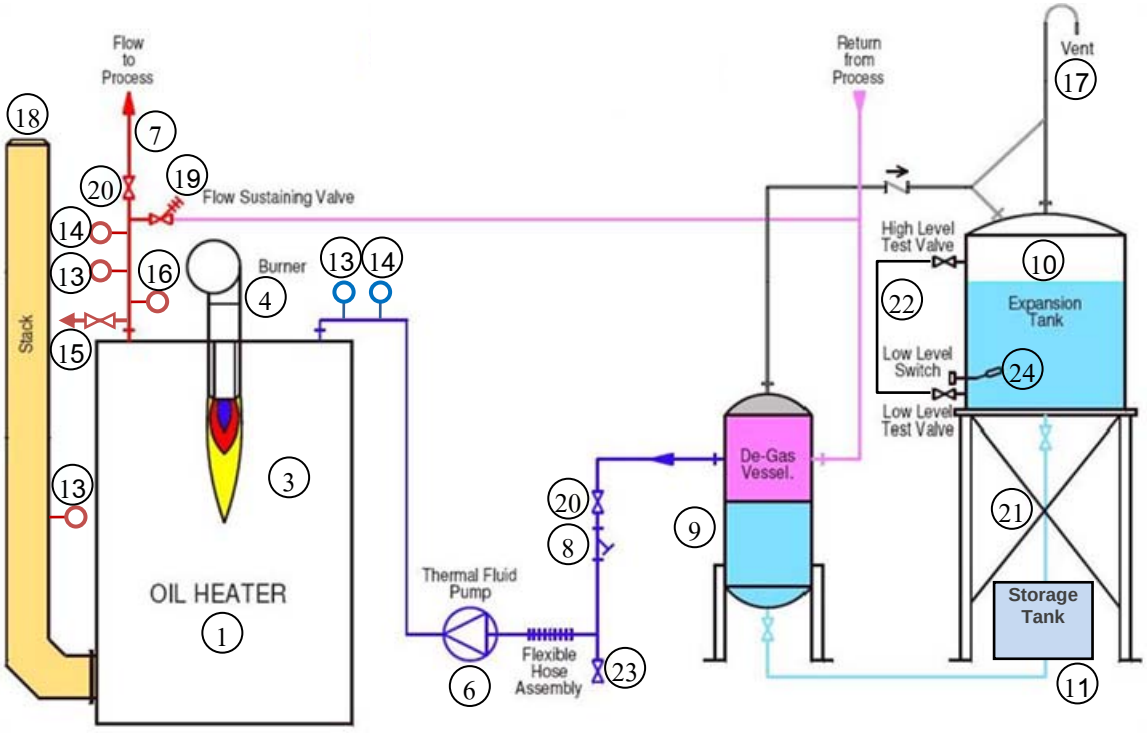
3.1.3 อุปกรณ์ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว

รูปที่ 3-4 และ 3-5 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว สามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์ได้ดังต่อไปนี้



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 3-4 วงจรการทำงานของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว



รูปที่ 3-5 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว

1) หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

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

รูปที่ 3-6 ท่อขดน้ำมัน

2) หัวเผา

หัวเผา (Burner) (รูปที่ 3-4 และ 3-5 หมายเลข 4) หรือระบบป้อนเชื้อเพลิง คืออุปกรณ์ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง และควบคุมการเผาไหม้ ส่วนใหญ่ทำงานโดยอัตโนมัติควบคู่กับระบบควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน เช่น น้ำมัน และระบบควบคุมปริมาณลมเข้าห้องเผาไหม้

3) ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (Control panel) (รูปที่ 3-4 หมายเลข 5) เป็นศูนย์กลางการควบคุมอุปกรณ์ความปลอดภัยและอุปกรณ์ในระบบหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนทั้งหมด

4) ห้องเผาไหม้

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

5) เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน

เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน (Circulating pump) (รูปที่ 3-4 และ 3-5 หมายเลข 6 และรูปที่ 3-7) มีหน้าที่ส่งของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนหรือน้ำมันให้หมุนเวียนในระบบอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือจะทำหน้าที่ส่งน้ำมันจากหม้อต้มฯ ไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน หรือแลกเปลี่ยนความร้อน จากนั้นก็จะนำน้ำมันที่ผ่านการถ่ายเทความร้อนแล้ววนกลับไปรับความร้อนใหม่ ดังนั้นเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนต้องมีอัตราการไหล (Flow rate) และความดัน (Discharge head) ที่เหมาะสม และสามารถเอาชนะความเสียดทาน (Friction loss) รวมที่เกิดขึ้นภายในท่อและอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อนทั้งหมดในวงจรได้

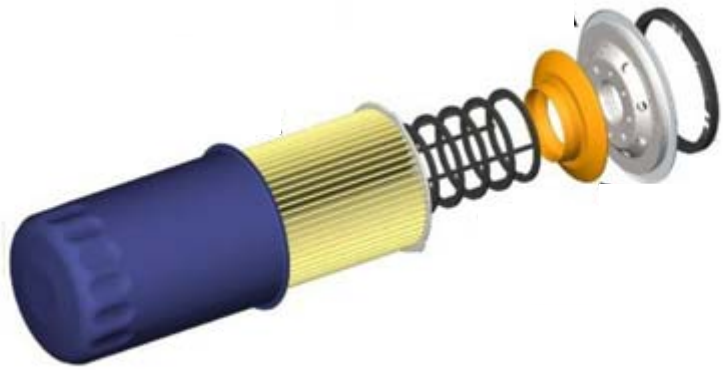
6) ท่อหมุนเวียนของเหลว

ระบบท่อหมุนเวียนของเหลว (Circulating pipe system) (รูปที่ 3-4 และ 3-5 หมายเลข 7) ทำหน้าที่ส่งน้ำมันร้อนจากขดท่อน้ำมันไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อนหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและส่วนอื่นๆ ของระบบ ท่อหมุนเวียนของเหลวจะต้องทนความร้อนได้ดี จะต้องมีจุดรองรับท่อเป็นระยะ จะต้องคำนึงถึงการขยายของท่อ หน้าแปลนที่ยึดท่อแต่ละท่อนต้องยึดแน่นโดยมีปะเก็นกันรั่วทุกจุด ระบบท่อหมุนเวียนของเหลวเมื่อติดตั้งเสร็จแล้วต้องมีการตรวจสอบการรั่วซึมและความปลอดภัยโดยการอัดอากาศด้วยความดัน 30 psi เข้าไปในระบบแล้วใช้น้ำสบู่ตรวจดูการรั่วซึม

7) ไส้กรอง

ไส้กรอง (Strainer) (รูปที่ 3-4 และ 3-5 หมายเลข 8 และรูปที่ 3-8) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและตะกอนน้ำมันที่อยู่ในระบบท่อหมุนเวียนของเหลว โดยต้องติดตั้งไส้กรองที่ท่อทางดูดของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน โดยมีขนาดไม่เล็กกว่าท่อหมุนเวียนของเหลว

รูปที่ 3-7 เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน



รูปที่ 3-8 ไส้กรอง

8) ถังไล่อากาศ

ถังไล่อากาศ (Deaerator) หรือถังไล่ลม (รูปที่ 3-4 และ 3-5 หมายเลข 9) มีหน้าที่ไล่ลมหรือฟองอากาศที่ผสมกับน้ำมันร้อนในระบบออกไป ถ้าฟองอากาศผสมอยู่กับน้ำมันมากเกินไปจะมีผลให้ประสิทธิภาพในการรับและถ่ายเทความร้อนของน้ำมันลดลง

9) ถังรับการขยายตัว

ถังรับการขยายตัว (Expansion tank) (รูปที่ 3-4 และ 3-5 หมายเลข 10 และรูปที่ 3-9) ทำหน้าที่รองรับการขยายตัวของน้ำมันร้อนในระบบเมื่อน้ำมันอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อน้ำมันอุณหภูมิลดลง น้ำมันในถังรับการขยายตัวจะไหลออกมาเติมทำให้ระบบมีน้ำมันเต็มตลอดเวลา โดยทั่วไปเมื่อได้รับความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิใช้งานที่ 300 °C น้ำมันในระบบจะขยายตัวทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นประมาณ 20% ถังรับการ

ขยายตัวจะต้องติดตั้งให้สูงกว่าระบบท่อน้ำมันร้อนเสมอ นอกจากนี้ถังจะต้องมีความจุเพียงพอที่จะรองรับการขยายตัวของน้ำมันร้อนได้ทั้งหมด

รูปที่ 3-9 ถังรับการขยายตัว

10) ถังเก็บของเหลว

ถังเก็บของเหลว (Storage tank or drain tank) (รูปที่ 3-4 และ 3-5 หมายเลข 11) มีหน้าที่รองรับน้ำมันที่ล้นจากถังรับการขยายตัว ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่น้ำมันร้อนในระบบได้รับความร้อนสูงผิดปกติทำให้เกิดการขยายตัวมากจนล้นถังออกมา และยังมีหน้าที่ถ่ายน้ำมันร้อนออกจากระบบมาเก็บสำรองไว้ในกรณีมีการซ่อมบำรุงระบบ

11) อุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน

อุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) (รูปที่ 3-4 หมายเลข 12) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับความร้อนจากน้ำมันร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนต่อไปยังผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความร้อน เช่น เครื่องอบปลา เตารีด คอยล์ต้มน้ำ เป็นต้น

12) อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ

อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature sensor) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 13) ทำหน้าที่อ่านค่าและควบคุมอุณหภูมิของเหลว (Temperature indicator and controller) ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่ท่อทางเข้าและออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และที่ปล่องไอเสีย

13) มาตรวัดความดันของเหลว

มาตรวัดความดันของเหลว (Pressure indicator or pressure gauge) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 14) ต้องติดตั้งที่ท่อทางเข้าและท่อทางออกของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยมาตรวัดความดันต้องอ่านค่าได้อย่างน้อย 1.5 เท่าของความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด และต้องติดตั้งที่ท่อทางดูดระหว่างเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนกับไส้กรอง โดยมาตรวัดความดันต้องอ่านค่าได้ทั้งค่าความดันและค่าสุญญากาศ

14) ลิ้นนิรภัย

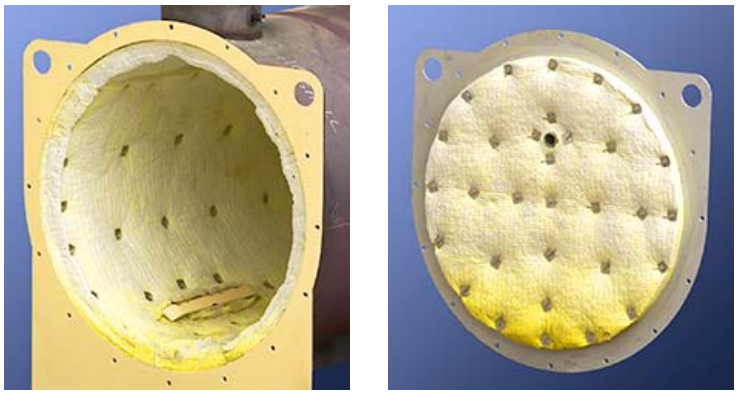
ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนที่ท่อทางเข้าของหม้อต้มน้ำมันร้อน ต้องติดตั้งลิ้นนิรภัย (Safety relief valve) ที่ท่อทางออกของหม้อต้มน้ำมันร้อน (รูปที่ 3-5 หมายเลข 15) และต้องต่อท่อทางออกของลิ้นนิรภัยเข้าสู่ถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว รวมทั้งต้องไม่มีลิ้นปิดเปิดที่ท่อทางเข้าและออกของลิ้นนิรภัย และการติดตั้งลิ้นนิรภัยอยู่ในระดับที่สูงกว่าถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว

15) เครื่องวัดการไหลของของเหลว

เครื่องวัดการไหลของของเหลว (Flow meter) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 16) ต้องติดตั้งที่ท่อทางออกของท่อรับความร้อนทุกท่อของหม้อต้มน้ำมันร้อน

16) ฉนวนกันความร้อน

ฉนวนกันความร้อน (Insulation) ต้องจัดให้มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ตัวหม้อต้มน้ำมันร้อน ท่อส่งของเหลว และอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอุณหภูมิเกินกว่า 85 °C โดยอุณหภูมิของผิวฉนวนต้องไม่สูงกว่า 60 °C ในขณะที่ใช้งานหม้อต้มน้ำร้อน ดังแสดงในรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 ฉนวนกันความร้อน

17) อุปกรณ์ไล่ก๊าซ

ทำหน้าที่เปิดไล่อากาศระหว่างที่มีการเตรียมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน เพื่อให้อากาศหมดไปจากของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่อยู่ในระบบ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ไล่ก๊าซ (Air venting) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 17 และรูปที่ 3-11) ที่ระบบท่อในบริเวณที่มีก๊าซสะสม

รูปที่ 3-11 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 3-5 หมายเลข 18) ทำหน้าที่ระบายไอเสียจากห้องเผาไหม้สู่บรรยากาศ

21) ปั๊มเติมน้ำมันร้อน

ปั๊มเติมน้ำมันร้อน (Filling pump) ทำหน้าที่เติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่ และใช้เติมเมื่อของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบขาดหายไป

22) วาล์วบายพาส

วาล์วบายพาส (By-pass valve) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 19 และรูปที่ 3-12) ทำหน้าที่ปรับแต่งปริมาณการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบให้เหมาะสม

รูปที่ 3-12 วาล์วบายพาส

23) วาล์วสามทาง

วาล์วสามทาง (Three-way valve) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ

24) วาล์วเปิดปิด

วาล์วเปิดปิด (Stop valve) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 20) ทำหน้าที่เปิดและปิดกั้นการไหลของน้ำมันในระบบ

25) วาล์วระบายอากาศและก๊าซ

วาล์วระบายอากาศและก๊าซ (Heating up valve) ทำหน้าที่เปิดให้อากาศและก๊าซขึ้นไประบายออกบนถังรับการขยายตัวในระหว่างการระบายอากาศออกจากระบบ

26) ท่อให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนขยายตัว

ท่อให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนขยายตัว (Expansion line) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 21) คือ ท่อที่ให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่ขยายตัวจากระบบท่อจะไหลผ่านไปเก็บบนถังรับการขยายตัวของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

27) ท่อน้ำมันล้น

ท่อน้ำมันล้น (Over flow line) ทำหน้าที่ระบายของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่ขยายตัวมากเกินปรกติในถังรับการขยายตัว ให้ระบายออกมายังถังเก็บของเหลว

28) ท่อตรวจระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

ท่อตรวจระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Oil check line) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 22) ใช้สำหรับตรวจสอบการเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนก่อนการอุ่น ว่าของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเต็มระบบหรือไม่ ท่อนี้ติดตั้งอยู่ที่ถังรับการขยายตัว

29) วาล์วเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

วาล์วเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Oil filing valve) (รูปที่ 3-5 หมายเลข 23) ใช้เพื่อเปิดเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเข้าสู่ระบบ ต้องปิดให้สนิทในขณะเดินระบบใช้งาน

3.1.4 ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน หรือน้ำมัน

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 $^{\circ}$C มีจำหน่ายหลายบริษัท เช่น Mobil Therm 605 หรือ Esso Therm 500 เป็นต้น รายละเอียดคุณสมบัติของของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนแสดงได้ดังตารางที่ 3-1

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

ตารางที่ 3-1 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

คุณสมบัติน้ำมันที่เป็นสื่อนำความร้อนที่ดีมีดังต่อไปนี้

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

3.1.5 ระบบควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนจำเป็นต้องมีระบบควบคุม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดต่อชีวิตและทรัพย์สินรวมทั้งตัวหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน เพื่อเพิ่มความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ลดความเสี่ยงในด้านความเสียหายต่ออุปกรณ์ รักษาอุปกรณ์ในมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากยิ่งขึ้น และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานตลอดจนช่วยเพิ่มการประหยัดพลังงานได้ ระบบควบคุมหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนแบ่งเป็น 4 ระบบย่อย ดังนี้

1) ระบบรักษาความปลอดภัย

ระบบรักษาความปลอดภัย (Safety control system) ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

(ก) ลูกลอยรักษาระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน

ลูกลอยรักษาระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Level switch) (รูปที่ 3-5 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

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

3.2 เทคโนโลยีของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

1) Biomass Thermal Oil Heater/Boiler

เป็นการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลให้ความร้อนทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลหรือไฟฟ้ากับหม้อต้มน้ำมันร้อน (Thermal/Hot Oil Heater/Boiler) ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่ออนุรักษ์พลังงาน และรักษาสิ่งแวดล้อม

- **หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี**

หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน (Hot Oil) จากกฎกระทรวงฯกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๙ ได้ให้หมายความว่า หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน(Hot Oil) คือ ภาชนะปิดที่ภายในบรรจุของเหลวซึ่งมีคุณสมบัติในการรับและถ่ายเทความร้อนได้ โดยรับความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงหรือแหล่งพลังงานความร้อนอื่น เพื่อนำไปถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยของเหลวจะไหลเวียนตลอดเวลาเพื่อรับและถ่ายเทความร้อนได้อย่างต่อเนื่อง น้ำมันร้อนในหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยทั่วไปใช้งานที่อุณหภูมิประมาณ 220 - 300 องศาเซลเซียส บางครั้งมีการออกแบบพิเศษให้ใช้ได้ถึง 350 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำมันร้อนยังคงสถานะเดิมคือเป็นของเหลว ทำให้มีความดันที่ต่ำประมาณ 4-10 บาร์เท่านั้น ทำให้ง่ายต่อการสร้างและใช้งาน หม้อต้มน้ำมันร้อน มักออกแบบให้มีน้ำมันจุดเดือดสูงที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนอยู่ในท่อ โดยมีท่อขดเป็นคอยล์หรืออาจจะเป็นท่อตรงติดตั้งอยู่ในห้องเผาไหม้ และใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเผาให้ความร้อน

สำหรับการออกแบบห้องเผาไหม้จะขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิงชีวมวล มีทั้งห้องเผาไหม้ที่เป็นแบบตะกรับ สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลาย แบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูง แบบ Pulverized ที่บดเชื้อเพลิงให้เป็นผงแล้วจึงป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่นได้ด้วย ซึ่งเทคโนโลยีของห้องเผาไหม้ในหม้อต้มน้ำมันร้อนจะคล้ายคลึงกับห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำ (Boiler)

- **ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี**

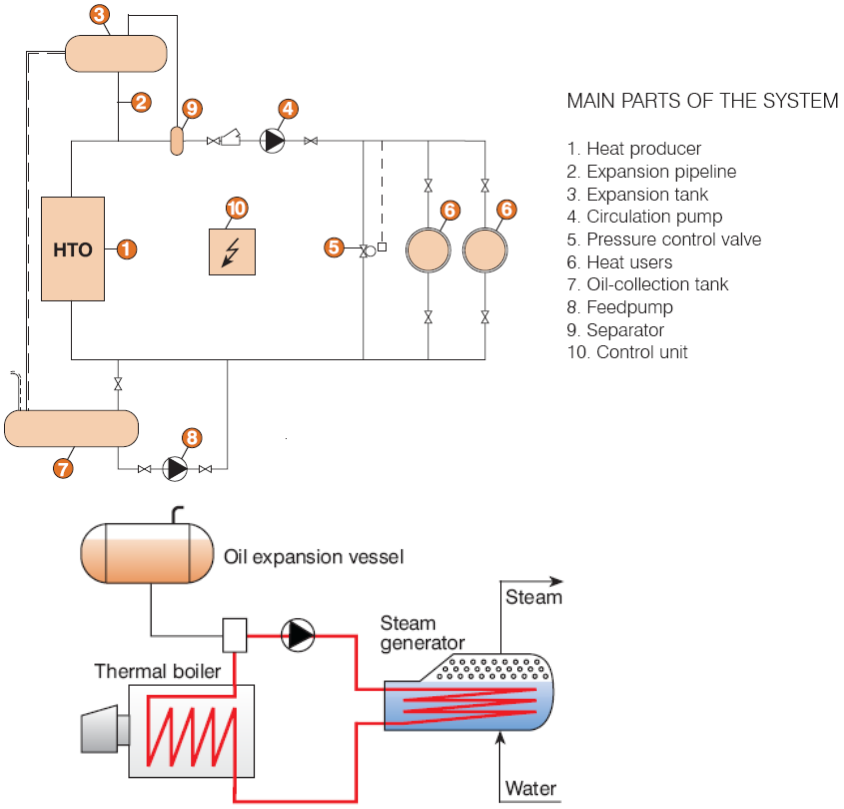
ข้อดี

- ใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลาย
- มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากมีแรงดันน้อย

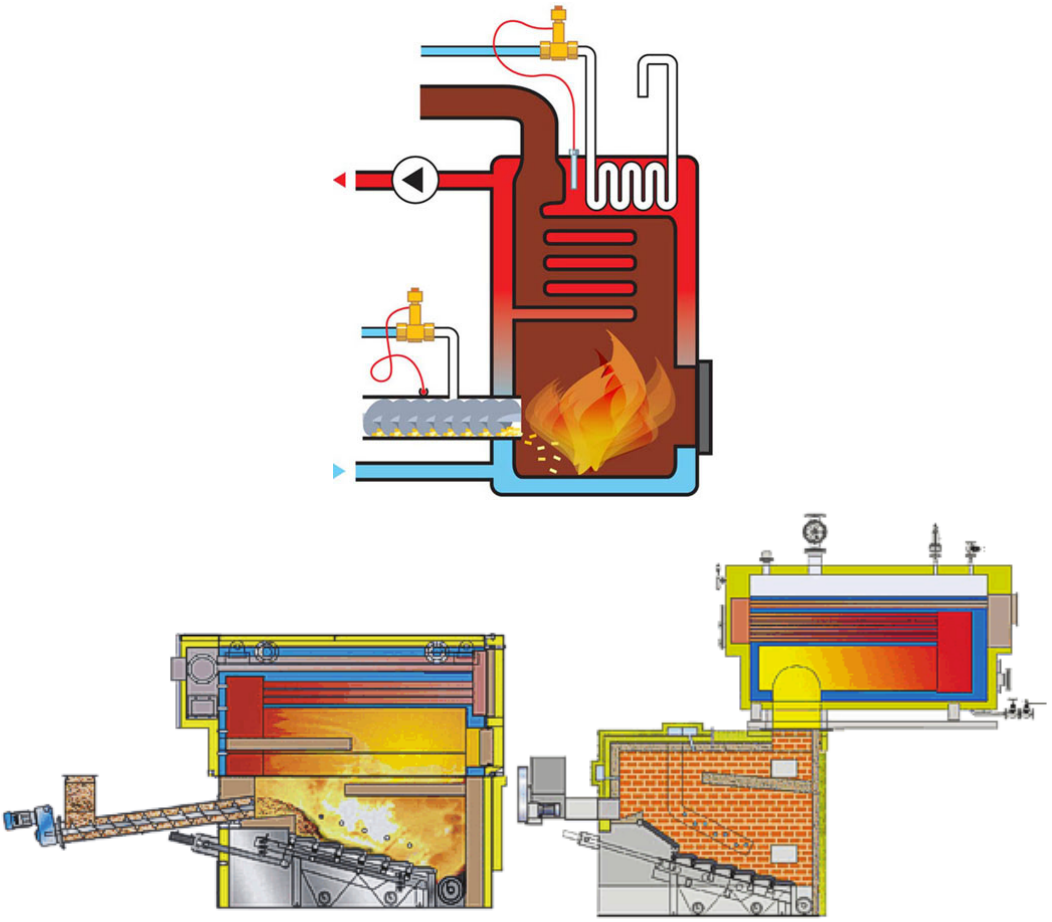
ข้อเสีย

- ต้องมีการออกแบบห้องเผาไหม้ใหม่ ตามชนิดเชื้อเพลิง

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 3-13 ระบบการทำงานของหม้อน้ำต้มน้ำมันร้อนใช้เชื้อเพลิงชีวมวล



รูปที่ 3-14 ห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำต้มน้ำมันร้อนใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

- **กรณีศึกษา**

สำหรับกรณีศึกษานี้เป็นการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำคความร้อนในอุตสาหกรรมอาหารโดยการเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล รายละเอียดดังแสดงในตาราง ที่ 3-2

Specific assumptions	**Unit**	
Thermal Oil heaters efficiency		82%
Oil cost	RM/ltr	1.36
Capital value - alternative biomass oil heater	RM/kW	397
O&M, biomass heater		5%
Biomass cost (POFF)	RM/ton	67
Operation hours per year	hours	7008

Financial analysis	**Unit**	
Energy requirement	kWh/year	13,133,006
O&M cost, biomass boiler	RM/year	89,000
O&M cost, oil boiler	RM/year	60,000
Biomass requirement	ton/year	6,553
Fuel cost biomass boiler	RM/year	439,080
Oil requirement	ltr/year	1,558,300
Fuel cost oil boiler	RM/year	2,119,288
Investment biomass heater 4.5 MW	RM	1,785,000
FIRR		**49.6%**
Economic Surplus NPV	**RM**	**5,051,018**

หมายเหตุ : RM คือ เงินสกุล ริงกิต (Ringgit) ของประเทศมาเลเซีย

- **ผลทางด้านสิ่งแวดล้อม**

  สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ **4,266** ตันต่อปี

Average Annual CO2 emission, reference	4266 ton
Average Annual CO2 emission, case	0 ton
Reduction in CO2 emission	4266 ton

บทที่ 4
แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับเชื้อเพลิง หัวเผา และการเผาไหม้

การปรับแต่งหัวเผาของหม้อน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้และการดูแลควบคุมหม้อน้ำที่ถูกต้องและเหมาะสมนั้น ผู้ควบคุมหม้อน้ำจะต้องมีความรู้ในการปฏิบัติการในด้านการบำรุงรักษาและการปรับแต่งหัวเผาที่ดีและถูกต้อง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดตามที่หม้อน้ำแต่ละลูกได้ถูกออกแบบไว้ อันจะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง และลดการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้สู่บรรยากาศ การควบคุมดูแลการเผาไหม้ของหัวเผาอย่างถูกต้องสม่ำเสมอ และการใช้ความพยายามอย่างเต็มที่เพื่อลดการสูญเสียพลังงานในกระบวนการเผาไหม้เป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำเนินการด้านการประหยัดพลังงาน โดยการทำให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะถูกนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำมากที่สุด การควบคุมดูแลการเผาไหม้ควรเริ่มจากปัจจัยพื้นฐานที่อยู่ภายใต้ขอบเขตซึ่งสามารถปฏิบัติได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีราคาสูงก็สามารถทำได้มากพอสมควรด้วยการสังเกตสีของเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งหากทำการควบคุมดูแลการเผาไหม้อย่างถูกต้องแล้วก็จะเป็นประโยชน์ต่อทั้งการประหยัดพลังงาน และการป้องกันมลพิษสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

4.1 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของเชื้อเพลิง หัวเผา และการเผาไหม้

4.1.1 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

1) เชื้อเพลิงแข็ง

เชื้อเพลิงแข็ง (Solid fuel) สามารถแบ่งตามลักษณะที่มาได้ 3 ประเภทย่อย ได้แก่

2) 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 ประเภทใหญ่ๆตามองค์ประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอนคงที่และสารระเหยง่าย ได้แก่

(1) แอนทราไซต์ (Anthracite coal) $C_{94}H_3O_3N_{0.3}S_{0.3}$ เป็นชั้นยอดสุดของถ่านหิน มีปริมาณคาร์บอนตั้งแต่ 90% ขึ้นไป มีสารระเหยไวไม่มาก เผาไหม้เกือบไม่มีควัน มีเปลวไฟน้อยมาก ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4-1 (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 4-1 (ข)

(3) ซับบิทูมินัส (Subbituminous coal) $C_{75}H_5O_{20}N_{0.3}S_{0.3}$ คุณภาพคล้ายบิทูมินัส แต่เป็นรองเล็กน้อยและมีปริมาณคาร์บอนต่ำกว่า ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4-1 (ค)

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

(ก) แอนทราไซต์

(ข) บิทูมินัส

(ค) ซับบิทูมินัส

(ง) ลิกไนต์

รูปที่ 4-1 ถ่านหินประเภทต่างๆ

- เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตขึ้นมา

เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตขึ้นมา (Prepared solid fuel) ประกอบด้วย

(ก) ถ่านไม้ (Wood charcoal) ได้จากการเผาไม้ฟืนในที่ๆ จำกัดปริมาณอากาศที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 280 $^{\circ}$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)

- 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 ท่อของหม้อน้ำจะสึกหรอเร็วกว่าปกติ

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

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

(ง) กากปาล์ม กากนุ่น เปลือกละหุ่ง เป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำมันพืช มักนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อน้ำในโรงงาน

ในหม้อน้ำอุตสาหกรรมที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก ยังมีการใช้เชื้อเพลิงแข็งกันน้อย แต่ปัจจุบันเริ่มจะมีการใช้เชื้อเพลิงแข็งในหม้อน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไปตลอด สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการใช้เชื้อเพลิงแข็งมีดังต่อไปนี้

- การทำความเข้าใจกับประชาชนในพื้นที่ ซึ่งเป็นเรื่องใหญ่ที่สุดในการติดตั้งหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งโดยเฉพาะถ่านหิน เพราะประชาชนมักจะต่อต้านการตั้งหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิง

แข็ง เนื่องจากกลัวผลกระทบจากมลภาวะทางอากาศ สำหรับหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงวัสดุทางการเกษตร ถ้าติดตั้งหม้อน้ำในพื้นที่การเกษตร ประชาชนมักจะไม่ต่อต้าน เพราะประชาชนในพื้นที่เป็นผู้ผลิตวัสดุทางการเกษตรเอง เรื่องการทำความเข้าใจกับประชาชนในพื้นที่ เป็นเรื่องรายละเอียดอ่อน บางครั้งจะไม่สามารถจัดการบริหารความเสี่ยงนี้ได้

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

3) เชื้อเพลิงเหลว

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

- น้ำมันเบนซิน

น้ำมันเบนซิน มีช่วงจุดเดือด 35-180 $^{\circ}$C ไม่นิยมนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำ เนื่องจากราคาแพง นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานพาหนะ

- น้ำมันก๊าด

น้ำมันก๊าด มีช่วงจุดเดือด 150-275 $^{\circ}$C ไม่นิยมนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำเช่นกัน

- 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

- 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 ต้องการการอุ่นให้มีความ

หนืดลดลงก่อนด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่าน้ำมันเตา 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

4) เชื้อเพลิงก๊าซ

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

- 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 ^{o}C จึงต้องขนส่งผ่านท่อ เชื้อเพลิงก๊าซเป็นเชื้อเพลิงสะอาด ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด แต่มีก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซอีเทน ($C2H_6$) เป็นองค์ประกอบใหญ่ เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำแล้วมีราคาต่ำกว่าการผลิตเป็นไอน้ำด้วยการใช้น้ำมันเตา C ประมาณ 25% ก๊าซธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรม จะมีใช้ในโรงงาน

อุตสาหกรรมที่อยู่บนเส้นทางผ่านของท่อก๊าซ 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 มีสภาพเป็นของเหลวในอุณหภูมิปกติ ส่วนใหญ่จะส่งเข้าโรงกลั่นน้ำมันผลิตเป็นน้ำมันเบนซิน หรือใช้เป็นสารละลาย (Solvent) ในงานบางชนิด

เชื้อเพลิงก๊าซจากธรรมชาติราคาถูกกว่าน้ำมันดีเซลมาก แต่ถูกกว่าน้ำมันเตาไม่มากนัก เชื้อเพลิงก๊าซจากธรรมชาติเผาไหม้ง่าย มีประสิทธิภาพสูง และมีมลภาวะต่ำ แต่อาจเกิดการระเบิดได้ง่ายถ้ามีการรั่วไหลของเชื้อเพลิงก๊าซ

- 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) และน้ำ (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

5) 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

จากเชื้อเพลิงทั้งสามประเภทที่กล่าวมาข้างต้น สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท ในการนำมาใช้กับหม้อน้ำอุตสาหกรรมได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 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	ได้	ได้
	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

4.1.2 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 4-2 โดยทั่วไปเชื้อเพลิงที่ใช้มักจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน หรือมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อเกิดการเผาไหม้ปฏิกิริยาจะเป็นดังนี้

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

(ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการสันดาปอย่างสมบูรณ์ของคาร์บอน)

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O + 68{,}320$ 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

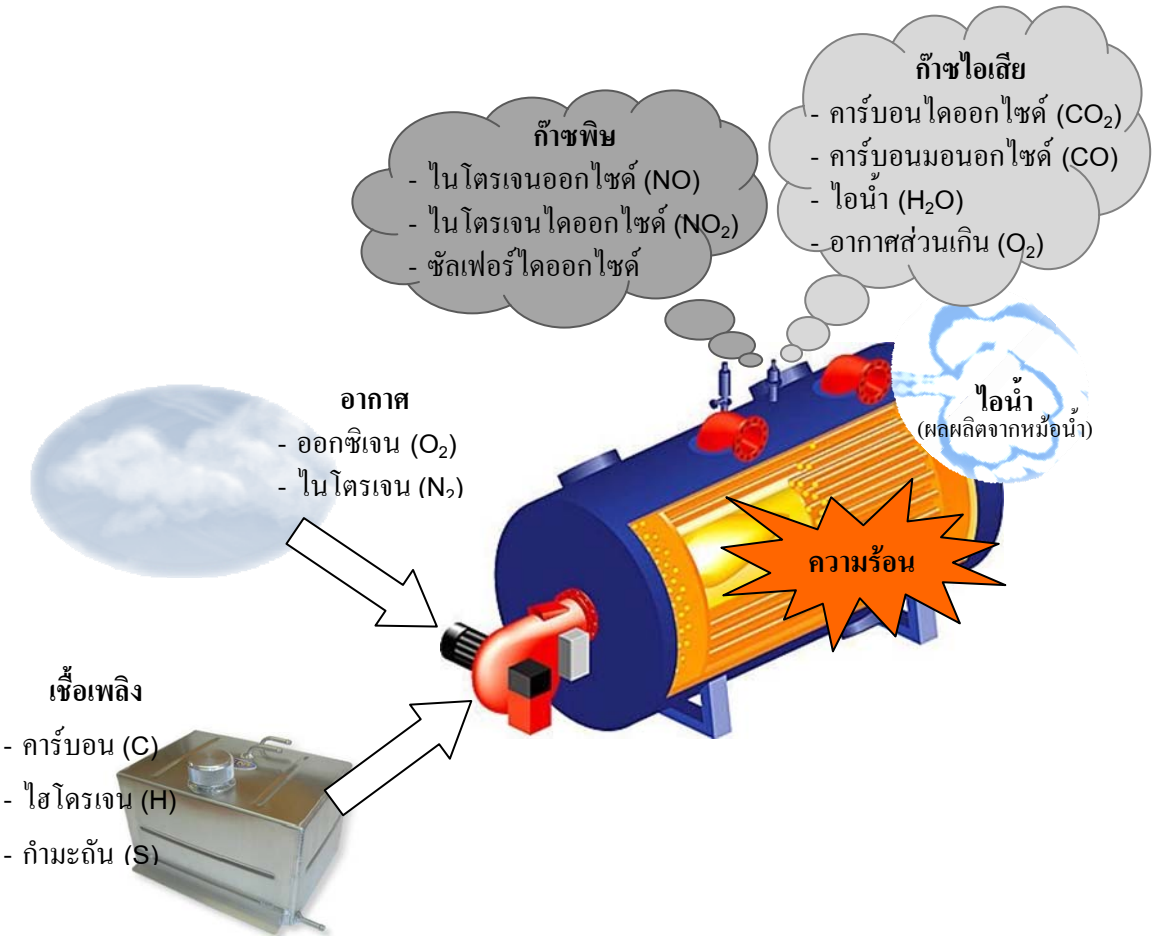
$$A_o = 8.89C + 26.7(H - O/8) + 3.33S$$

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 4-2 หลักการเบื้องต้นของกระบวนการเผาไหม้

ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะควบคุมให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยใช้ปริมาณอากาศเท่ากับที่ต้องการตามทฤษฎีได้ เนื่องจาก

- การผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ทุกโมเลกุล
- การเผาไหม้อากาศกับเชื้อเพลิงต้องการเวลาในการเกิดปฏิกิริยา
- คุณสมบัติของเชื้อเพลิงในการเกิดปฏิกิริยา
- ระบบการเผาไหม้

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น หากป้อนอากาศเข้าเผาไหม้ในปริมาณที่พอดีกับค่าทางทฤษฎีแล้ว เป็นการยากที่จะทำให้ออกซิเจนทุกตัวผสมผสานกับธาตุต่างๆ ในเชื้อเพลิงได้หมดและทั่วถึง จึงเป็นผลให้เกิดการเผาไหม้ในลักษณะอากาศไม่เพียงพอ ปฏิกิริยาการสันดาปข้างต้นจึงเปลี่ยนเป็น

$C + ½O_2 \longrightarrow CO + 26{,}410$ 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 4-2

ตารางที่ 4-2 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%

4.1.3 หัวเผา

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

1) หัวเผาเชื้อเพลิงเหลว

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

- 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 4-3

หัวฉีดที่ใช้ในหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน สามารถแบ่งตามลักษณะการไหลของน้ำมันผ่านหัวฉีดได้เป็น 2 แบบ คือ

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

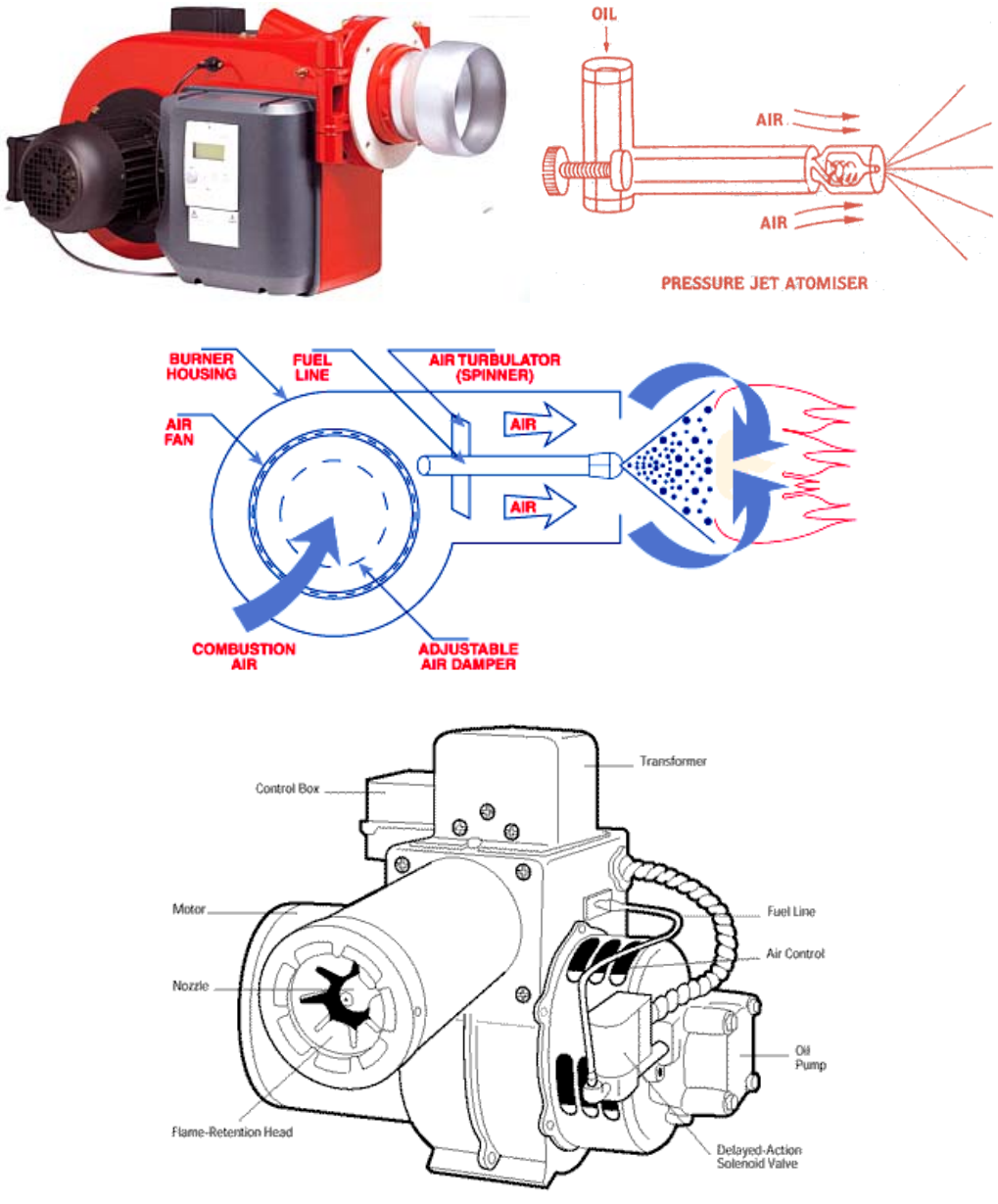
(ข) หัวฉีดแบบมีน้ำมันไหลกลับ (Oil return or recirculation nozzle)

ข้อดีของหัวเผาแบบใช้ความดันน้ำมัน ได้แก่

- โครงสร้างเรียบง่าย ใช้งานง่ายและราคาถูก
- มีหลายขนาดให้เลือกเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- สามารถปรับรูปร่างของเปลวไฟได้

ส่วนข้อเสียของหัวเผาแบบใช้ความดันน้ำมัน ได้แก่

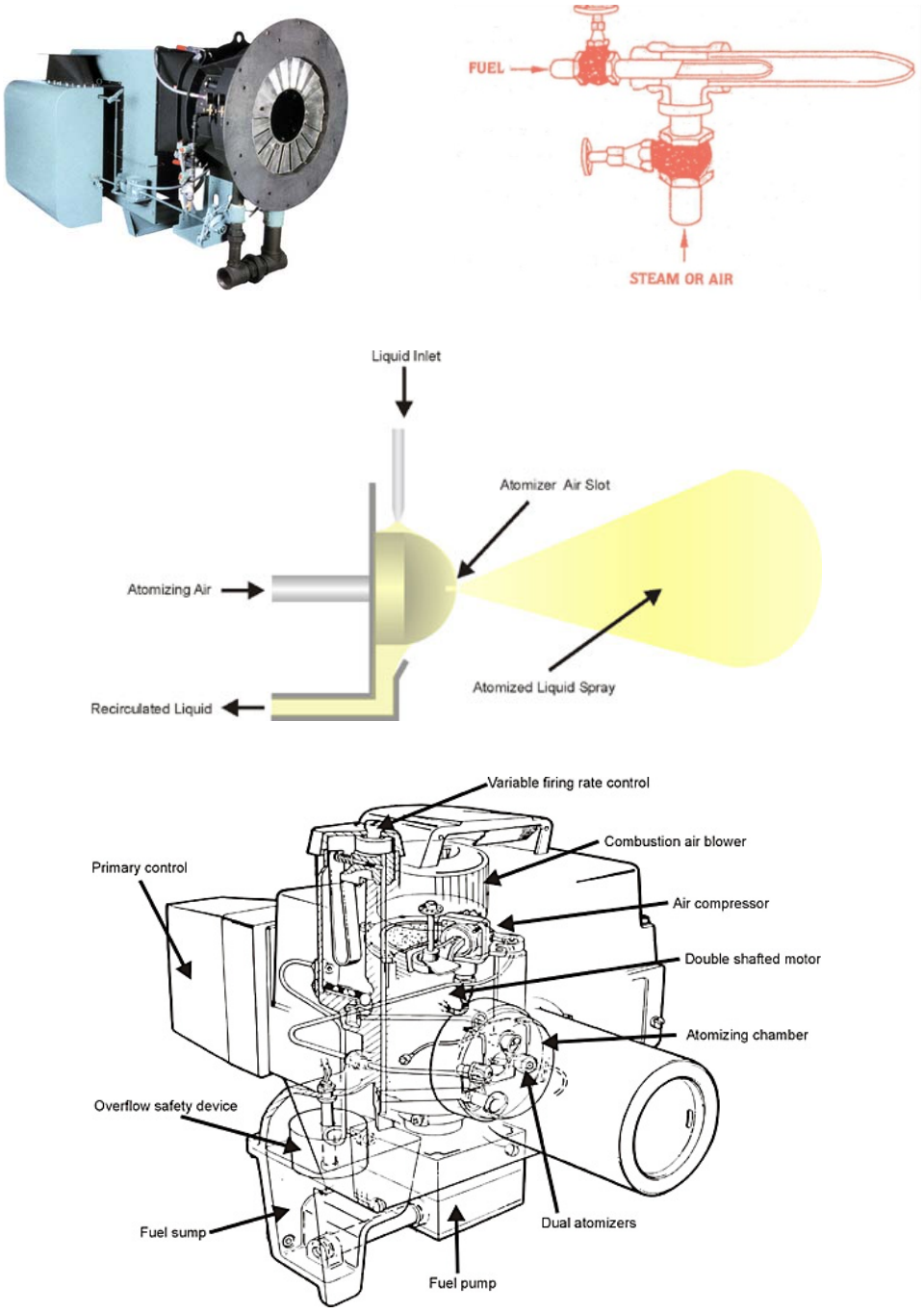
- ให้ค่าสัดส่วน Turn-down ต่ำ (อัตราส่วนของการสิ้นเปลืองน้ำมันสูงสุดกับต่ำสุด) ดังนั้นถ้าจะให้ภาระการสันดาปเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงกว้าง จำเป็นต้องเพิ่มจำนวน Atomizer ให้มากขึ้น
- ทำงานในลักษณะ On-off เท่านั้น และใช้งานในสภาวะภาระทางความร้อนไม่เปลี่ยนแปลง
- ใช้ปั๊มน้ำมันความดันสูง และต้องการอุณหภูมิในการอุ่นน้ำมันที่สูง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



รูปที่ 4-3 หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน

- หัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ไอน้ำหรืออากาศ

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



รูปที่ 4-4 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

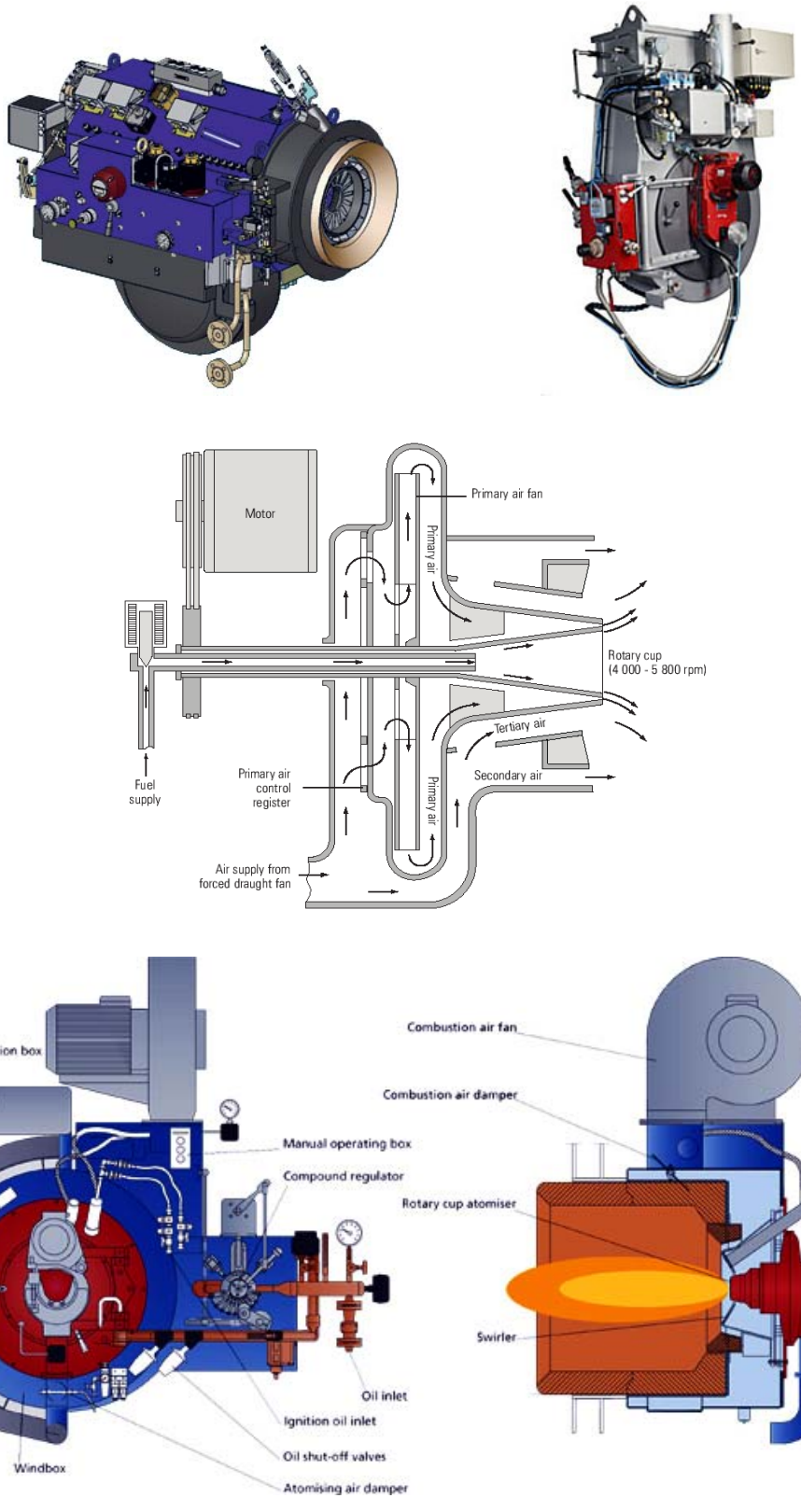
- มีโครงสร้างที่แข็งแรง
- ให้ค่าเทิร์นดาวน์เรโช (Turn down ratio) สูง คือ 4:1
- ใช้น้ำมันความดันต่ำ
- ให้ขนาดของ Droplet เล็กกว่า
- ให้การผสม (Mixing) ระหว่าง Droplet กับอากาศดีกว่า
- ตอบสนองต่อภาระทางความร้อน (Thermal load) ได้เร็วกว่า
- ในกรณีซึ่งของไหลที่ทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันเป็นไอน้ำจะสามารถช่วยลดการก่อตัวของคาร์บอนลงได้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

ส่วนข้อเสีย คือค่าใช้จ่ายแพงกว่าเนื่องจากมีการใช้พลังงานเพื่ออัดอากาศหรือไอน้ำ

- 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 ลักษณะ หลักการทำงาน และอุปกรณ์ของหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุนแสดงดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 หัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน

ข้อดีของหัวเผาแบบใช้แรงเหวี่ยงของถ้วยหมุน ได้แก่

- 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

2) หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซ

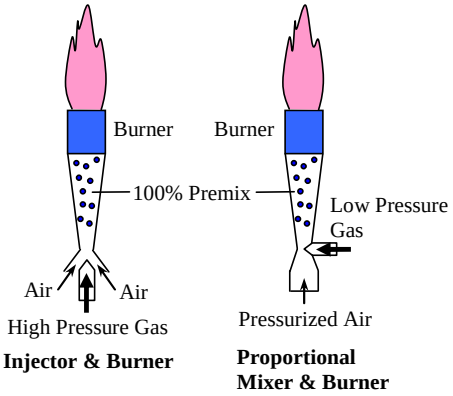
หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซ (Gas fuel burner) คือหัวเผาที่ออกแบบมาสำหรับใช้ในการสันดาปเชื้อเพลิงก๊าซ สามารถแบ่งหัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซตามขั้นตอนในการผสมเชื้อเพลิงก๊าซกับอากาศได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

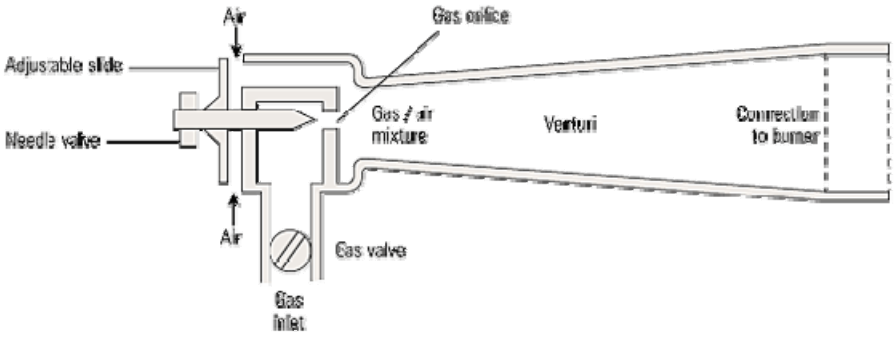
- หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนป้อนเข้าเผาไหม้ (Pre-mix gas burner)

หัวเผาลักษณะนี้จะมีห้องผสมเชื้อเพลิงก๊าซให้เข้ากันกับอากาศก่อนที่จะป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้หรือหัวเผา ลักษณะ และหลักการทำงานของหัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนป้อนเข้าเผาไหม้แสดงได้ดังรูปที่ 4-6

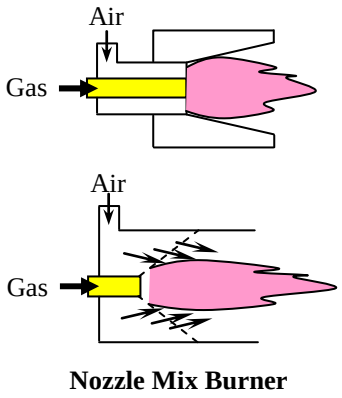
- หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมกันภายในหัวเผา (Nozzle-mix gas burner)

หัวเผาลักษณะนี้จะไม่มีห้องผสมเชื้อเพลิงก๊าซให้เข้ากันกับอากาศ แต่จะมีการป้อนเชื้อเพลิงก๊าซและอากาศเข้าพร้อมกันที่บริเวณด้านหน้าหัวเผา ดังนั้นเชื้อเพลิงและอากาศจะผสมกันและเกิดการสันดาปขึ้นที่บริเวณหน้าหัวเผา ลักษณะ และหลักการทำงานของหัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมกันภายในหัวเผาแสดงได้ดังรูปที่ 4-7





รูปที่ 4-6 หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนป้อนเข้าเผาไหม้



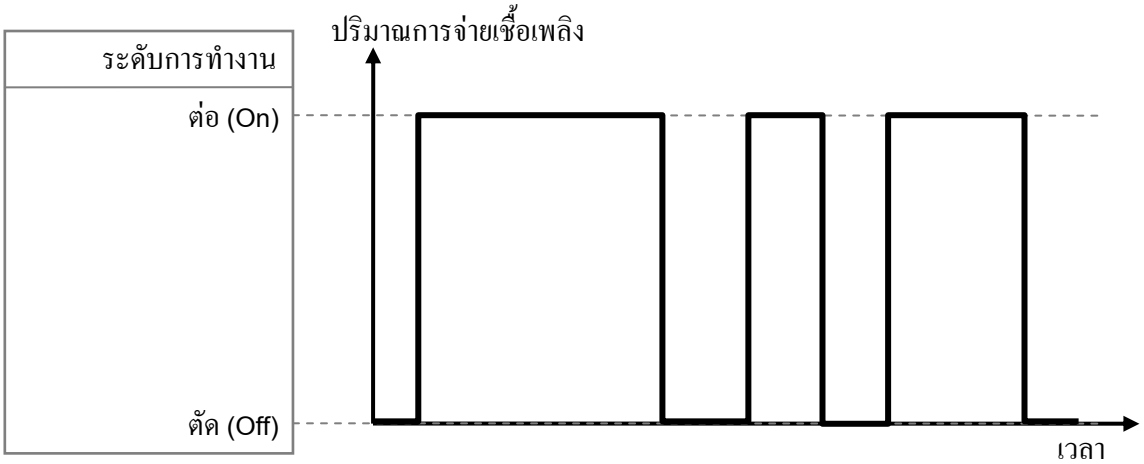
รูปที่ 4-7 หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซแบบผสมกันภายในหัวเผา

4.1.4 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 โซลินอยด์วาล์วจะเปิดให้หัวฉีดฉีดเชื้อเพลิงออกด้วยอัตราสูงสุด เรียกสภาวะนี้ว่า ต่อ (On) เมื่อความดันไอน้ำสูงเกินจุดที่ตั้งไว้ เนื่องจากอัตราการผลิตไอน้ำถึงจุดสูงสุดหรือปริมาณความต้องการใช้ไอน้ำลดลง จะมีสัญญาณมาปิดโซลินอยด์วาล์วเพื่อให้หัวฉีดหยุดทำงาน เรียกสภาวะนี้ว่า ตัด (Off) และเมื่อความดันไอน้ำลดต่ำลงถึงจุดที่ตั้งไว้ ก็จะมีสัญญาณมาสั่งให้โซลินอยด์วาล์วเปิดหัวฉีดอีกรอบ การทำงานจะมีลักษณะเป็นวัฏจักรเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ หัวเผาแบบนี้เหมาะสำหรับความต้องการภาระไอน้ำคงที่ เหมาะกับหม้อน้ำเล็กๆ ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และเหมาะกับหัวเผาแบบพ่นฝอยโดยใช้ความดันน้ำมัน หัวเผาแบบนี้ไม่มีเทิร์นดาวน์เรโช การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงจึงมีเพียงการตัดและต่อ ดังแสดงในรูปที่ 4-8

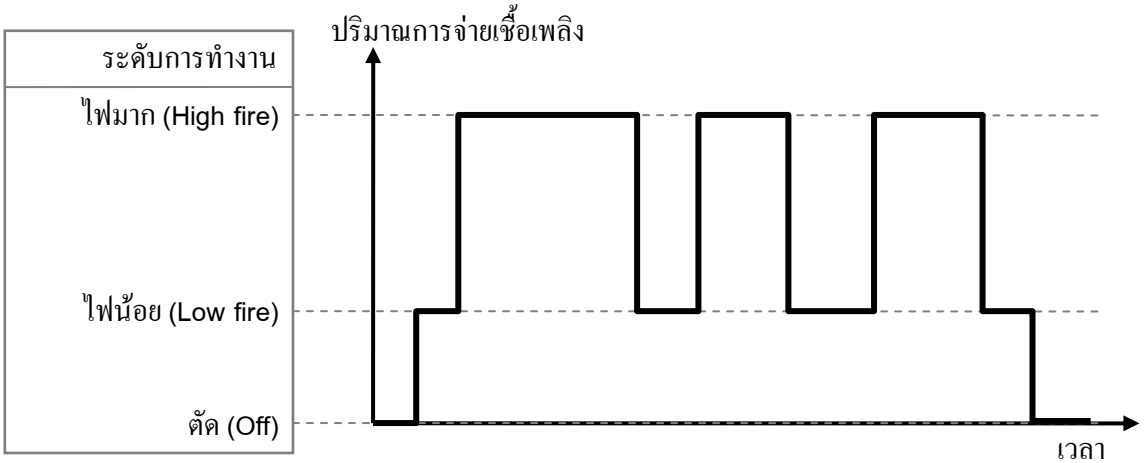


รูปที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบตัด-ต่อ

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

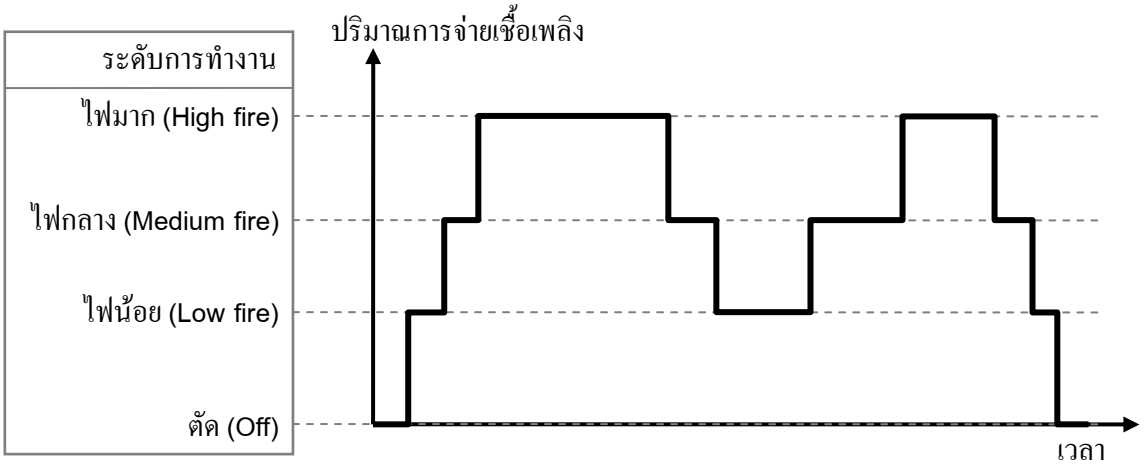
หัวฉีดทั้ง 2 ทำงานพร้อมกันทั้งหมด ดังนั้นหัวเผาจึงทำงานที่ระดับไฟมาก (High fire) การควบคุมแบบนี้ทำให้หัวเผาสามารถรองรับภาระที่เปลี่ยนแปลงของหม้อน้ำได้กว้างกว่าแบบตัด-ต่อ สามารถเลือกขนาดหัวฉีดและจัดเรียงลำดับการทำงานของหัวฉีดได้ตามต้องการ เช่น หัวฉีดตัวที่ 1 ใช้ฉีดเชื้อเพลิง 70% ส่วนหัวฉีดตัวที่ 2 ฉีดเพิ่มอีก 30% รวมเป็น 100% แสดงว่าหัวเผานี้มีเทิร์นดาวน์เรโชประมาณ 1.4:1 หรือหากสลับการจัดเรียงเป็นหัวฉีดตัวที่ 1 ใช้ฉีดเชื้อเพลิง 30% ส่วนหัวฉีดตัวที่ 2 ฉีดเพิ่มอีก 70% หัวเผาที่มีการจัดเรียงการทำงานของหัวฉีดแบบนี้มีเทิร์นดาวน์เรโชประมาณ 3.3:1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงแสดงได้ดังรูปที่ 4-9



รูปที่ 4-9 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 4-10



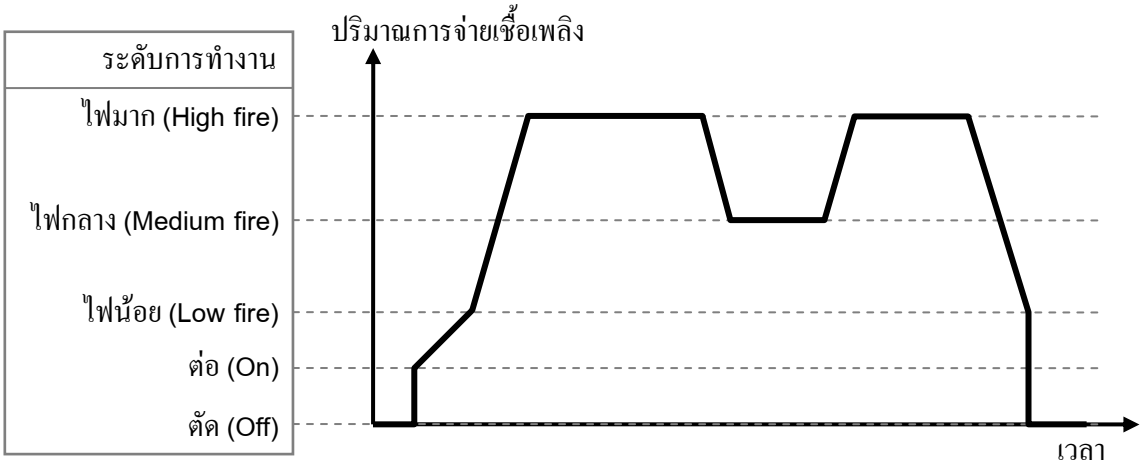
รูปที่ 4-10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบไฟมาก-กลาง-น้อย

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

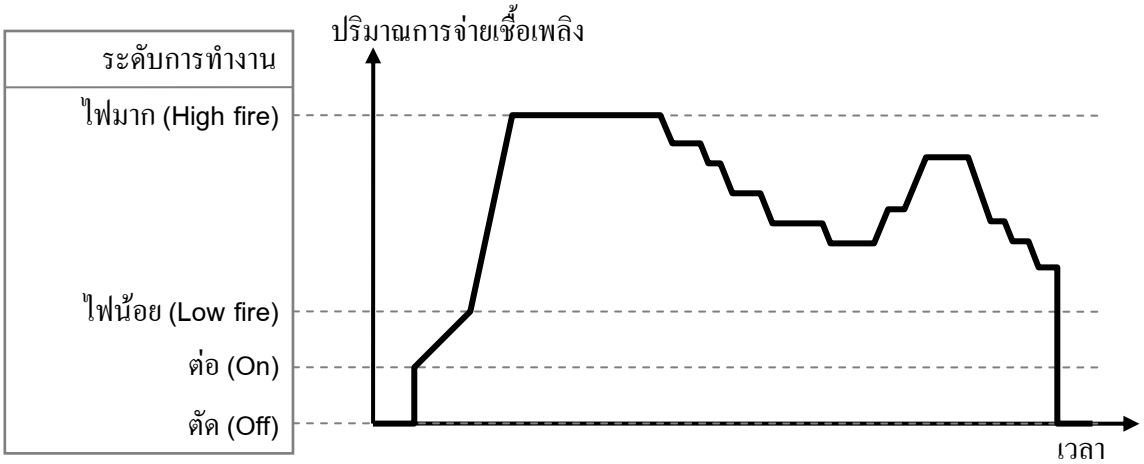
เมื่อหัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน (Two-stage modulating burner) จะจุดติดไฟครั้งแรกโดยฉีดน้ำมันด้วยปริมาณน้อย เพื่อให้เพียงพอต่อเฉพาะภาระในการจุดติดไฟ (Ignition load) แล้วจึงค่อยๆ เพิ่มปริมาณการฉีดจนถึงภาระสูงสุด (Full load) และเมื่อภาระน้อยลง หัวเผาก็จะหรี่ลงมาหยุดที่ภาระบางส่วน (Partial load) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงระหว่างช่วงไฟน้อยและไฟสูงจึงมีเพียงแค่ 2 ขั้น ดังแสดงในรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน

(ข) หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสัดส่วน

หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสัดส่วน (Proportional modulating burner) สามารถควบคุมปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับภาระทางความร้อนของหม้อน้ำได้อย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยวาล์วควบคุมน้ำมัน (Oil regulator) ที่สามารถหรี่ปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงลงมาจนถึงระดับต่ำสุดหรือเร่งปริมาณเพิ่มขึ้นไปหยุด ณ ตำแหน่งใดๆ ก็ได้ระหว่างช่วงภาระบางส่วนจนถึงภาระสูงสุด การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงระหว่างช่วงไฟน้อยและไฟสูงจึงมีลักษณะเป็นคลื่นต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 4-12



รูปที่ 4-12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องแบบสัดส่วน

การเลือกใช้หัวเผาและระบบควบคุมการทำงานของหัวเผากับหม้อน้ำจำเป็นต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับภาระของไอน้ำ สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาถึงคือ ค่าเทิร์นดาวน์เรโช (Turn down ratio) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างอัตราการเผาไหม้สูงสุด (Maximum firing rate) และอัตราการเผาไหม้ต่ำสุด (Minimum firing rate) โดยที่ประสิทธิภาพการเผาไหม้ยังดีเช่นเดิม เช่น หัวเผาที่มีค่าเทิร์นดาวน์เรโช 10:1 จะสามารถลดการผลิตไอน้ำลงเหลือ 10% ของกำลังผลิตไอน้ำสูงสุด โดยที่หัวเผาไม่มีการตัดการเผาไหม้หรือไฟดับ ดังนั้นหากภาระไอน้ำมีการเปลี่ยนแปลงมาก ควรเลือกหัวเผาและการควบคุมที่มีค่าเทิร์นดาวน์เรโชสูง ซึ่งจะช่วยให้การผลิตไอน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น หัวเผาแบบควบคุมต่อเนื่องซึ่งมีราคาและประสิทธิภาพสูง จะมีค่าเทิร์นดาวน์เรโชประมาณ 10:1 ในขณะที่หัวเผาแบบไฟมาก-น้อย ซึ่งมีค่าเทิร์นดาวน์เรโชเท่ากับ 3:1 มีราคาและประสิทธิภาพต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด

4.2 เทคโนโลยีเชื้อเพลิง หัวเผา และการเผาไหม้

ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ในหม้อน้ำนั้นมีผลทำให้เกิดความแตกต่างต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปของพลังงาน คือ เชื้อเพลิงจะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของการเผาไหม้ และจะส่งผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนด้วย เชื้อเพลิงอาจจะเป็นของแข็ง (Soild) ของเหลว (Liquid) หรือก๊าซ (Gas) และอาจเป็นเชื้อเพลิงที่พัฒนาให้มีคุณค่าทางการค้า (Commercial fuel) หรือเชื้อเพลิงที่เหลือใช้ ได้แก่ เชื้อเพลิงซึ่งสกัดออกมาจากฟอสซิล มีการใส่สารเคมีเพิ่มเข้าไปหรือทำให้บริสุทธิ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น และส่งไปขายตามองค์กรต่างๆ ได้อย่างมากมาย เช่น องค์กรถ่านหินของสหราชอาณาจักร (British coal) บริษัทน้ำมันและองค์กรก๊าซของสหราชอาณาจักร (British gas) เชื้อเพลิงที่เหลือใช้เหล่านี้เป็นผลพลอยได้ (By-product) หรือส่วนที่ติดมากับกระบวนการผลิต สิ่งที่เห็นได้อย่างชัดเจนก็คือ เป็นการประหยัดที่จัดหาได้ในท้องถิ่นตนเอง

การพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ นอกเหนือจากด้านการเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแล้ว ต้องคำนึงถึงส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บสำรองและการลำเลียงเชื้อเพลิงเหล่านี้ด้วย นอกจากนั้น ยังมีเรื่องของการบำรุงรักษาและผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น สิ่งต่างๆ เหล่านี้จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมและต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

4.2.1 เทคโนโลยีเชื้อเพลิง

1) Coal Water Mixture (CWM)

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าพลังงาน และลดมลภาวะ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

Coal Water Mixture (CWM) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Coal Water Slurry (CWS) หรือ Coal Water Fuel (CWF) คือ เชื้อเพลิงเหลวชนิดหนึ่งซึ่งได้จากการผสมน้ำกับถ่านหินที่บดจนได้ขนาดและเติมสารเติมแต่ง (Additives) ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ สารตัวกระจาย (Dispersant) และสารคงสภาพ (Stabilizer) เพื่อให้อนุภาคถ่านหินสามารถแขวนลอยอยู่ในของเหลวได้โดยไม่ตกตะกอน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาสำหรับหม้อน้ำอุตสาหกรรม หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งอาจเป็นการเผาร่วมกับถ่านหินบดละเอียด (Pulverized Coal) เพื่อควบคุมการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ให้อยู่ในระดับที่มาตรฐานกำหนด CWM ถือว่าเป็นเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) เนื่องจากสามารถช่วยลดมลพิษและผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินตั้งแต่ขั้นตอนการขนส่ง การจัดเก็บ การเผาไหม้ และการปลดปล่อยก๊าซไอเสีย

(ก) ระบบหัวเผาเชื้อเพลิง (Burner/Atomizer System)

CWM เป็นเชื้อเพลิงเหลวที่เต็มไปด้วยอนุภาคของแข็ง ดังนั้น ระบบหัวเผาเชื้อเพลิง (Burner/Atomizer) ที่ถูกออกแบบมาสำหรับเผาน้ำมันจะเกิดการสึกกร่อนในส่วนที่เป็นพื้นที่สัมผัสกับการไหลของเชื้อเพลิงในอัตราความเร็วสูง ซึ่งการสึกหรอนี้จะมีผลกระทบต่อการพ่นเชื้อเพลิงเป็นฝอยละออง (Atomization) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ระบบส่วนใหญ่เลือกที่จะป้องกันส่วนสึกหรอได้ง่ายของระบบเผาเชื้อเพลิง

เช่น ปลายหัวเผาเชื้อเพลิง (Burner Tip) หรือหัวฉีดฝอยละออง (Nozzle) ด้วยเซรามิกหรือวัสดุที่มีความแข็ง เช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์ หรือทังสเตนคาร์ไบด์ ซึ่งพบว่าสามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านี้ได้ นอกจากนี้ มีผู้ผลิตบางรายในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน สวีเดน สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ที่ผลิตระบบหัวเผาเชื้อเพลิงขึ้นมาเพื่อใช้กับ CWM โดยเฉพาะ ทั้งนี้ จากผลการทดสอบใช้กับเชื้อเพลิง CWM พบว่าส่วนใหญ่จะมี Turndown Ratio อยู่ระหว่าง 3:1 ถึง 4:1 เมื่อใช้ไอน้ำหรืออากาศเป็นตัวกลาง (Atomizing Medium) และพบว่าการใช้ไอน้ำเป็นตัวกลางในการพ่นฝอยละออง จะทำให้มีอัตราการเผาเชื้อเพลิงสูงกว่าและได้เถ้าลอยที่มีความละเอียดมากกว่า ในขณะที่เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลางจะทำให้การลุกไหม้ของเชื้อเพลิงมีเสถียรภาพมากกว่า สำหรับการเผา CWM โดยใช้ระบบหัวเผาเชื้อเพลิงที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับถ่านหินบดละเอียด (Pulverized Coal) พบว่าสามารถใช้งานกับ CWM ได้เป็นอย่างดี

(ข) การปลดปล่อยก๊าซมลพิษ

ปริมาณออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_X) ในไอเสีย พบว่าจะเพิ่มขึ้นตามภาระของหม้อน้ำที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ วิธีการลดการปลดปล่อย SO_X จากการเผาไหม้ CWM ก็คือการเลือกใช้ถ่านหินที่มีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำ ส่วนการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X) มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในเชื้อเพลิงและในอากาศที่เผาไหม้ โดยหากอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ยิ่งสูงก็จะยิ่งทำให้เกิด NO_X จากอากาศที่เผาไหม้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าการเผาเชื้อเพลิง CWM จะเกิด NO_X น้อยกว่าการเผาถ่านหินบดละเอียด เนื่องจากสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยน้ำจากเชื้อเพลิง

(ค) การลดสมรรถนะของหม้อน้ำ (Derating)

CWM ต่างจากเชื้อเพลิงเหลวชนิดอื่น เนื่องจากมีองค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้ (Noncombustible Content) สูงกว่า และมีค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักต่ำกว่าน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติ ดังนั้น เมื่อใช้ CWM กับระบบที่ถูกออกแบบมาสำหรับใช้เชื้อเพลิงคุณภาพสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นหม้อน้ำขนาดเล็ก ก็จะต้องลดสมรรถนะของหม้อน้ำลงเพื่อไม่ให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ลดลงมากเกินไป ทั้งนี้ สาเหตุสำคัญของการลดสมรรถนะของหม้อน้ำเกิดจากปัจจัยหลัก คือ

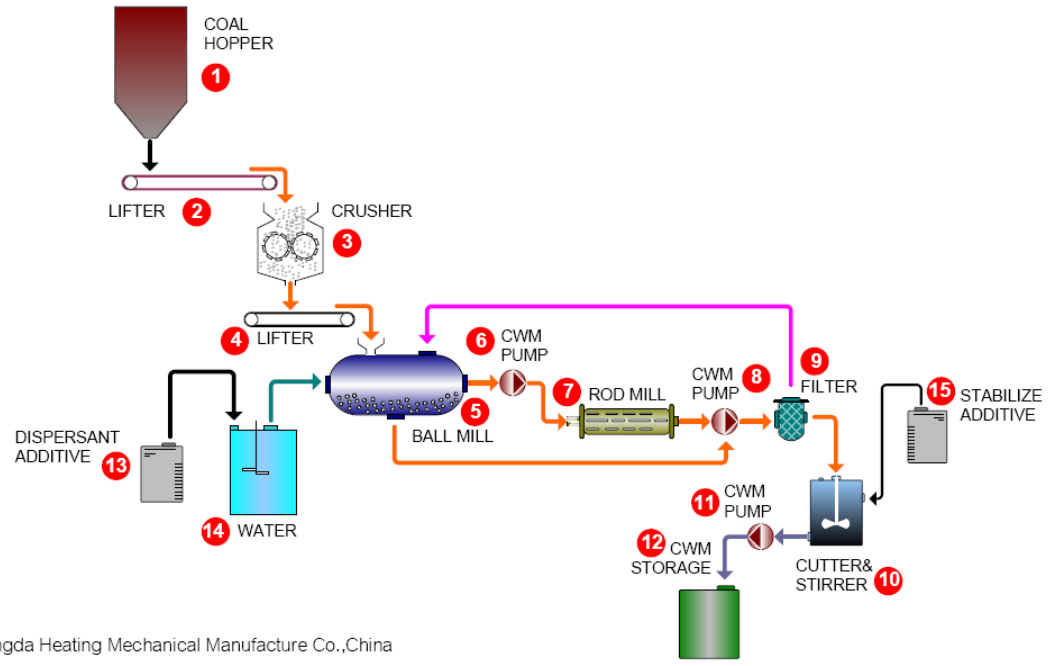
1. เมื่อใช้ CMW เป็นเชื้อเพลิง ระยะเวลาสำหรับการเผาคาร์บอนในเตาเผา (Residence Time) จะสั้นเกินไป จึงทำให้ต้องลดสมรรถนะในการเผาไหม้ลง
2. ต้องการเพิ่มเวลาเพื่อให้อนุภาคของเถ้าและละอองต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้เย็นลงก่อนที่จะเข้าสู่ส่วนถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน (Convection Section) เพื่อป้องกันการเกาะตัวของเถ้า (Fouling)
3. หากทำการเผา CWM ตามสมรรถนะของหม้อน้ำ ความเร็วของอากาศร้อนจากการเผาไหม้ที่เข้าสู่ส่วนถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนอาจสูงมาก และเป็นสาเหตุให้เกิดการสึกกร่อนหรือการถ่ายเทความร้อนให้กับท่อน้ำ (Water Tube) ไม่มีประสิทธิภาพ จึงต้องลดอัตราการเผาไหม้ลง

(ค) คุณสมบัติของเชื้อเพลิง CWM

ตารางที่ 4-3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง CWM

Coal concentration (wt%)	68-70
Higher heating value (kcal/kg)	5,000-5,200
Lower heating value (kcal/kg)	4,600-4,800
Apparent consistency (mPa-s)	1,000
Specific gravity	1.25
Ash content (wt%)	6
Sulfur content (wt%)	0.2
Grain of 200 mesh or less (%)	80-85

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



ที่มา: Dongda Heating Mechanical Manufacture Co.,China

รูปที่ 4-13 เชื้อเพลิงหม้อน้ำชนิด Coal Water Mixture (CWM)

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

  ข้อดี

  - นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาได้
  - เป็นเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ช่วยลดมลพิษและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงถ่าน

  ข้อเสีย

  - ต้องมีการปรับปรุงอุปกรณ์ของหม้อน้ำบางส่วน
  - ต้องลดสมรรถนะของหม้อน้ำลงเพื่อไม่ให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ลดลงมากเกินไป
  - เนื่องจาก CWM เป็นเชื้อเพลิงที่มีอนุภาคของแข็งอยู่ในของเหลว ซึ่งเมื่อไหลผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ปั๊ม วาล์ว ระบบหัวเผาเชื้อเพลิง ก็จะทำให้เกิดการสึกกร่อนขึ้นอย่างรวดเร็วหากไม่ได้มีการป้องกันไว้

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ในกรณีของหม้อน้ำที่ออกแบบมาสำหรับใช้เผาถ่านหิน หรือถ่านหินร่วมกับเชื้อเพลิงอื่นๆ สามารถใช้ CWM เป็นเชื้อเพลิงได้โดยทำการปรับปรุงย่อย (Minor Modification) ที่หัวเผาและ Atomizer

ในกรณีของหม้อน้ำที่ออกแบบมาสำหรับใช้เผาเชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซจะต้องทำการปรับปรุงใหญ่ (Major Modification) เพื่อให้จัดการกับเถ้าที่เกิดขึ้น เช่น ถังรับเถ้า Soot Blower เพื่อทำความสะอาดด้านในของหม้อน้ำและระบบ Bag Filter ร่วมกับส่วนที่ระบุก่อนหน้านี้ ได้แก่ หัวเผาและ Atomizer ด้วย

- ตัวอย่างการผลิตและการใช้ CWM ในต่างประเทศ

  (ก) ประเทศสหรัฐอเมริกา

Polk Power Station, Polk County, Florida เป็นโครงการโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงถ่านหินของ Tampa Electric Co. ที่มีกำลังการผลิตทั้งหมด 316 MW_e และมีกำลังการผลิตสุทธิ 250 MW_e ซึ่งใช้ถ่านหินและ CWM จำนวน 2,300 ตันต่อวันเป็นเชื้อเพลิง (ใช้ CWM ประมาณ 55-60% ของค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ต้องการ) โดยใช้เทคโนโลยี Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) ซึ่งเป็นการแปรสภาพเชื้อเพลิงโดยใช้ Texaco Coal Gasifier ร่วมกับการใช้เทคโนโลยี Combined Cycle เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งพบว่าระบบมีอัตราการเผาคาร์บอนมากกว่า 95% สามารถเดินระบบได้อย่างมีเสถียรภาพ และมีความพร้อมจ่ายตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ในขณะที่มีการปลดปล่อยมลสาร ได้แก่ SO_2 NO_x และฝุ่นละอองต่ำกว่าระดับที่มาตรฐานกำหนด โดย Polk IGCC Power Plant ถือว่าเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน (Coal-Based Power Generation Facilities) ที่สะอาดที่สุดในโลกแห่งหนึ่ง โครงการดังกล่าวมีค่าลงทุนทั้งหมด 300 ล้านเหรียญสหรัฐ (รวมค่าดำเนินการในขั้นตอนการสาธิต) หรือเท่ากับ 303 เหรียญต่อกิโลวัตต์เมื่อเทียบกับกำลังการผลิตสุทธิ

(ข) ประเทศสวีเดน

CWM ของ Svenska Fluid Carbon ผลิตจากถ่านหินคุณภาพดีจากโปแลนด์ที่ผ่านการทำความสะอาด (Beneficiation) เพื่อลดปริมาณเถ้าและซัลเฟอร์แล้ว โรงงานผลิต CWM ดังกล่าวมีขนาด 250,000 ตันต่อปี ตั้งอยู่ที่ Malmo Harbor ซึ่งอยู่ทางภาคใต้ของสวีเดน (เริ่มเดินระบบปี ค.ศ. 1984)

ผลจากการผลิตไปให้ลูกค้าใช้งาน พบว่า

1. Energy Utility of Lund Project:

ต้องปรับแต่งหม้อน้ำโดยเพิ่มระบบการจัดการเถ้า และเปลี่ยนหัวเผาเป็นแบบ Rotary Cup Burner ซึ่งทำให้ได้ประสิทธิภาพเท่าน้ำมันเตา

2. KF/Foodia AB Project:

หลังจากปรับปรุงหม้อน้ำทั้งแบบย่อยและแบบใหญ่ พบว่า ประสิทธิภาพตกลงไปประมาณ 30%

3. SAB NIFE Factory:

หม้อน้ำแบบท่อไฟซึ่งเมื่อใช้ CWM พบว่า ประสิทธิภาพตกลงอย่างมากจากปัญหาการจัดการเถ้าและเรื่องเถ้าจับตัวแน่นในท่อไฟ ต้องปรับปรุงโดยเพิ่ม Baghouse Filter และ Economizer อุ่นน้ำเพิ่ม

2) การใช้อุปกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ Contact Catalyst

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

อุปกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ Contact catalyst มีหลักการทำงานบนพื้นฐานของโลหะ Catalyst โดยกระบวนการไฮโดรแครกกิง หมายถึง กระบวนการที่ทำให้เกิดการแตกย่อยของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักโมเลกุลสูงให้มีโครงสร้างที่เล็กลง มีผลทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น (โมเลกุลของน้ำมันชื้อเพลิงมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับออกซิเจนได้เพิ่มขึ้น) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการแครกกิงของสารไฮโดรคาร์บอนโดยทั่วไปผลิตจากสารซีโอไลท์ (เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างประกอบด้วยอลูมิเนียมออกไซด์และซิลิการ์ออกไซด์) โดยที่มีการเติมออกไซด์ของโลหะแรร์เอิร์ธไปบนผิวของซีโอไลท์ ซึ่งออกไซด์ของโลหะแรร์เอิร์ธจะเป็นตัวควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียอลูมิเนียมในซีโอไลท์ และยังทำให้การเป็นกรดของซีโอไลท์สูงขึ้น กระบวนการแครกกิงที่เกิดจากตัวเร่งปฏิกิริยามักจะเกิดควบคู่กับกระบวนการดีไฮโดรจิเนชั่น (หมายถึง กระบวนการที่ไฮโดรเจนอะตอมถูกดึงออกมาจากโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำให้เกิดสารประกอบอัลคีน)

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

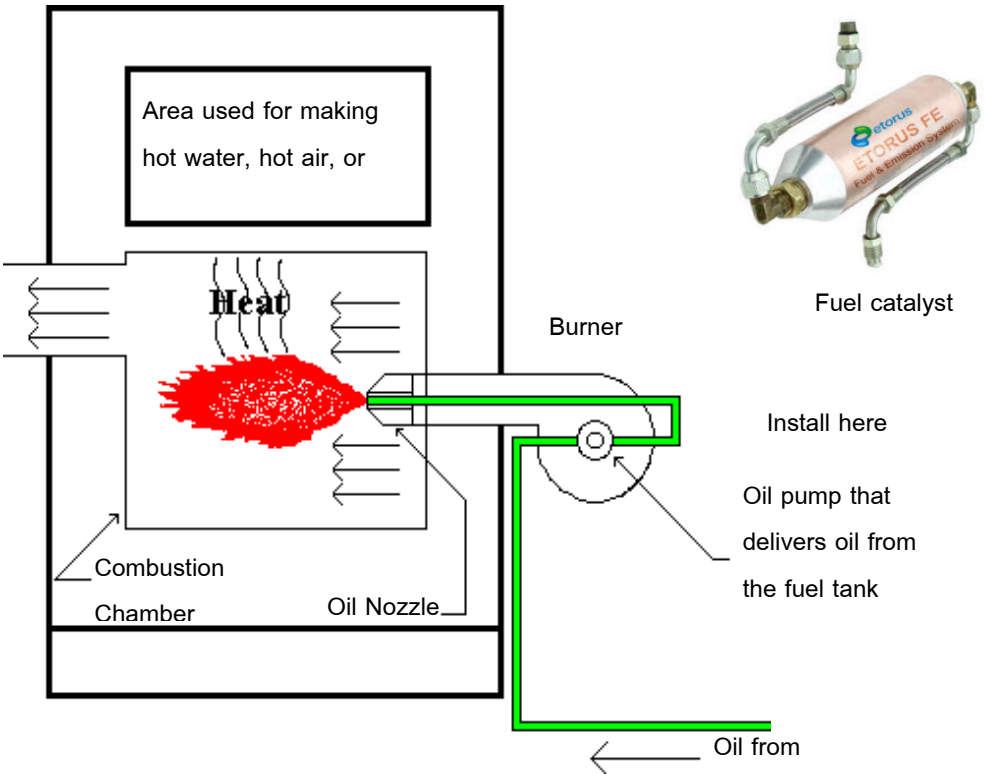
ข้อดี

- ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น
- อัตราการใช้เชื้อเพลิงโดยเฉลี่ยลดลง 5-15%
- อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง 10-30%

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

เป็นอุปกรณ์ใช้กับน้ำมันเชื้อเพลิง โดยปลายข้างหนึ่งต่อเข้ากับท่อน้ำมัน ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อเข้ากับท่อน้ำมันที่ทางเข้าของหัวเผาของหม้อน้ำ

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-14 อุปกรณ์เร่งปฏิกิริยาแบบ Contact catalyst เพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น

3) การเติมแมกนีเซียมเข้ากับน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อลดการเกิด Slag

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อและน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

เนื่องจากเชื้อเพลิงเหลวที่ใช้สันดาปในห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำมักจะมีสารปนเปื้อน เช่น วาเนเดียม โซเดียม และซัลเฟอร์ปนอยู่ เมื่อนำไปสันดาปในห้องเผาไหม้แล้วจะทำให้เกิด Slag และเกิดการกัดกร่อนบนพื้นผิวภายในห้องเผาไหม้ ผลจากกระบวนการสันดาปจะเกิด Vanadium Pentoxide (มีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวที่ 675 $^{\circ}$C) เมื่อผสมกับ Sodium Oxide จะมีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวลดต่ำลง ถ้าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงกว่าจุดหลอมเหลวของสารผสม จะทำให้สารผสมหลอมเหลวติดอยู่ตามพื้นผิวในห้องเผาไหม้ อีกทั้งสารผสมหลอมเหลวดังกล่าวจะไปทำละลายและกัดกร่อนพื้นผิวด้วย เมื่อห้องเผาไหม้เย็นตัวลงจะทำให้สารผสมกลายเป็นของแข็งที่เรียกว่า Slag ติดอยู่บนพื้นผิว และจะสะสมมากขึ้นเมื่อมีการใช้งานหม้อน้ำไปเป็นระยะเวลานาน เป็นผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนแย่ลง ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันการกัดกร่อนและการเกิด Slag จึงต้องมีการเติมแมกนีเซียมเข้าไปในน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเกิดการสันดาปขึ้นจะได้ Magnesium Othrovanadate ซึ่งมีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวสูงมากกว่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ ทำให้ไม่เกิดการหลอมเหลว จึงไม่เกิด Slag ขึ้น โดยแมกนีเซียมที่เติมลงไปจะต้องมีปริมาณที่เพียงพอและอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยา

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ข้อดี

- ช่วยป้องกันการกัดกร่อนและการเกิด Slag บนพื้นผิวในห้องเผาไหม้
- นอกจากช่วยจัดการผลที่เกิดจากวาเนเดียมที่ปนอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงแล้ว ยังช่วยเจือจางและลดมลพิษที่เกิดจากโซเดียม โปแตสเซียม และ/หรือตะกั่วที่ปนอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงด้วย
- ช่วยทำให้หัวเผาสะอาด

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

เติมสารปรุงแต่งแมกนีเซียมเข้าไปในน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่เหมาะสม ดังนั้น การเติมจึงควรมีการตวงวัดเพื่อให้ได้ปริมาณที่ถูกต้อง

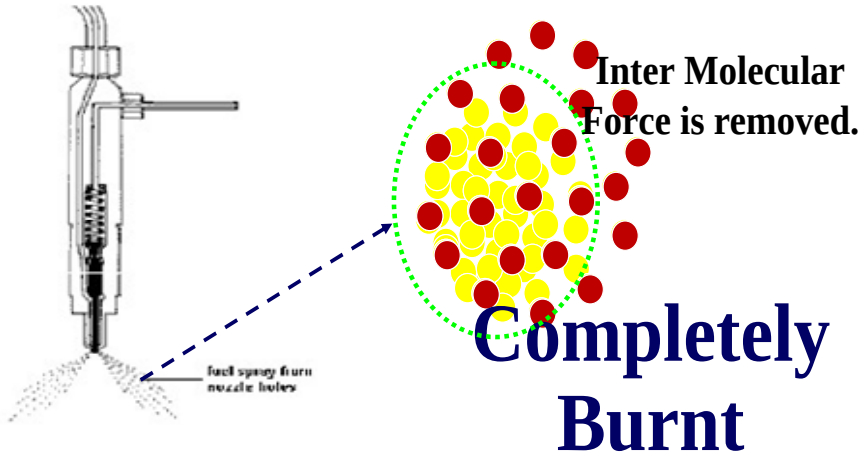
4) การเติมสารลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในน้ำมันเชื้อเพลิง

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

การเติมสารลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเข้าไปในน้ำมันเชื้อเพลิงช่วยให้การเผาไหม้ของน้ำมันมากขึ้น ทำให้การสันดาปได้พลังงานเต็มที่ เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ (Fuel Cluster) ดังนั้น เมื่อเติมสารเพื่อลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจะทำให้เกิดการแยกตัวเป็นโมเลกุลเดี่ยวๆ มากขึ้น มีโอกาสเกิดการสันดาปสูงขึ้น การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-15 การแตกตัวและลดการรวมกลุ่มของโมเลกุล

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ข้อดี

- เพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ ช่วยให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์
- ลดมลพิษและลดค่าใช้จ่ายทางด้านการกำจัดมลภาวะ
- ลดค่าใช้จ่ายต้นทุนน้ำมันได้ประมาณ 10-30%

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

เทคโนโลยีนี้ไม่ต้องทำการปรับปรุงอุปกรณ์ใดเพิ่มเติม สามารถที่จะดำเนินการได้โดยเติมสารเคมีลงในเชื้อเพลิง

5) เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และลดมลภาวะ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด คือ เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเหมือง การจัดการถ่านหินก่อนนำมาใช้ และการใช้ประโยชน์ถ่านหิน โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เทคโนโลยีเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการลดหรือกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง กล่าวคือเป็นการสนับสนุนนโยบายการใช้พลังงานจากถ่านหินในด้านความมั่นคงทางด้านพลังงาน การรักษาสิ่งแวดล้อม และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

โดยทั่วไปเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดสามารถนำมาใช้ได้ในหลายลักษณะ ได้แก่

- เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (Pre-Combustion)
- เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ (Combustion) หรือเมื่อนำมาใช้ประโยชน์
- เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (Post-Combustion)

1. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้

เป็นการนำถ่านหินมาผ่านกระบวนการเพื่อลดปริมาณเถ้าและกำมะถัน ซึ่งในขณะเดียวกันเป็น การเพิ่มค่าความร้อนของถ่านหินก่อนนำมาเผาไหม้ วิธีการเหล่านี้ หมายถึง Coal Preparation, Coal Beneficiation หรือ Coal Upgrading ได้แก่ การทำความสะอาดโดยวิธีทางกายภาพ การทำความสะอาดโดยวิธีทางเคมี และการทำความสะอาดโดยวิธีทางชีวภาพ

1.1 การทำความสะอาดโดยวิธีทางกายภาพ เป็นการแยกสารที่ไม่ต้องการ เช่น ฝุ่นละออง ดิน หิน และสารประกอบอนินทรีย์ เช่น Pyritic Sulfur (กำมะถันอนินทรีย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบ) ออกจากเนื้อถ่านหิน โดยใช้ความแตกต่างของความหนาแน่นของถ่านหินกับสารเหล่านี้ ดังนั้นเมื่อนำถ่านหินมาบดแล้วล้างผ่านน้ำ สารต่างๆ ที่ไม่ต้องการจะแยกออกจากเนื้อถ่านหิน

1.2 การทำความสะอาดโดยวิธีทางเคมี เป็นการใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติชะล้างแร่ธาตุและกำมะถันอินทรีย์ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้โดยวิธีทางกายภาพ ในการทำปฏิกิริยากับผงถ่านหินเพื่อกำจัดกำมะถันและเถ้า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ได้แก่ Molten-Caustic Bleaching

1.3 การทำความสะอาดโดยวิธีทางชีวภาพ เป็นเทคโนโลยีซึ่งใช้สิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในการกำจัดกำมะถันในถ่านหิน ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียและเชื้อราบางชนิดใช้กำมะถันเป็นอาหาร เมื่อนำสิ่งมีชีวิตที่พบในถ่านหินระหว่างการย่อยสลายเหล่านี้มาเพาะเลี้ยง จะสามารถสกัดเอาเอนไซม์ย่อยสลายกำมะถันมาใช้ในการเร่งกระบวนการกำจัดกำมะถันในถ่านหินได้

นอกจากนี้ยังมีการเตรียมถ่านหินสะอาดโดยการนำถ่านหินคุณภาพต่ำมาปรับปรุงคุณภาพถ่านหิน (Coal Upgrading) เช่น ใช้วิธี Liquid-Phase Cracking with Solvent, Hot Water Drying, Coal-Water-Fuel, Coal Briquette เป็นต้น

2. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้หรือเมื่อนำมาใช้ประโยชน์

2.1 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบการเผาไหม้ถ่านหิน โดยการปรับปรุงเตาเผาและหม้อน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ถ่านหิน และลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ เทคโนโลยีในกลุ่มนี้ได้แก่

- Pulverized Fuel (PF) Combustion โดยถ่านหินจะถูกบดให้มีขนาดเล็กมาก แล้วพ่นเข้าไปในเตาเผาพร้อมอากาศ เมื่อถ่านหินติดไฟจะให้ความร้อนแก่หม้อน้ำ ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีของเตาเผา ทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ถ่านหินเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 40 และอาจเป็นร้อยละ55 ในอนาคต
- Fluidized Bed Combustion (FBC) สำหรับการเผาไหม้วิธีนี้ จะนำถ่านหินที่บดจนมีขนาดเล็กมากมาผสมกับหินปูนและพ่นเข้าไปในหม้อน้ำพร้อมอากาศร้อน ถ่านหินและหินปูนที่พ่นเข้าไปจะแขวนลอยอยู่ในคลื่นอากาศร้อนโดยมีลักษณะคล้ายของเหลวเดือด ขณะที่ถ่านหินเผาไหม้ หินปูนจะทำหน้าที่คล้ายฟองน้ำดักจับกำมะถันที่เกิดขึ้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินจะนำมาต้มน้ำทำให้เกิดไอน้ำ กระบวนการนี้สามารถลดปริมาณกำมะถันที่จะถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ได้มากถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้ อุณหภูมิของหม้อน้ำที่ใช้กระบวนการนี้ยังต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในวิธีการเดิม ประโยชน์ของการเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ ลดปริมาณมลพิษที่เกิดจากไนโตรเจน
- Pressured Fluidized Bed Combustion เป็นการเผาไหม้ถ่านหินแบบฟลูอิไดซ์เบดภายใต้ความดันสูง ความร้อนที่ผลิตได้นำไปใช้ผลิตไอน้ำเพื่อขับกังหันไอน้ำ ส่วนก๊าซร้อนที่ได้มีแรงดันและอุณหภูมิสูงสามารถนำไปขับกังหันก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้าร่วม การผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบการเผาไหม้ถ่านหินแบบฟลูอิไดซ์เบดภายใต้ความดันสูงชนิดฟองอากาศ (Bubbling Type PFBC) อีกด้วย

2.2 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดโดยการแปรรูป เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแปรรูปถ่านหิน (Coal Conversion) ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง (Coal Gasification) หรือเชื้อเพลิงเหลว (Coal Liquefaction)

- Coal Gasification Technology เป็นกระบวนการออกซิเดชั่นถ่านหินเพียงบางส่วน โดยถ่านหินทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนหรืออากาศและไอน้ำภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง แล้วให้ก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel Gas) ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนใหญ่ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะถูกนำมาทำให้สะอาดโดยการกำจัดมลพิษก่อน ก๊าซที่ได้นี้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินที่อยู่ใต้ดินซึ่งไม่คุ้มค่าต่อการขุดขึ้นมา กระบวนการนี้เรียกกว่า Underground Gasification ซึ่งทำโดย

การอัดไอน้ำและออกซิเจนเข้าไปในชั้นถ่านหินผ่านหลุมเจาะจากพื้นผิวดิน เมื่อชั้นถ่านหินบางส่วนติดไฟ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะทำให้ถ่านหินที่เหลือผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ก๊าซที่เกิดขึ้นจะผ่านขึ้นมาตามท่อและนำไปแยกมลพิษออกก่อนที่จะนำไปใช้

- Coal Liquefaction Technology (CLT) เป็นการแปรรูปถ่านหินให้อยู่ในรูปเชื้อเพลิงเหลว (Liquid Fuel) โดยทั่วไป การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากถ่านหินทำได้โดยการแยกคาร์บอนออกหรือการเติมไฮโดรเจนเข้าไป กรณีแรกเรียกว่า Carbonization หรือ Pyrolysis สำหรับการเติมไฮโดรเจน เรียกว่า Liquefaction เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากถ่านหินสามารถนำมากลั่นในขบวนการกลั่นน้ำมัน จะได้น้ำมันสำหรับรถยนต์และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น พลาสติกและสารละลายต่างๆ (Solvent) กระบวนการการผลิตเชื้อเพลิงเหลวสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยตรง (Direct Liquefaction) เป็นการแปรรูปถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเหลวโดยใช้กระบวนการเดียว (Single Process) และการผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยทางอ้อม (Indirect Liquefaction) เป็นการนำถ่านหินมาผ่านกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงก่อนจึงนำมาแปรรูปเป็นของเหลว

2.3 เทคโนโลยีสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาด Dimethyl Ether (DME) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการใช้ถ่านหินที่สะอาดและประหยัด มีคุณสมบัติเปรียบเสมือน LPG ก๊าซสังเคราะห์ที่ผลิตได้มาจากการเผาไหม้ก๊าซมีเทน (ที่มาจากเหมืองถ่านหินซึ่งมี CH_4 40% และอากาศ 60 %) กับออกซิเจน โดยมีไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (ที่หมุนเวียนนำกลับมาใช้ได้) อยู่ด้วยเพื่อให้อัตราส่วนของไฮโดรเจนกับคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงขึ้น และมีการเติมโปรเพนเพื่อลดไนโตรเจนในก๊าซสังเคราะห์ ก๊าซสังเคราะห์จะถูกทำให้เย็นลง ทำการอัดและแยกคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย Amine Absorption ก่อนป้อนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ Dimethyl Ether คาร์บอนไดออกไซด์ และเมทานอล

3. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้

เทคโนโลยีเหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากถ่านหินเผาไหม้แล้วนำมาใช้เพื่อลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ เทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ได้แก่

3.1 เทคโนโลยีการดักจับฝุ่น ได้แก่

- Electrostatic Precipitator ใช้หลักการไฟฟ้าสถิตย์ในการดักจับเถ้าลอย โดยให้ฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้าขั้วหนึ่งและถังเก็บฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่ง ระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงในการดักจับฝุ่น
- ไซโคลน (Cyclone) ใช้ในการแยกฝุ่น โดยอาศัยหลักของแรงเหวี่ยงเพื่อให้ก๊าซเกิดการหมุนตัว ฝุ่นจะถูกแยกออกมา ใช้ร่วมกับหม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบด หรือกับหม้อน้ำแบบ Pulverized Coal
- อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter)

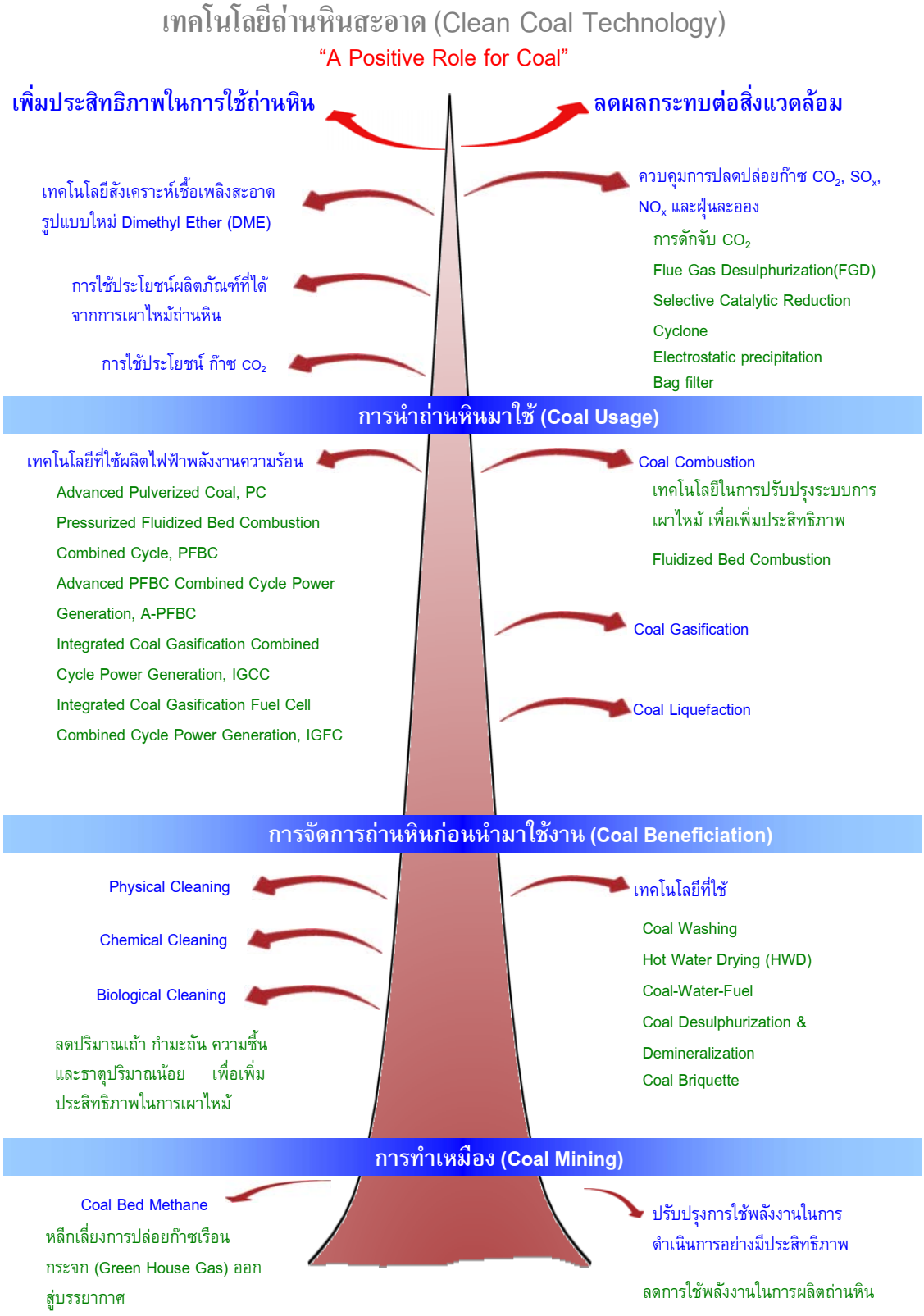
3.2 ระบบการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulphurization) เป็นกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ออกมาพร้อมก๊าซทิ้ง สามารถแบ่งได้เป็นสามแบบ คือ แบบเปียก แบบแห้ง และแบบกึ่งแห้ง แต่กระบวนการแบบเปียกจะเป็นที่นิยมมาก ส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นแบบ Limestone-Gypsum คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในก๊าซทิ้งจะทำปฏิกิริยากับของผสมระหว่างน้ำกับหินปูนที่ฉีดเข้าไปในระบบก๊าซทิ้ง เกิดเป็นยิปซัมซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

3.3 เทคโนโลยีการลดปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในก๊าซทิ้ง กระบวนการที่ใช้กันแพร่หลายและมีประสิทธิภาพสูง คือ Selective Catalytic Reduction (SCR) ในระบบนี้ใช้แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ เกิดเป็นไนโตรเจนและน้ำ

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ลดหรือกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เป็นการสนับสนุนนโยบายการใช้พลังงานจากถ่านหินในด้านความมั่นคงทางด้านพลังงาน การรักษาสิ่งแวดล้อม และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากถ่านหินมีปริมาณสำรองมากและมีความมั่นคงในการจัดหา แต่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงอื่นๆ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาใช้จึงมีความสำคัญและจำเป็น และยังสามารถเปลี่ยนทัศนคติที่ไม่ดีต่อการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ได้

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-16 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean coal technology)

4.2.2 เทคโนโลยีหัวเผา

1) Regenerative burner

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน และลดมลภาวะ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

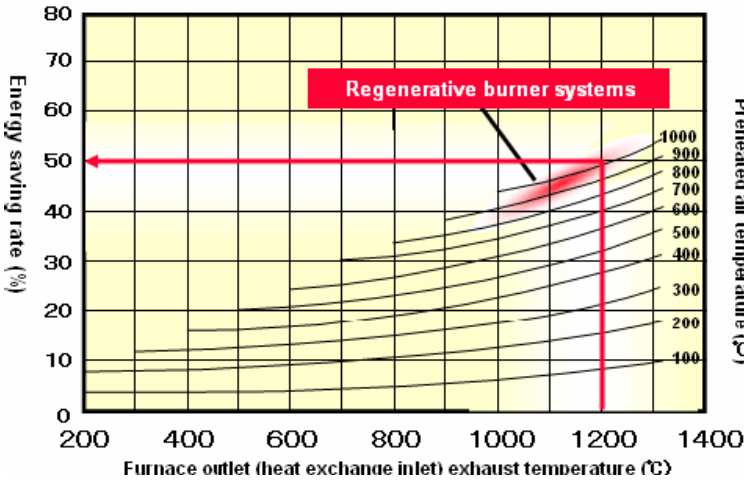
หัวเผารีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Burner) คือ หัวเผาที่ออกแบบมาเพื่อให้มีการนำเอาความร้อนทิ้งกลับมาใช้ให้ได้มากที่สุด ซึ่งก๊าซไอเสียจะนำมาเก็บสะสมความร้อนที่ห้องสะสมความร้อน การสะสมความร้อนสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากห้องกักเก็บก๊าซไอเสียถูกออกแบบให้ใช้วัสดุที่สะสมความร้อนได้สูงมาก อากาศเย็นที่จะใช้ในการเผาไหม้จะแลกเปลี่ยนความร้อนจากห้องกักเก็บไอเสีย ทำให้อากาศที่จะใช้เผาไหม้มีอุณหภูมิสูงใกล้เคียงกับอุณหภูมิใช้งาน ทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มากและประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น

หลักการสำคัญที่ทำให้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟประหยัดเชื้อเพลิงได้ คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศเย็นที่จะใช้เผาไหม้ ซึ่งชุดหัวเผารีเจนเนอเรทีฟประกอบด้วยหัวเผาและรีเจนเนอเรเตอร์ อย่างละ 2 ชุด และวาล์วสลับทิศทางอีก 1 ชุด หลักการทำงาน คือ หัวเผาชุดที่ 1 ทำงาน อากาศจากภายนอกถูกป้อนเข้าที่รีเจนเนอเรเตอร์ชุดที่ 1 ในขณะเดียวกัน ก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะผ่านออกไปทางหัวเผาชุดที่ 2 และไปเก็บสะสมความร้อนที่รีเจนเนอเรเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อวาล์วกลับทิศทางการไหลของอากาศที่ป้อนเข้า อากาศก็จะถูกอุ่นโดยความร้อนที่สะสมในรีเจนเนอเรเตอร์ก่อนที่จะถึงหัวเผา ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น การเผาไหม้ที่หัวเผาชุดที่ 2 ก็จะประหยัดเชื้อเพลิงได้ การสลับทิศทางของวาล์วจะสลับทุกๆ 10-60 วินาทีขึ้นกับการออกแบบ ดังนั้น หัวเผาชุดที่ 1 และ 2 จะได้รับการอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ตลอดเวลา สำหรับก๊าซร้อนที่ถูกใช้ให้ความร้อนไปแล้วจะถูกดึงออกโดยพัดลมดูดอากาศสำหรับการเผาไหม้

เทคโนโลยีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้อุ่นอากาศในการเผาไหม้โดยการติดตั้งหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ สามารถจัดการกับก๊าซร้อนทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 1,400 °C โดยจะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่จะใช้เผาไหม้สูงได้ประมาณ 1,000 - 1,200°C และไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของชนิดเชื้อเพลิง

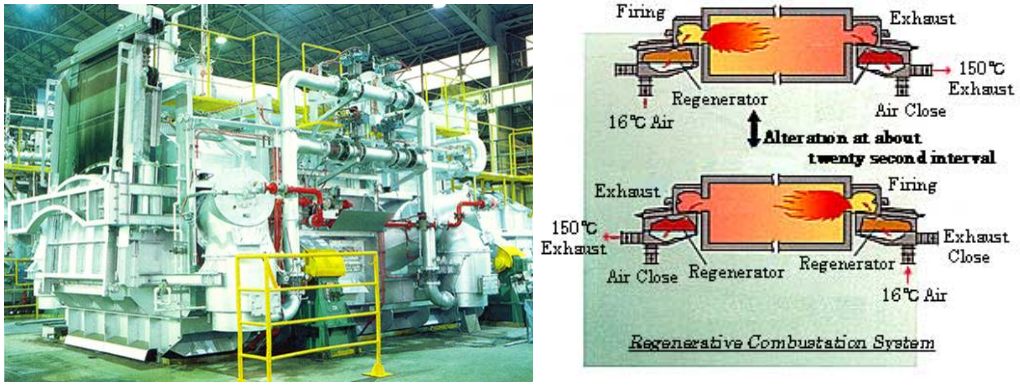
จากข้อมูลกรณีศึกษาการติดตั้งในต่างประเทศ การให้ความร้อนในเตาอุตสาหกรรมโดยการติดตั้งหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟสามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 40-50% เมื่อเทียบกับการให้ความร้อนในเตาเผาที่ใช้หัวเผาแบบอากาศเย็นทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 4-17

จากรูปจะพบว่า เมื่อเราสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศที่จะใช้ในการเผาไหม้ได้ จะทำให้การสูญเสียพลังงานในการทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นนั้นลดลงได้ ระยะเวลาในการเผาไหม้ก็สามารถลดลงได้ ในกรณีของเตาเผาที่ทำงานแบบเป็นรอบ (Batch) จะช่วยลดระยะเวลาการทำงานของเตาลงได้ ซึ่งจะสามารถเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย ในทำนองเดียวกัน กรณีของเตาเผาที่ทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous) จะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ได้



รูปที่ 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิง

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-18 หม้อน้ำที่ใช้ระบบ Regenerative combustion system

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

การนำความร้อนจากก๊าซเสียทิ้งมาใช้ในการอุ่นอากาศเผาไหม้ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาดีขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดน้อยลง จึงถือว่าเป็นอีกแนวทางในการลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การติดตั้งหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟจะต้องมีการปรับปรุงเตาค่อนข้างมาก หรืออาจจะต้องสร้างเตาใหม่เพื่อให้เป็นเตาสำหรับการใช้หัวเผารีเจนเนอเรทีฟ

กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่

- โรงงานผลิตโลหะ เช่น การรีดเหล็กเส้น
- โรงงานผลิตเซรามิค
- โรงงานผลิตแก้ว

2) Self-recuperative burner

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และลดมลภาวะ

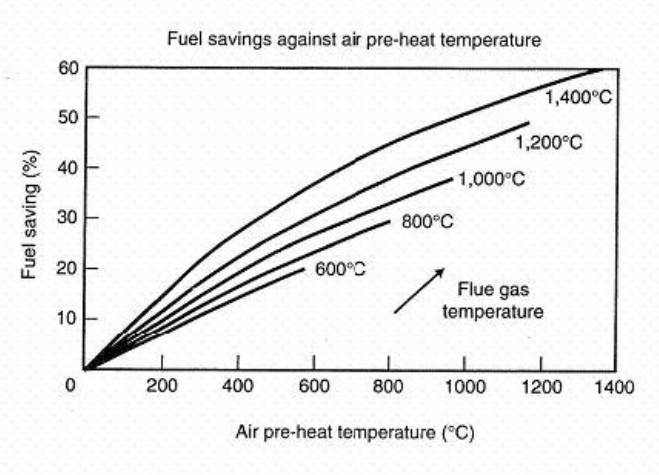
- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

หัวเผาเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟ (Self-Recuperative Burner) คือ หัวเผาที่มีลักษณะเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อแผ่รังสี โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกสร้างขึ้นมาติดกับหัวเผาเป็นชุดเดียวกัน เพื่ออุ่นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยการนำก๊าซไอเสียทิ้งมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศเย็นที่จะใช้เผาไหม้ ซึ่งการแลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดขึ้นภายในตัวหัวเผาที่ออกแบบให้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในตัวเอง

หลักการสำคัญที่ทำให้หัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟประหยัดเชื้อเพลิงได้ คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศเย็นที่จะใช้เผาไหม้ ซึ่งก๊าซไอเสียจะไหลผ่านหัวเผาที่ติดตั้งอุปกรณ์ดึงก๊าซไอเสีย (Flue Gas Eductor) โดยเหนี่ยวนำให้ก๊าซไอเสียไหลผ่านหัวเผาในส่วนที่เป็นชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งภายในหัวเผา ก๊าซไอเสียจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศเย็นที่ใช้ในการเผาไหม้ที่ไหลสวนทางผ่านช่องรอบนอกตัวหัวเผาหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดกับหัวเผา

เมื่อเราสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศที่จะใช้ในการเผาไหม้ได้ จะทำให้การสูญเสียพลังงานในการทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นนั้นลดลงได้ ระยะเวลาในการเผาไหม้ก็สามารถลดลงได้ ในกรณีของเตาเผาที่ทำงานแบบเป็นรอบ (Batch) จะช่วยลดระยะเวลาการทำงานของเตาลงได้ ซึ่งจะสามารถเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย ในทำนองเดียวกัน กรณีของเตาเผาที่ทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous) จะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ได้

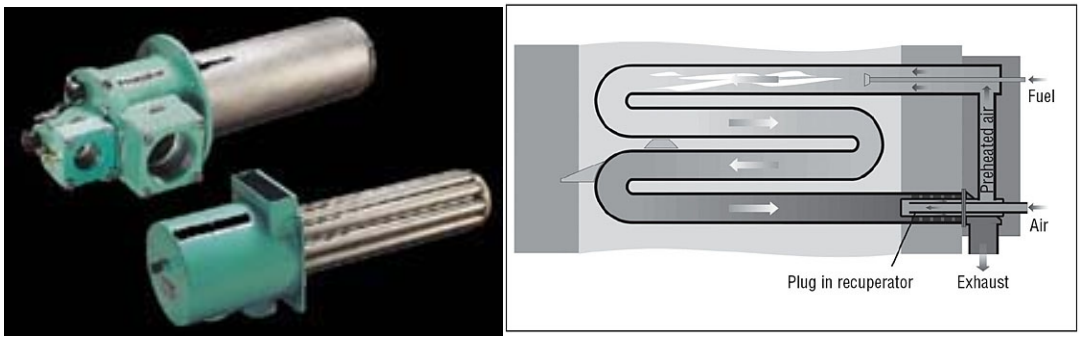
หากเพิ่มอุณหภูมิอากาศจากสภาวะปกติให้สูงขึ้น 600°C (อุณหภูมิใช้งาน 1,250°C) จะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ประมาณ 25-30%



รูปที่ 4-19 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิง

จากข้อมูลกรณีศึกษาการติดตั้งในต่างประเทศ การให้ความร้อนในเตาอุตสาหกรรมโดยการติดตั้งหัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟสามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 20-30% เมื่อเทียบกับการให้ความร้อนในเตาเผาที่ใช้หัวเผาแบบอากาศเย็นทั่วไป

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-20 การเหนี่ยวนำให้ก๊าซไอเสียไหลผ่านหัวเผา
ในส่วนที่เป็นชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งภายในหัวเผา

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

การนำความร้อนจากก๊าซเสียทิ้งมาใช้ในการอุ่นอากาศเผาไหม้ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาดีขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดน้อยลง จึงถือว่าเป็นอีกแนวทางในการลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การติดตั้งหัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟ สามารถติดตั้งเพื่อทดแทนหัวเผาอากาศเย็นได้ ซึ่งจะต้องมีการดัดแปลงเพื่อให้เข้ากับเตาเผา เหมาะสำหรับเตาเผาขนาดเล็กและใหญ่ที่มีอุณหภูมิใช้งานสูง (มากกว่า 750°C) และต้องเป็นก๊าซไอเสียที่มีการปนเปื้อนต่ำ และเชื้อเพลิงที่ใช้ควรจะมีกำมะถันในระดับต่ำเพื่อลดปัญหาเรื่องการบำรุงรักษาหัวเผา เช่น ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น

หัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟมีประโยชน์อย่างมากในงานที่ต้องการอุณหภูมิสม่ำเสมอโดยใช้กับเตาหลอมที่มีปริมาตรขนาดเล็ก เช่น เตาเผาเครื่องปั้นดินเผา

หัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟอาจนำมาใช้เสริมกับหัวเผาแบบเซรามิคชนิดรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Ceramic Burner) สำหรับการใช้งานขนาดใหญ่ เพื่อจะทำให้การกระจายความร้อนสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น

กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่

- โรงงานผลิตโลหะ เช่น การรีดเหล็กเส้น
- โรงงานผลิตเซรามิค
- โรงงานผลิตแก้ว

3) หัวเผาเม็ดพลาสติก

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

หัวเผาชนิดเชื้อเพลิงพลาสติก คือ หัวเผาที่ออกแบบมาให้สามารถใช้เชื้อเพลิงของแข็งประเภทเม็ดพลาสติกได้ ซึ่งเม็ดพลาสติกเป็นแหล่งเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนที่ได้จากขยะพลาสติก เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในสภาวะที่น้ำมันและก๊าซเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นอย่างมาก อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกที่มากขึ้นทุกวัน

หัวเผาทำงานโดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงก่อนประมาณ 15 นาที จากนั้นจึงป้อนเม็ดพลาสติกเข้าสู่ห้องเผาไหม้ซึ่งใช้ความร้อนเปลี่ยนเม็ดพลาสติกให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) เมื่อผสมกับอากาศที่ป้อนเข้ามาจึงเกิดการเผาไหม้ขึ้น เม็ดพลาสติกโดยทั่วไปมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับก๊าซหุงต้ม (LPG) แต่ราคาเม็ดพลาสติกที่ปริมาณเท่ากันจะมีราคาถูกกว่าครึ่งหนึ่ง ทำให้ประหยัดค่าเชื้อเพลิงลงได้อย่างชัดเจน

ส่วนผลกระทบจากการเผาไหม้เม็ดพลาสติก พบว่า ประสิทธิภาพของการเผาไหม้โดยใช้หัวเผาชนิดนี้สูงถึง 90% เพราะองค์ประกอบของพลาสติกเป็นไฮโดรคาร์บอนเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้มีปริมาณของมลพิษเป็นไปตามเกณฑ์ของกฎหมาย ในการเผาไหม้จะมีปริมาณเถ้าประมาณ 100 กรัมต่อเม็ดพลาสติก 40 กิโลกรัม

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

หัวเผาชนิดเชื้อเพลิงพลาสติกที่ใช้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนที่ได้จากขยะพลาสติกเป็นทางเลือกที่น่าสนใจทางหนึ่ง เพราะมีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูง และไม่มีผลกระทบเนื่องจากมลพิษ ที่สำคัญราคาเม็ดพลาสติกที่ได้จากขยะพลาสติกมีราคาถูกกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นมาก

ตารางที่ 4-4 ค่าความร้อนและราคาของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

ประเภทเชื้อเพลิง	น้ำมันเตา	น้ำมันดีเซล	เม็ดเชื้อเพลิงพลาสติก (kg)	ก๊าซ LPG	RDF (kg)	RPF (kg) มีพลาสติกอยู่ 60%
ค่าความร้อน (Cal/kg)	9,900	8,600	11,000-11,500	10,500-12,000	4,000-5,000	มากกว่า 6,000
ราคาต่อหน่วย (ขายส่ง)	15.90	24.37	9.50	12.45		
ราคาต่อหน่วย (ขายปลีก)	19.05	27.34	9.50	16.81		

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี

รูปที่ 4-21 หัวเผาชนิดเชื้อเพลิงพลาสติก

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การติดตั้งหัวเผาเชื้อเพลิงพลาสติกทำได้โดยการเปลี่ยนหัวเผาเท่านั้น โดยกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่

- อุตสาหกรรมอาหาร
- อุตสาหกรรมสิ่งทอ และภาคบริการ เช่น โรงแรม

4.2.3 เทคโนโลยีการเผาไหม้

การเผาไหม้ของหม้อน้ำขนาดใหญ่ ห้องเผาไหม้จำเป็นต้องมีหัวเผาที่เหมาะสม และสามารถควบคุมสัดส่วนของอากาศและก๊าซที่ผสมกันได้ เพื่อที่จะสามารถควบคุมความยาวและรูปร่างของเปลวไฟ และควบคุมปริมาณของอากาศที่เผาไหม้ให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งต้องมีการพิจารณาระบบการควบคุมที่จำเป็นเพื่อให้สอดคล้องกับการเลือกประเภทของหัวเผา

1) การควบคุมการเผาไหม้

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

แนวคิดในการปรับสัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสมนั้น เป็นแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับระบบที่มีการเผาไหม้อยู่แล้ว เพราะถ้าหากสามารถควบคุมให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์พอดี ก็จะส่งผลให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงได้ พร้อมทั้งสามารถนำพลังงานจากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปกติแล้วการเผาไหม้ที่ไม่เหมาะสมนั้นเกิดขึ้นได้สองกรณี คือ กรณีที่มีอากาศน้อยเกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าปกติและเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดมลภาวะตามมาเนื่องจาก ก๊าซต่างๆ ที่ไหลออกสู่อากาศ และจะมีเชื้อเพลิงบางส่วนที่ยังไม่เกิดการเผาไหม้ถูกปล่อยทิ้งไป โดยเปล่าประโยชน์เช่นกัน อีกกรณีหนึ่ง คือ มีอากาศเข้ามาเผาไหม้มากเกินไป แม้ว่าจะเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ก็จริง แต่อากาศมีความเร็วในการไหลสูงกว่าปกติ จึงไม่มีเวลามากพอที่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไปสู่น้ำในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อากาศก็จะพาพลังงานความร้อนทั้งหมดทิ้งไปสู่อากาศเสียก่อน การปรับสัดส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศจึงช่วยลดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลภาวะไปพร้อมกัน

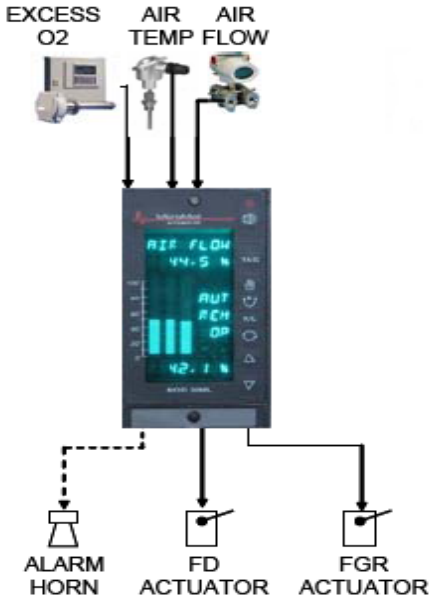
โดยระบบจะมีเซ็นเซอร์สำหรับอ่านปริมาณออกซิเจนส่วนเกินที่ออกมากับไอเสีย จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ แล้วชุดควบคุมจะสั่งงานให้มีการจ่ายอากาศและเชื้อเพลิงที่เข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ให้เข้าไปในสัดส่วนที่เหมาะสมตลอดเวลา ถ้าอากาศมากเกินไป ระบบจะปรับลดอากาศเข้าจนได้ระดับที่ต้องการ แต่ถ้าน้อยเกินไป ก็จะเพิ่มอากาศหรือลดเชื้อเพลิงลงจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ช่วยให้หม้อน้ำมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ไม่จำเป็น และช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ได้เป็นอย่างดี โดยระบบมีการใช้งานได้ง่าย เพียงแค่ติดตั้งและปรับตั้งค่าที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เท่านั้น

ระบบจำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมหลายส่วนเพิ่มเข้าไปที่หม้อน้ำ รวมทั้งการเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงในแต่ละครั้งอาจจะต้องมีการปรับตั้งค่าให้กับชุดควบคุมใหม่

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-22 การควบคุมระบบการเผาไหม้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดแรงดันไอน้ำที่หม้อน้ำและอุปกรณ์ควบคุมเพื่อปรับปริมาณอากาศและเชื้อเพลิงเพิ่มเติมให้กับระบบ

2) ก๊าซซิฟิเคชั่น

ก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification) เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และลดมลภาวะ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

การเผาไหม้เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดในการผลิตพลังงานความร้อนจากชีวมวล โดยประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยตรงจะอยู่ที่ประมาณ 10-15% แต่จะพบว่าเมื่อมีการเผาไหม้ภายในอุปกรณ์หรือเตาจะมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ดังเช่นในการเผาที่ใช้เตาแบบท้องถิ่นของจีน ประสิทธิภาพจะอยู่ที่ประมาณ 30-50% โดยเตาจะประกอบไปด้วย ห้องเผาไหม้ ท่อไฟ ท่อปล่อยควัน ปล่อง ประตูเตา และทางอากาศเข้า ซึ่งจะเป็นจุดที่สำคัญในการออกแบบการแผ่รังสีความร้อนเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และลดการปล่อยมลพิษทางอากาศลงได้

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) เป็นระบบการเผาไหม้ในเตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) ที่ควบคุมให้อากาศไหลเข้าในปริมาณจำกัด ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะได้ก๊าซที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรเจน (H_2) เป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดขึ้นด้วย ก๊าซที่เกิดขึ้นนี้สามารถนำไปให้ความร้อนโดยตรง หรือนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นนั้นสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลายขึ้นอยู่กับกระบวนการป้อนเชื้อเพลิงซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

1. ชนิดเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง

   สามารถใช้กับถ่านหินทุกชนิด ปิโตรเลียมโค้ก หรือพวกชีวมวลต่างๆ

2. ชนิดเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว

   เชื้อเพลิงอาจจะได้จากส่วนที่เหลือจากโรงกลั่น (ที่มีส่วนประกอบของแอสฟัลท์ บิทูเมน และน้ำมันจากทรายน้ำมัน) และของเหลวที่เป็นสารเคมีเหลือทิ้งจากโรงงานเคมี

3. ชนิดเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ

   เช่น ก๊าซธรรมชาติ หรือโรงกลั่นเคมีที่มีก๊าซเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ที่นิยมใช้เป็นส่วนมาก คือ เชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ชีวมวล ถ่านหิน ฯลฯ

ปฏิกิริยาความร้อนของการเกิดก๊าซในเตาผลิตก๊าซสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 บริเวณด้วยกัน คือ

1. บริเวณเผาไหม้ (Combustion Zone) หรืออาจเรียกว่า “Oxidation Zone” หรือ “Heat Zone”

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

2. บริเวณรีดักชัน (Reduction Zone)

$C + CO_2 \longrightarrow 2CO$

$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$

$C + 2H_2O \longrightarrow CO_2 + 2H_2$

$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$

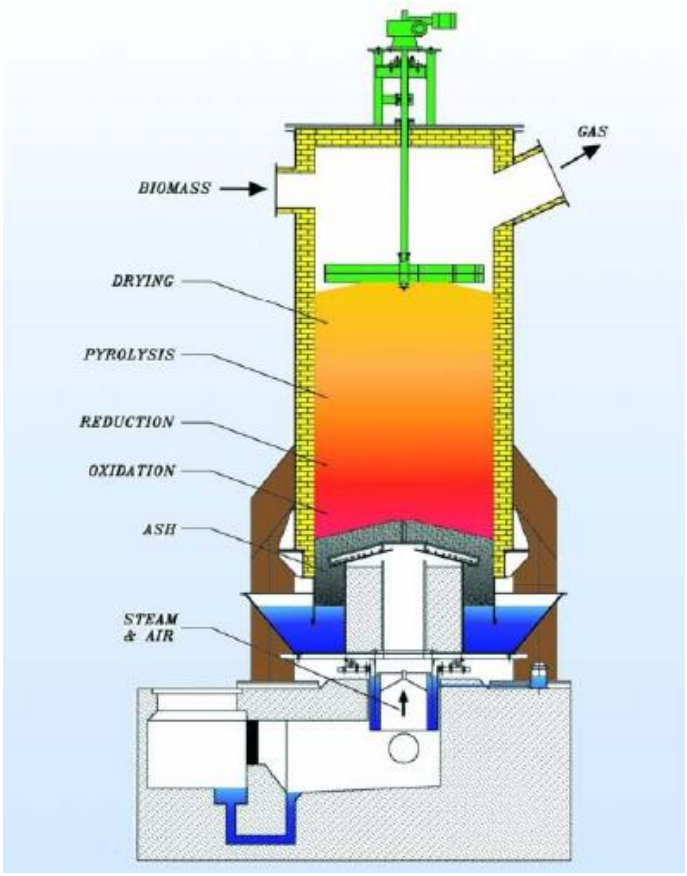
$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4$

3. บริเวณกลั่นสลาย (Pyrolysis Zone)

เชื้อเพลิง + ความร้อน $\longrightarrow$ ถ่าน + CO + CO_2+ H_2O + CH_4 + C_2H_6 + กรดน้ำส้ม + น้ำมันดิน

4. บริเวณอบแห้ง (Drying zone)

เชื้อเพลิงชื้น + ความร้อน $\longrightarrow$ เชื้อเพลิงแห้ง + ไอน้ำ



รูปที่ 4-23 ตำแหน่งต่างๆ ของการเกิดปฏิกิริยาความร้อนของเตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier)

เตาแก๊สซิไฟเออร์แบ่งได้เป็น 3 ประเภท

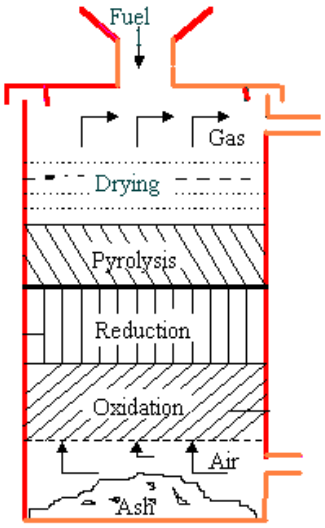
1. Fixed Bed Gasifier
    1.1 Counter-Current Fixed Bed (Updraft Gasifier)
    1.2 Co-Current Fixed Bed (Downdraft Gasifier)
    1.3 Crossdraft Gasifier
2. Fluidized Bed Gasifier
3. Entrained Flow Gasifier

1. Fixed Bed Gasifier

เชื้อเพลิงภายในเตาก๊าซซิไฟเออร์มีตัวรองรับ เช่น ตะแกรง จึงเปรียบเสมือนอยู่กับที่ตลอดเวลา เมื่อเทียบกับการไหลของแก๊สหรืออากาศ Fixed Bed Gasifier แบ่งตามทิศทางการไหลของอากาศเมื่อเทียบกับทิศทางการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิงได้ 3 ชนิด

1.1 Counter-Current Fixed Bed (Updraft Gasifier)

อากาศจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างแล้วไหลขึ้นด้านบน ในขณะที่เชื้อเพลิงจะเคลื่อนที่ลงด้านล่างในลักษณะสวนทางกัน ชั้นของปฏิกิริยาจะแบ่งเป็นลำดับจากระดับอุณหภูมิสูงใน Combustion Zone ไปสู่ระดับอุณหภูมิต่ำใน Drying Zone เนื่องจากก๊าซร้อนที่เกิดจาก Combustion Zone ไหลผ่านชั้นเชื้อเพลิง ความร้อนสัมผัสจะถูกถ่ายเทให้กับเชื้อเพลิงก่อนไหลลงสู่ Reduction Zone และ Pyrolysis Zone ต่อไป ฉะนั้น Updraft Gasifier จึงมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง แต่เมื่อก๊าซออกจากเตาผลิตก๊าซ อุณหภูมิโปรดิวเซอร์ก๊าซจะลดลง ทาร์และน้ำมันจะกลั่นตัวเป็นของเหลว ดังนั้น โปรดิวเซอร์ก๊าซจึงมีสิ่งปนเปื้อนสูงการผลิตก๊าซด้วยวิธีนี้อาจป้อนไอน้ำช่วยในการทำปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มปริมาณ H_2 และ CO และช่วยควบคุมอุณหภูมิใน Combustion Zone กรณีเชื้อเพลิงมีความชื้นสูงจะไม่จำเป็นต้องป้อนไอน้ำ



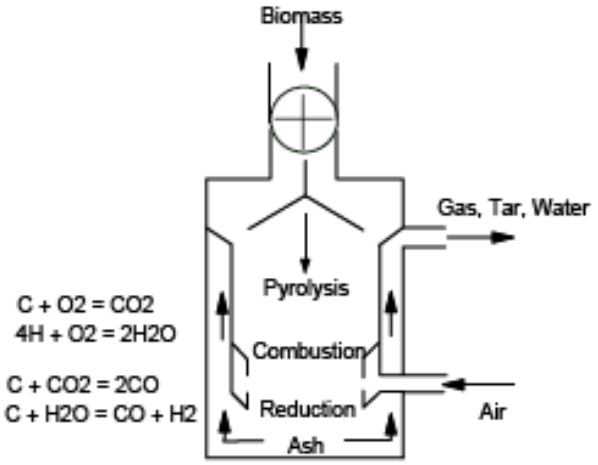
รูปที่ 4-24 Counter-Current Fixed Bed (Updraft Gasifier)

ตัวแปรที่สำคัญในการทำงานประกอบด้วย วิธีการป้อนอากาศ ตำแหน่งที่ก๊าซไหลออก ชนิดและขนาดของตะแกรง การบุฉนวน ความหนาของชั้นเชื้อเพลิง และค่า Specific Gasification Rate (SGR) โดยค่า SGR หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยาผลิตก๊าซในเวลา 1 ชั่วโมง (kg/h) ต่อพื้นที่หน้าตัดของตะแกรง (m^2) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิง การออกแบบ และการทำงานของเตาก๊าซซิไฟเออร์ ค่า SGR ของการผลิตก๊าซด้วยวิธีนี้จะอยู่ระหว่าง 100-300 kg/h-m^2

1.2 Co-Current Fixed Bed (Downdraft Gasifier)

อากาศไหลลงทิศทางเดียวกับการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิง เตาชนิดนี้มีจุดประสงค์ให้ผลิตภัณฑ์จาก Pyrolysis Zone ไหลผ่าน Combustion Zone ซึ่งมีอุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดการแตกตัวเป็นก๊าซก่อนที่จะไหลออกจากเตาผลิตก๊าซ โปรดิวเซอร์ก๊าซจึงมีทาร์ต่ำ แต่โปรดิวเซอร์ก๊าซจะมีอุณหภูมิสูงถึง 300-500°C

จุดสำคัญของ Downdraft Gasifier คือ ลักษณะ Combustion Zone รูปแบบตะแกรง และวิธีการป้อนอากาศ ลักษณะรูปร่างของ Combustion Zone จะออกแบบให้เล็กลงโดยการลดพื้นที่หน้าตัด และปรับลักษณะการป้อนอากาศเพื่อทำให้อุณหภูมิชั้นเผาไหม้มีค่าสูงเพียงพอในการสลายทาร์ แต่ถ้าเชื้อเพลิงที่มีเถ้าสูงกว่า 6% และมีความชื้นสูงกว่า 20% จะไม่เหมาะกับ Downdraft Gasifier เนื่องจากเถ้าอาจหลอมละลายติดกับคอคอดขัดขวางการไหลของเชื้อเพลิงและก๊าซ อัตราการผลิตก๊าซที่เหมาะสมจะมีค่า SGR อยู่ระหว่าง 2,900-3,900 kg/h-m^2

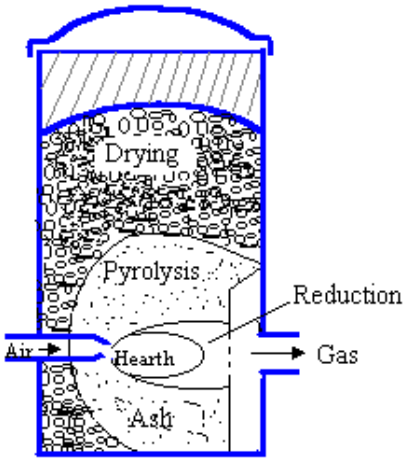


รูปที่ 4-25 Co-Current Fixed Bed (Downdraft Gasifier)

1.3 Crossdraft Gasifier

เป็นระบบที่อากาศไหลขวางกับทิศทางของการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิง ลักษณะชั้นปฏิกิริยาโดยเฉพาะ Combustion Zone และ Reduction Zone จะอยู่ใกล้ชิดกันมาก ดังนั้นจะผลิตก๊าซได้อย่างรวดเร็วและแปรผันง่าย ปกติบริเวณการเผาไหม้จะอยู่กึ่งกลางของเตาผลิตแก๊ส แต่ขอบเขตของการเผาไหม้อาจขยายกว้างขึ้นเมื่อความเร็วอากาศสูงขึ้น จุดสำคัญของ Crossdraft Gasifier คือ การออกแบบรูปร่างของ

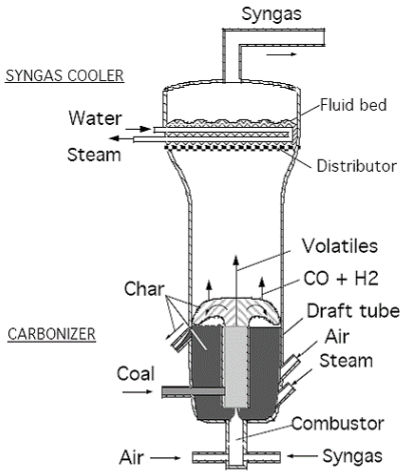
Tuyeres มีความสำคัญต่อความเร็วของอากาศเมื่อเข้าทำปฏิกิริยาและขอบเขตของ Combustion Zone ซึ่งปกติความเร็วอากาศจะมีค่าสูงและเกิดการเผาไหม้สูง โปรดิวเซอร์แก๊สที่ออกจากเตาผลิตก๊าซมีอุณหภูมิสูงและมีสิ่งปนเปื้อนสูง ปกติ ReductionZone มีขนาดเล็กจึงทำให้มีระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาสั้น การเปลี่ยนรูป CO_2 ไปเป็น CO ค่อนข้างต่ำ ดังนั้น โปรดิวเซอร์ก๊าซจะมีค่าความร้อนต่ำ แต่เมื่อป้อนอากาศที่ความเร็วสูงมากจะมีผลต่อองค์ประกอบโปรดิวเซอร์แก๊ส โดยอัตราการเปลี่ยน CO_2 ไปเป็น CO สูงเนื่องจากปฏิกิริยาเข้าใกล้ภาวะสมดุล



รูปที่ 4-26 Crossdraft Gasifier

2. Fluidized Bed Gasifier

เตารูปแบบนี้มีความเหมาะสมกับเชื้อเพลิงบางชนิด เช่น เชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กโดยธรรมชาติ มีความหนาแน่นต่ำ ปริมาณของเถ้าสูง และอุณหภูมิการหลอมเหลวของเถ้าต่ำ ในระบบฟลูอิไดซ์เบดการสัมผัสของอากาศ สารตัวกลาง (Bed) กับเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้น สามารถทำงานที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 800-900°C ซึ่งต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของเถ้าได้

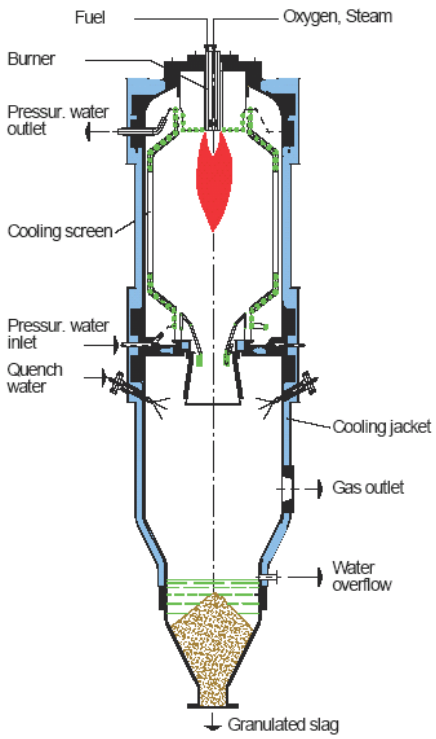


รูปที่ 4-27 Fluidized Bed Gasifier

Fluidized Bed Gasifier แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง และการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้สำรอง ในสภาวะการทำงานแบบคงตัว (Steady State) อุณหภูมิของสารตัวกลาง เช่น ทราย ถ่าน หรือวัสดุเฉื่อยอื่นๆ จะมีการกระจายสม่ำเสมออย่างทั่วถึง การเผาไหม้และการผลิตก๊าซจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับสภาวะการเกิดฟลูอิไดซ์เบดของสารตัวกลาง แต่เนื่องจาก Fluidized Bed Gasifier ต้องการอากาศที่มีความเร็วสูง ดังนั้น จึงมีการสูญเสียเชื้อเพลิงไปกับอากาศบางส่วน และโปรดิวเซอร์แก๊สจะมีอนุภาคฝุ่นปะปนสูง

3. Entrained Flow Gasifier

อาจเรียกว่า Moving Bed Gasifier ในอีกชื่อหนึ่ง เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง การทำงานในการถ่ายเทความร้อนคล้าย Fluidized Bed Gasifier โดยปกติจะควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 482-593°C Entrained Flow Gasifier มีประสิทธิภาพสูงในการทำปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับก๊าซ ลักษณะเชื้อเพลิงที่เหมาะสม เช่น ผงถ่านหิน และชีวมวลที่มีขนาดเล็กๆ การทำปฏิกิริยาระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงในช่องหมุนวน



รูปที่ 4-28 Entrained Flow Gasifier

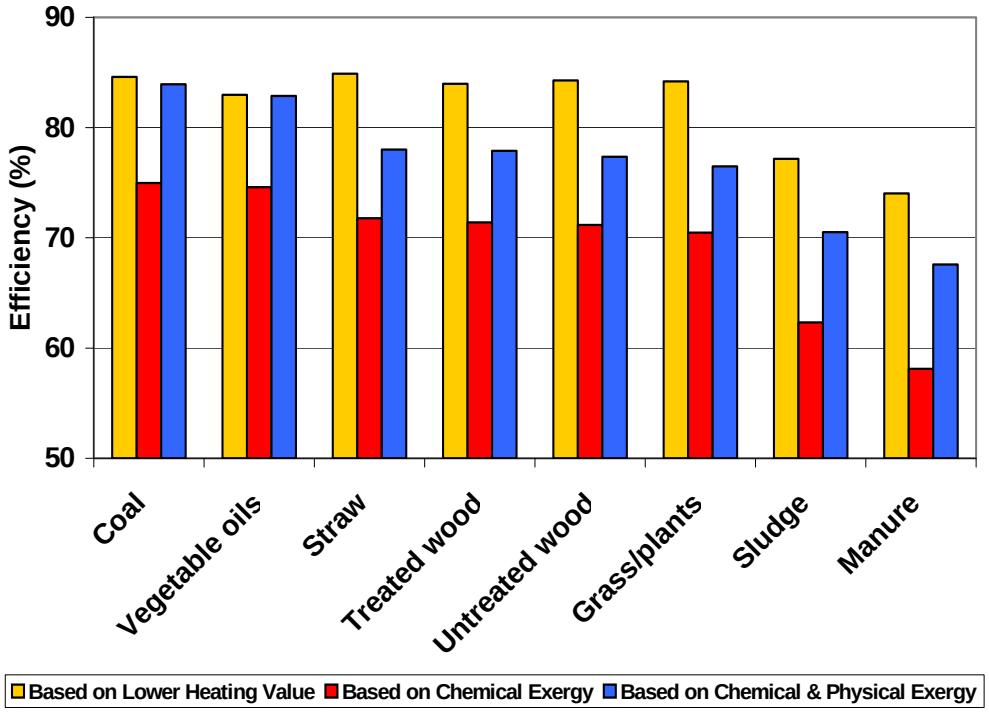
ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากการเผาไหม้แบบทั่วไปจะเกิดการสูญเสียความร้อนไปสู่สิ่งแวดล้อมมาก แต่ถ้านำเชื้อเพลิงถ่านหินหรือชีวมวลมาเผาแบบกระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่นเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงก๊าซ (โปรดิวเซอร์ก๊าซหรือ Syngas) เสียก่อน จากนั้นจึงทำ

การเผาไหม้อีกครั้งเพื่อทำให้เกิดพลังงาน จะได้พลังงานความร้อนที่สูงขึ้น นอกจากนี้แล้วยังเป็นการลดมลภาวะที่มีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

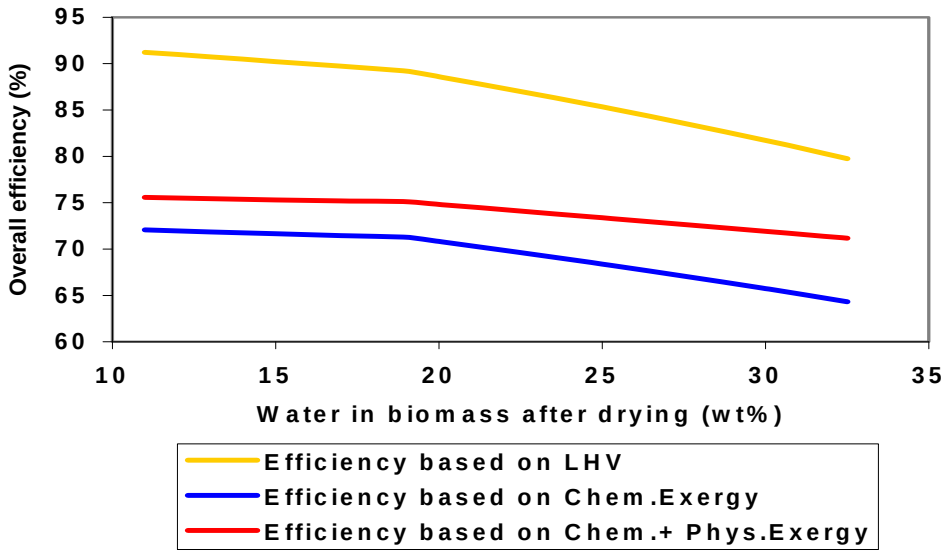
ตัวอย่างการใช้งานจริงแห่งหนึ่งเป็นโรงจักรต้นกำลังไอน้ำที่มีการติดตั้งระบบแก๊สซิฟิเคชั่น หรือที่เรียกว่า IGCC เข้าไป ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานเป็น 65%

ตารางที่ 4-5 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

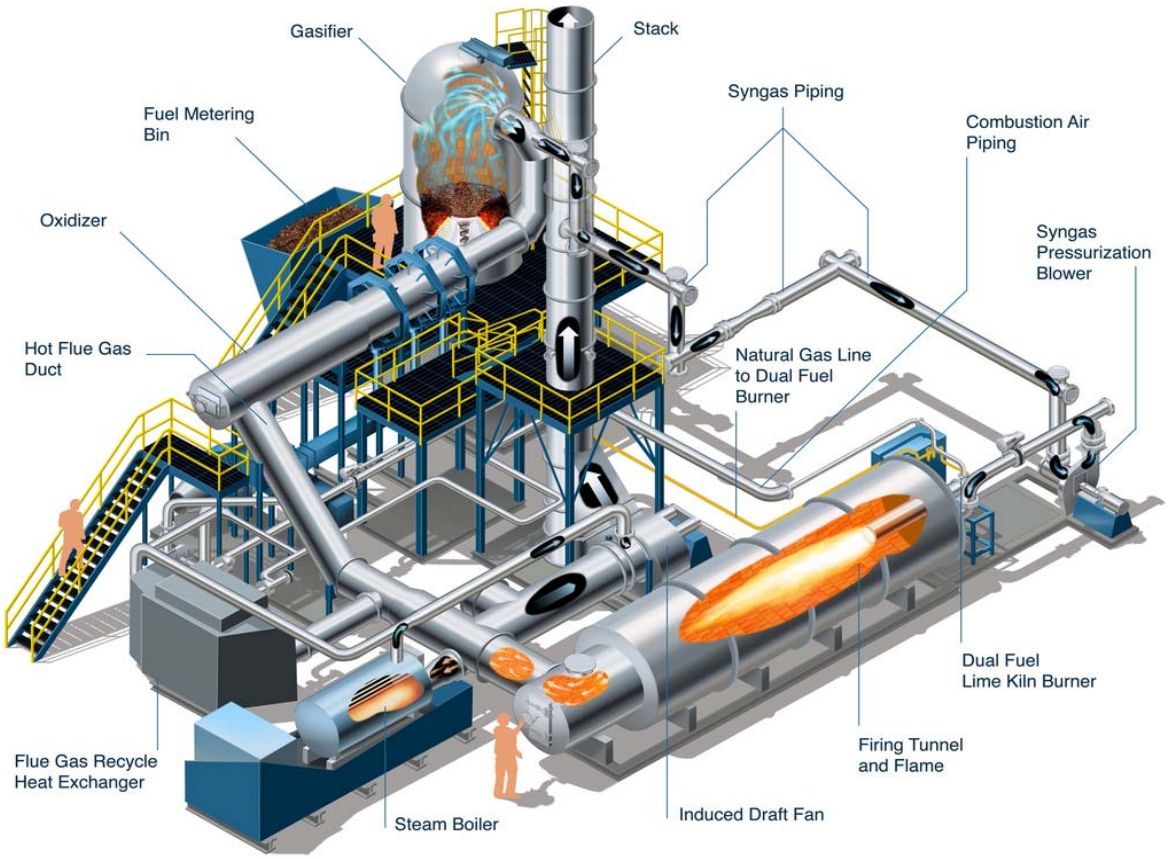
ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (kJ/kg)	ราคา (บาท) ณ วันที่ 1 ต.ค. 2550	สถานการณ์ปัจจุบัน
น้ำมันดีเซล	44,000	ลิตรละ 28	ไม่คุ้ม
น้ำมันเตา	42,000	ลิตรละ 29	ไม่คุ้ม
ถ่านหิน (ซับบิทูมินัส)	28,000	ตันละ 2,200	ประหยัด คืนทุนเร็ว
ชีวมวล	17,000	ตันละ 1,000	ประหยัด คืนทุนเร็ว



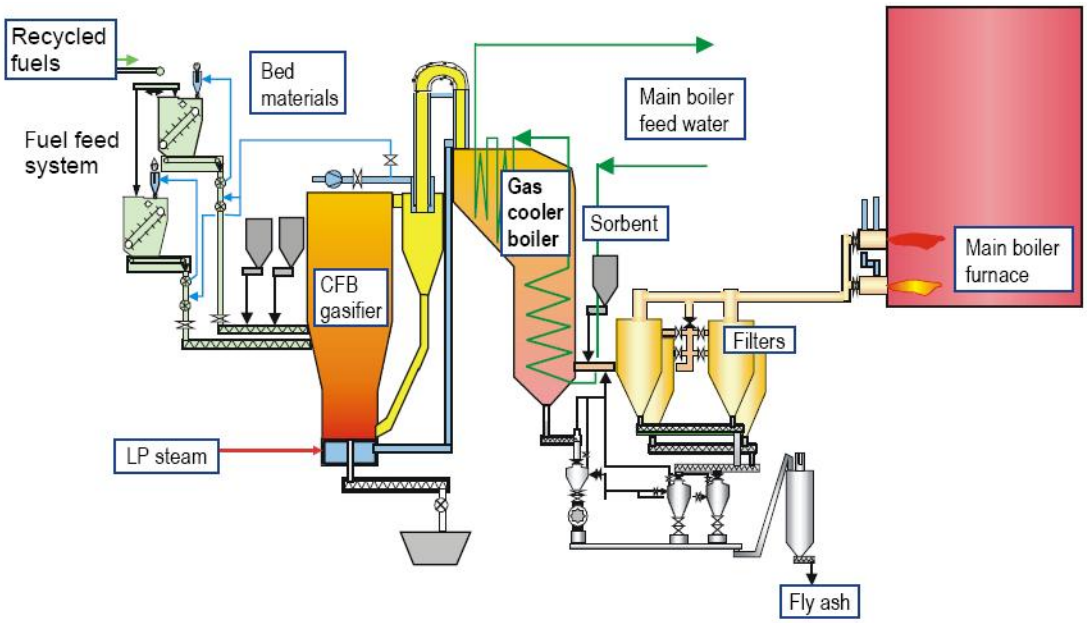
รูปที่ 4-29 ประสิทธิภาพของระบบเผาไหม้แบบก๊าซซิฟิเคชั่นของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ



รูปที่ 4-30 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความชื้นของเชื้อเพลิง



รูปที่ 4-31 รูปแบบของระบบก๊าซซิฟิเคชั่น



รูปที่ 4-32 โครงสร้างของหม้อน้ำแบบก๊าซซิไฟเออร์

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

  ข้อดี

  - มีประสิทธิภาพในการทำความร้อนสูงกว่า 80%
  - สามารถใช้วัตถุดิบราคาถูก หาง่ายในท้องถิ่น
  - มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลและน้ำมันเตา
  - ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว
  - รักษาสิ่งแวดล้อม

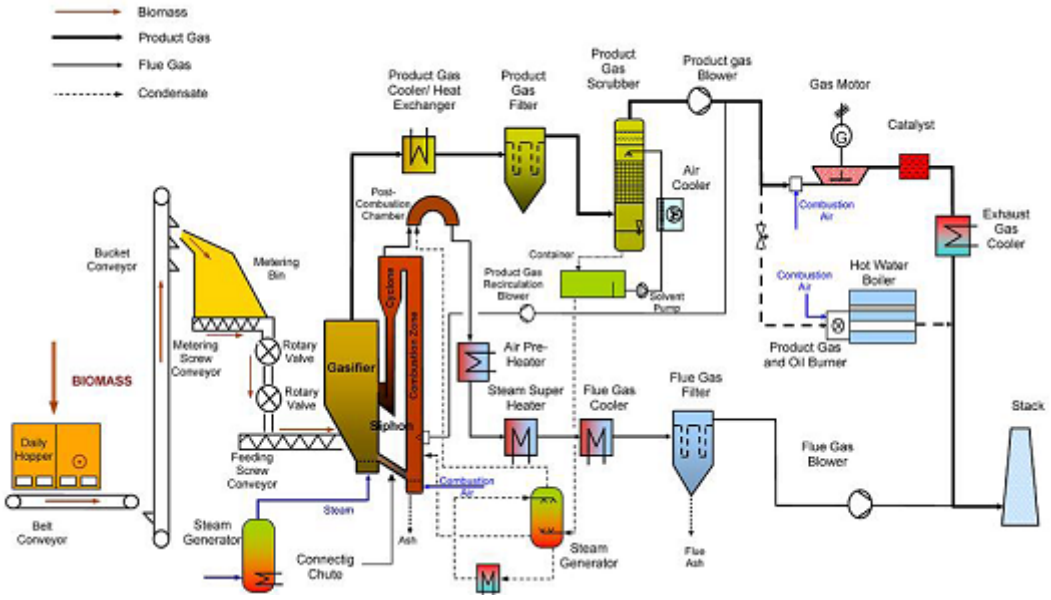
  ข้อเสีย

  - มีทาร์หรือน้ำมันดินผสมในก๊าซที่ผลิตได้ เป็นปัญหาเกี่ยวกับการทำความสะอาด โดยเชื้อเพลิงต้องมีขนาดที่พอเหมาะ ความชื้นไม่ควรเกิน 50 % หากขนาดเล็กเกินไปจะทำให้อากาศไหลผ่านไม่ได้ หรือหากใหญ่เกินไปจะเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมด

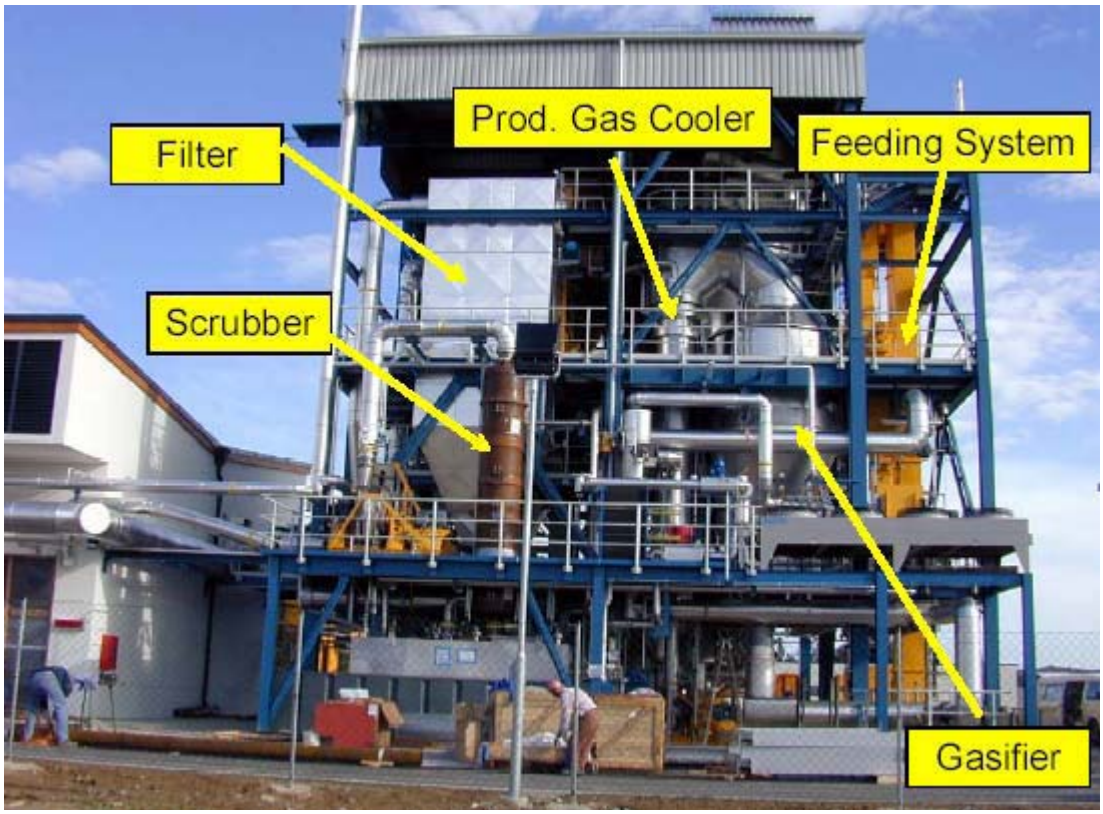
- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต
  - อุปกรณ์ระบบก๊าซซิไฟเออร์ (Gasifier Reactor)
  - ไซโคลน (Cyclone)
  - ระบบหล่อเย็น (Cooler)
  - ระบบกรอง (Filter)

- กรณีศึกษา

  2 MW Biomass Gasification Plant in Güssing (Austria)



รูปที่ 4-33 การประยุกต์ใช้ Biomass Gasification



รูปที่ 4-34 โรงงานที่มีการนำระบบก๊าซซิไฟเออร์มาประยุกต์ใช้งาน

ตารางที่ 4-6 คุณลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวล

Type of Plant	Demonstration project
Fuel input power	8,000 kW
Electrical output	2,000 kW
Thermal output	4,500 kW
Electrical efficiency	25.00%
Thermal efficiency	56.30%
Electrical/Thermal output	0.44
Total efficiency	81.30%

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิงชีวมวล

Cost category	Amount
Investment cost	10 Mio €
Funding (EU , national)	6 Mio €
Operation cost/year	10-15% of investment costs
Price for heat (into grid)	2.0 €-cents/kWh_{th}
Price for heat (consumer)	3.9 €-cents/kWh_{th}
Price for eletricity	16.0 €-cents/kWh_{th}

4.2.4 เทคโนโลยีเครื่องอุ่นอากาศ

1) Recuperative air preheater

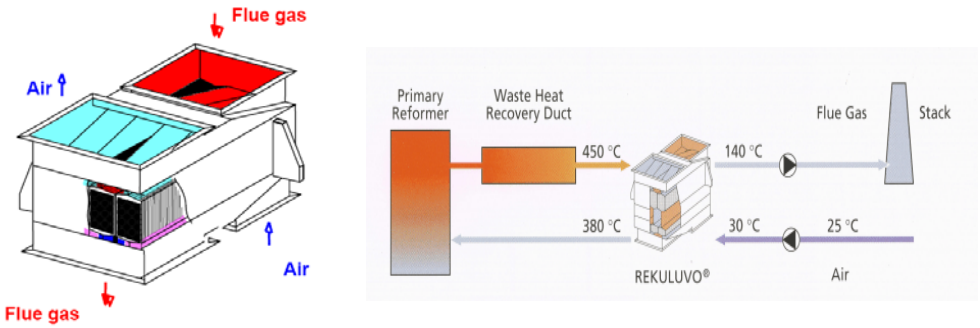
เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว เชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

หลักการทำงานของอุปกรณ์นี้ คือ ไอเสียจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศแบบไหลสวนทางกันผ่านวัสดุ เช่น แผ่นเหล็ก ท่อเหล็ก หรืออาจเป็นท่อแก้วเพื่อป้องกันการกัดกร่อนตามลักษณะการใช้งาน

การทำงานของ Recuperative Air Preheater เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนของก๊าซไอเสียกับอากาศ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) ซึ่งมีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง (ประสิทธิภาพการทำงานทำได้ถึง 97%)

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-35 การแลกเปลี่ยนความร้อนของก๊าซไอเสียกับอากาศ

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ข้อดี

ไม่มีการรั่วไหลระหว่างของไหลทั้งสองฝั่ง และช่วยประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง

ข้อเสีย

ความดันสูญเสียสูงกว่าแบบ Rotary

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

Air Preheater ส่วนใหญ่จะติดตั้งไว้หลังจากที่ไอเสียได้ผ่าน Economizer เป็นการนำความร้อนที่จะทิ้งไปกับก๊าซร้อนมาทำการอุ่นอากาศ ทำให้มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงลดลง โดยการติดตั้งทางด้านก๊าซร้อนจะเดินท่อจากท่อก๊าซร้อนที่จะไปทิ้งมายัง Air Preheater แล้วจึงปล่อยก๊าซร้อนทิ้งสู่อากาศ ส่วนทางด้านอากาศก็จะมีการต่อท่อเพื่อผ่าน Air Preheater ก่อนจะนำไปใช้

2) Rotary air preheater

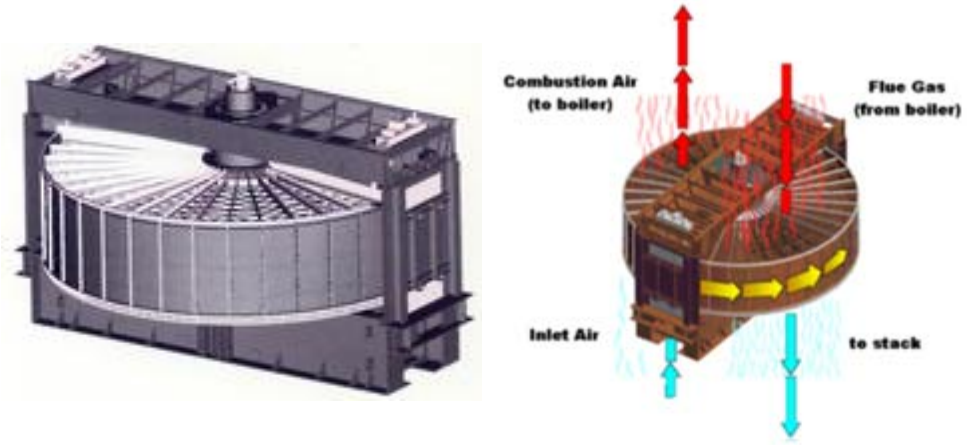
เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว เชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

Rotary Air Preheater เป็น Air Preheater ชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในกลุ่ม Regenerative Air Preheater ใช้หลักการของ Ljungstrom Air Preheater คือ แบ่งอากาศและไอเสียให้อยู่คนละฝั่งของใบพัด ความร้อนจะถูกส่งผ่านจากไอเสียไปยังอากาศโดยผ่านใบพัดที่หมุนอยู่ระหว่างทั้งสองฝั่ง (ความเร็วประมาณ 1-3 rpm)

ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็น 3 แบบ คือ Bisector Trisector และ Quadsector โดยที่แบบ Trisector จะแบ่งเป็น 3 ห้อง โดยเพิ่มห้องอากาศเพื่ออบถ่านหิน ส่วนแบบ Quadsector จะแบ่งเป็น 4 ห้องโดยเพิ่มห้องอากาศทั้งสองข้างของห้องอากาศป้อนจริงเพื่อป้องกันการรั่ว

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-36 การถ่ายเทความร้อนผ่าน Rotary air preheater

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ข้อดี

แข็งแรงทนทาน มีพื้นที่ในการถ่ายเทและแลกเปลี่ยนความร้อนมาก และมีค่าใช้จ่ายในการสร้างต่อพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนต่ำ รวมทั้งเครื่องลักษณะนี้จะมีการทำความสะอาดผิวเครื่องเองจากการทำงานสลับชนิดของของไหลโดยอัตโนมัติ

ข้อเสีย

ไอเสียและอากาศอาจรั่วปนกันได้ แต่ก็มีผู้ผลิตบางรายได้พัฒนาซีลเพื่อป้องกันการรั่วนี้

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

Rotary air preheater ส่วนใหญ่จะติดตั้งไว้หลังจากที่ไอเสียได้ผ่าน Economizer มาแล้ว การติดตั้งจะต้องทำการเดินท่อไอเสียและอากาศป้อนที่ตำแหน่งทางเข้าและทางออกของ Air Preheater

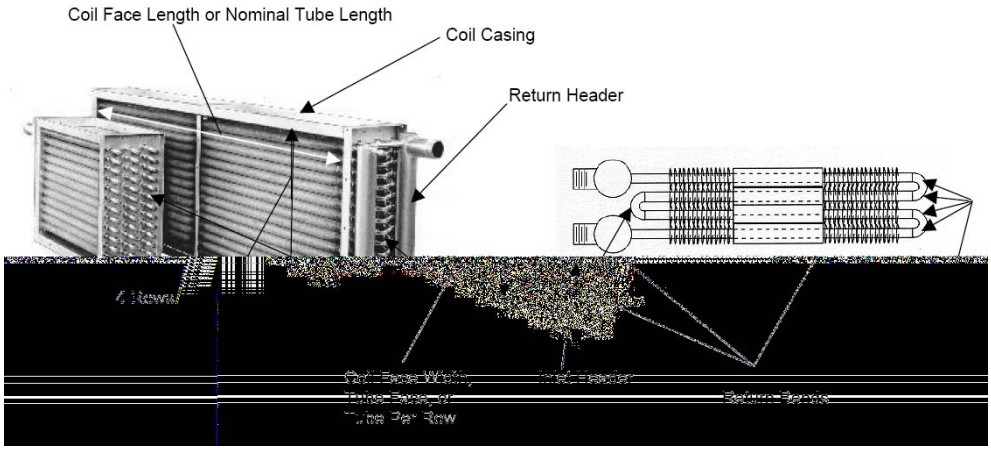
3) Steam air preheater

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

หลักการทำงานของ Steam Air Preheater คือ การใช้คอยล์ไอน้ำ (Steam Coil) เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศก่อนป้อนเข้าสู่หัวเผาของหม้อน้ำ โดยจะนำเอาไอน้ำร้อนมาไหลผ่านในท่อที่ขดเป็นวงของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แล้วให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์ เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์จะมีการถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำร้อนมาสู่อากาศ ทำให้อากาศที่ไหลออกไปมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วจะนำเอาอากาศร้อนไปใช้งานต่อไป (ส่วนมากจะนำเอาอากาศร้อนเข้าไปทำการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำ)

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-37 การถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศก่อนเข้าหัวเผาโดยใช้คอยล์ไอน้ำ

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ข้อดี

ในส่วนของโรงงานที่ผลิตไอน้ำมากจนเหลือใช้ จะเป็นการนำพลังงานที่เหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ให้เป็นประโยชน์

ข้อเสีย

ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับความต้องการอากาศมากๆ เพราะตัวเครื่องจะมีขนาดใหญ่ ทำให้ควบคุมไอน้ำได้ยาก

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การติดตั้งอุปกรณ์จะต้องมีการต่อท่อของไอน้ำเข้ากับตัวอุปกรณ์ที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านของตัวอุปกรณ์ก็จะต่อเข้ากับระบบของไอน้ำเพื่อให้มีการไหลวนของไอน้ำผ่านตัวอุปกรณ์ไป ส่วนภายนอกก็จะมีการเป่าอากาศเข้าไปเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำไปหาอากาศ แล้วจะนำอากาศไปใช้ในการเผาไหม้ต่อไป

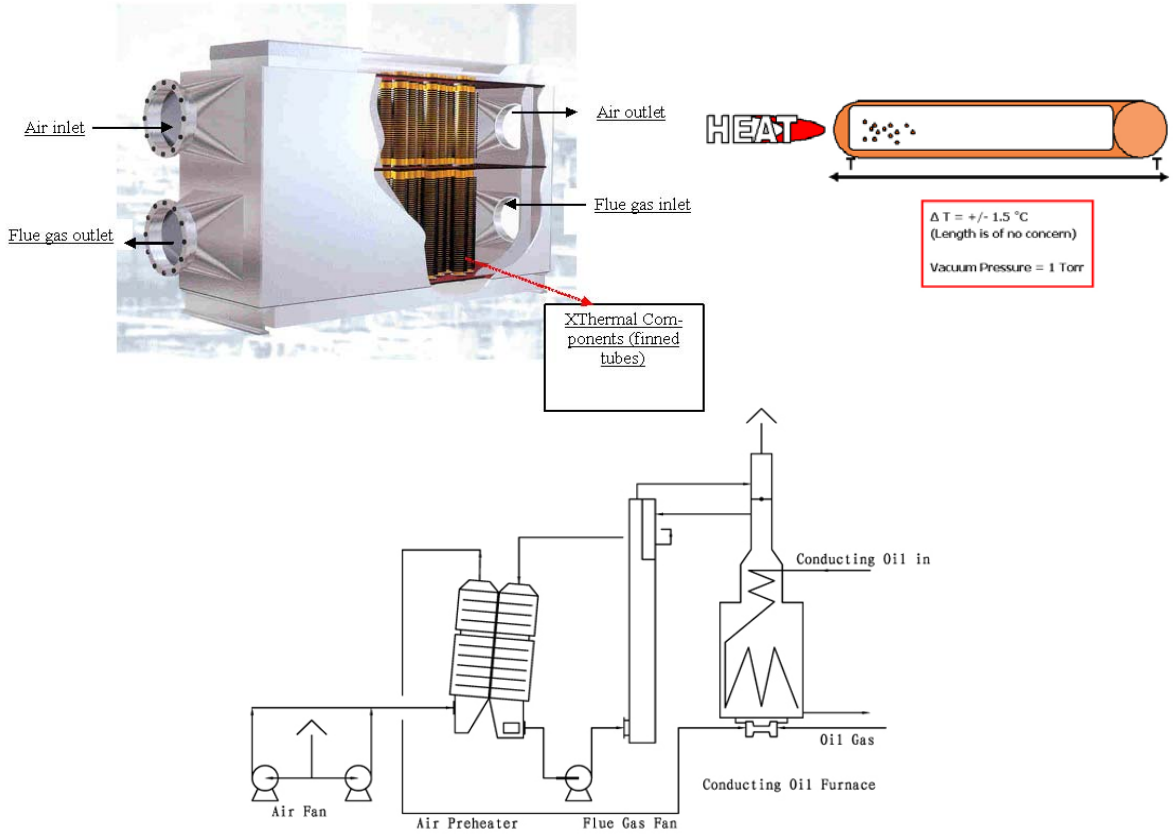
4) Xthermal air preheater

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

ทำงานโดยการใช้ตัวกลางที่เป็นของแข็งซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิดสุญญากาศ มีรูปทรงตามที่ออกแบบ เมื่อมีการให้ความร้อนที่ปลายด้านหนึ่ง ความร้อนก็จะถูกส่งไปอีกด้านหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่อุณหภูมิที่ผิวจะมีความแตกต่างกันอยู่ที่ประมาณ ±1.5 °C การใช้งานจะนำเอา Xthermal ไปบรรจุอยู่ในกล่องที่มีการแบ่งห้องออกเป็นสองชั้น โดยที่ปลายข้างหนึ่งจะให้สัมผัสกับก๊าซร้อนที่ไหลเข้ามาในกล่องส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะให้สัมผัสกับอากาศเย็นที่ไหลเข้ามาในกล่อง โดยที่อากาศเย็นกับก๊าซร้อนจะไหลสวนทางกัน พอสิ้นสุดกระบวนการก็จะได้ก๊าซไอเสียที่เย็นลงและได้อากาศที่ร้อนขึ้น และก็จะนำอากาศที่ร้อนขึ้นนี้ไปใช้งานต่อไป โดยส่วนมากจะนำอากาศร้อนนี้ไปใช้ในการเผาไหม้กับเชื้อเพลิง

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 4-38 การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับก๊าซร้อนผ่าน Xthermal air preheater

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี
  - มีประสิทธิภาพการนำความร้อนสูง
  - มีการสูญเสียของแรงดันน้อย
  - เกิดการกัดกร่อนน้อย
  - ไม่มีการรั่วไหล
  - ถอดประกอบง่าย
  - บำรุงรักษาต่ำ

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน Xthermal air preheater จะติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งหลังจากที่ไอเสียได้ผ่าน Economizer มาแล้ว โดยจะต้องทำการเพิ่มเติมในส่วนของการเดินท่อไอเสียและอากาศป้อนที่ตำแหน่งเข้าและออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

บทที่ 5
แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การที่หม้อน้ำสามารถผลิตไอน้ำที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูงเนื่องมาจากการพัฒนาของเทคนิคการปรุงแต่งคุณภาพน้ำป้อนนั่นเอง หากน้ำที่ป้อนเข้าหม้อน้ำมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมจะเกิดปัญหาการกัดกร่อนผิวถ่ายเทความร้อน หรือเกิดปัญหาการจับเกาะของตะกรันแข็งซึ่งทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง และอาจเป็นสาเหตุทำให้หม้อน้ำระเบิดได้ นอกจากนี้ถ้าน้ำในหม้อน้ำมีน้ำมันหรือไขมันปนอยู่จะทำให้เกิดฟอง ซึ่งฟองและหยดน้ำจะปนไปกับไอน้ำ ก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่ต้องการขึ้นได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำในหม้อน้ำให้มีสภาพที่เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา และขจัดสิ่งสกปรกออกโดยวิธีปรุงแต่งคุณภาพน้ำที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่องทั้งโดยวิธีทางกลและทางเคมี นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการทดสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อประโยชน์ทางตรงคือเป็นการตรวจสอบคุณภาพของน้ำป้อนที่จะนำไปใช้ในหม้อน้ำว่าตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ และเพื่อประโยชน์ทางอ้อมคือเป็นการตรวจสอบการทำงานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้ว่ายังสามารถทำงานได้ตามปกติหรือไม่ รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้นำเสนอไว้ดังต่อไปนี้

5.1 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

น้ำในอุดมคติสำหรับใช้กับระบบหม้อน้ำต้องไม่ทำให้เกิดการตกผลึกจนเป็นตะกรันหรือไม่กัดกร่อนวัสดุ นอกจากนี้ต้องไม่ทำให้เกิดน้ำปะทุ น้ำเป็นฟอง และแคริโอเวอร์ในหม้อน้ำ น้ำในธรรมชาติมักมีมลทินซึ่งประกอบด้วยสารต่างๆ ที่ก่อปัญหาและเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของระบบหม้อน้ำ ด้วยเหตุนี้การปรับสภาพน้ำเพื่อกำจัดสารแปลกปลอมในน้ำจึงมีความจำเป็นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่างๆ ต่อระบบหม้อน้ำตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆ ที่สัมผัสกับน้ำ การปรับสภาพน้ำและปรุงแต่งคุณภาพน้ำสำหรับระบบต่างๆ สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบนอกหม้อน้ำ และการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบในหม้อน้ำ ซึ่งรายละเอียดของระบบปรังปรุงคุณภาพน้ำแต่ละแบบมีดังต่อไปนี้

5.1.1 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบนอกหม้อน้ำ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบนอกหม้อน้ำ (External boiler water treatment) เป็นการกำจัดหรือลดความเข้มข้นของแร่ธาตุต่างๆ ให้กับน้ำป้อนหม้อน้ำ จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้ คือ ต้องการกำจัดแร่ธาตุต่างๆ ให้หมดสิ้น โดยปกติสิ่งที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำป้อน ได้แก่ ความกระด้าง ตะกอนแขวนลอยและออกซิเจนที่เจือปนในน้ำ ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่สำคัญที่ใช้ปรับสภาพน้ำแบบภายนอกหม้อน้ำมีดังนี้

1) ระบบถังกรองทราย

ถังกรองทราย (Sand filter) ทำหน้าที่กรองสารแขวนลอย (Suspended solid) ที่ทำให้เกิดตะกรันดินที่ล้างไม่ออก สารแขวนลอย คือสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในน้ำที่ไม่มีการละลาย ซึ่งมีทั้งสิ่งสกปรก โคลนเลน พืช และสัตว์เล็กๆ ซึ่งสารแขวนลอยในน้ำจะทำให้น้ำขุ่นหรือมีสี เมื่อน้ำดิบมีสารแขวนลอยมากกว่า 1 NTU เพื่อทำให้น้ำนั้นใสขึ้น

(NTU = Nephelometric turbidity unit) ควรติดตั้งถังกองทราย หากน้ำที่ใช้มีสารแขวนลอยสูงมากจนกระทั่งถังกองทรายไม่สามารถกรองสารแขวนลอยให้มีค่าต่ำกว่า 1 NTU ได้ ก็มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เคมีเติมเข้าไปในหม้อน้ำช่วยจับเกาะสารแขวนลอยให้ตกตะกอน และทำการปล่อยระบายน้ำก้นหม้อน้ำให้มากขึ้นกว่าปกติ ถังกรองทรายและทรายสำหรับกรองน้ำแสดงได้ดังรูปที่ 5-1

รูปที่ 5-1 ถังกรองทรายและทรายสำหรับกรองน้ำ

2) ระบบถังกรองน้ำอ่อน

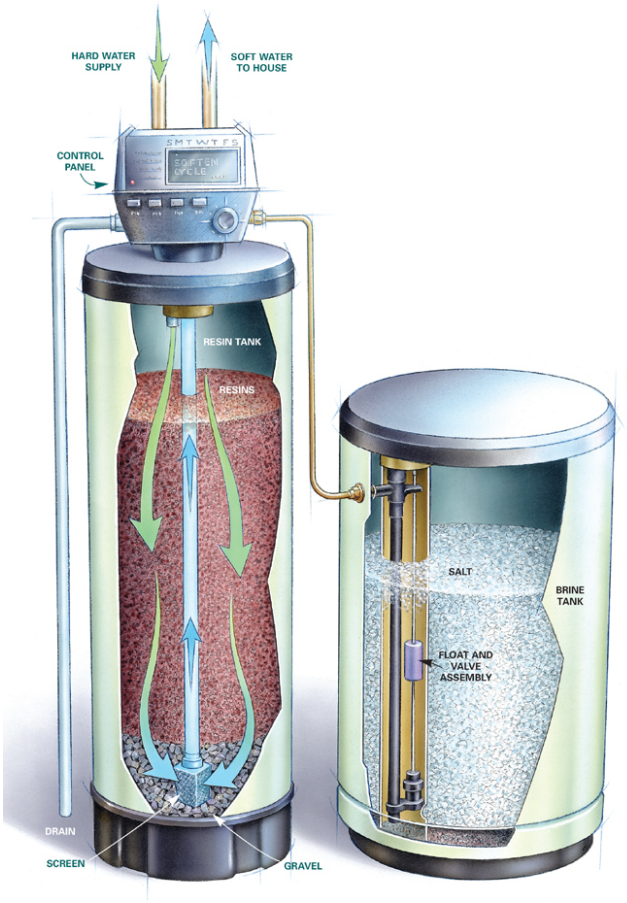
ความกระด้างในน้ำ (Hardness) เป็นต้นเหตุของการเกิดตะกรันในหม้อน้ำและอุปกรณ์อย่างอื่นในระบบ อุปกรณ์ที่ใช้น้ำกระด้างเป็นจำนวนมากจะมีปัญหาในเรื่องตะกรันที่เกิดบนผิวโลหะที่ใช้ถ่ายเทความร้อน บางครั้งตะกรันสามารถเกิดขึ้นได้ภายในระยะเวลาสั้นและก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ดังนั้นการกำจัดความกระด้างออกจากน้ำก่อนนำไปใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก ระบบถังกรองน้ำอ่อน (Water softener) ดังแสดงในรูปที่ 5-2 จึงเข้ามามีบทบาทในการกำจัดความกระด้างอันเป็นต้นเหตุของการเกิดตะกรัน ถือเป็นระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่รู้จักกันแพร่หลาย ระบบถังกรองน้ำอ่อนสำหรับน้ำป้อนหม้อน้ำมักเป็นแบบที่ใช้การแลกเปลี่ยนไอออนของเรซิน (Ion exchange resin) เรซินที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนสามารถดูดซับแคลเซียมและแมกนีเซียมออกจากน้ำที่ไหลผ่านชั้นเรซิน และในขณะเดียวกันเรซินก็คายโซเดียมออกจากตัวเองให้กับน้ำ ดังนั้นเรซินกำจัดความกระด้างของน้ำโดยใช้โซเดียมในตัวแลกเปลี่ยนเอาแคลเซียมและแมกนีเซียม ส่งผลให้โอกาสเกิดตะกรันจึงลดน้อยลงมาก ดังแสดงในรูปที่ 5-3 การแลกเปลี่ยนลักษณะนี้จะเกิดขึ้นต่อไปจนกระทั่งไอออนของโซเดียมทั้งหมดถูกปล่อยออกจากเรซินจนหมด และเรซินอิ่มตัวเต็มไปด้วยแคลเซียมและแมกนีเซียม เมื่อใช้งานถังกรองน้ำอ่อนไปสักระยะ สิ่งสกปรกต่างๆ จะเกิดการสะสมอยู่ภายในถังกรอง ดังนั้นจึงต้องทำการล้างกลับ (Back wash) อย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 5-4 (ก) นอกจากนี้หลังจากการล้างกลับ ต้องทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ผ่านระบบถังกรองเรซินโดยใช้น้ำยาตรวจคุณภาพ หากน้ำป้อนที่ผ่านการหยดน้ำยาตรวจสภาพลงไปเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงหรือสีชมพู แสดงว่าเรซินอิ่มตัวไปด้วยแคลเซียมและแมกนีเซียมแล้ว เมื่อถึงจุดนี้ก็เป็นเวลาที่ต้องฟื้นฟูสภาพให้เรซินใหม่ (Regeneration) โดยการล้างเรซินด้วยสารละลายเกลือแกง (NaCl) ในระหว่างการล้างเกลือหรือ Regeneration สารละลายเกลือแกงที่อิ่มตัวจะไหลผ่านเรซิน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมที่อยู่ในเรซินกับโซเดียมที่อยู่ในสารละลายเกลือแกง (NaCl) ผลที่ได้คือเรซินจะคายแคลเซียมและแมกนีเซียมออกไปและดูดเอาโซเดียมเข้ามาไว้ในตัว ทำ

ให้เรซินพร้อมที่จะใช้กำจัดความกระด้างได้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 5-4 (ข) แผนภูมิการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในระบบถังกรองน้ำอ่อนแสดงได้ดังรูปที่ 5-5

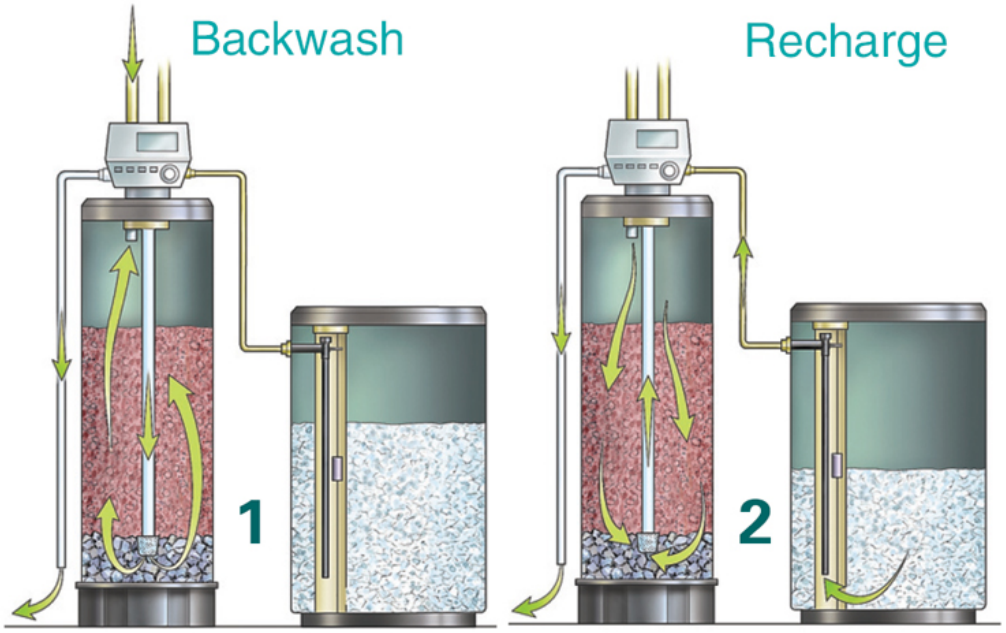
รูปที่ 5-2 ถังกรองน้ำอ่อน

หากผู้ปฏิบัติงานละเลยการล้างกลับ และการล้างเกลือ ปัญหาต่างๆ ดังต่อไปนี้จะเกิดขึ้นตามมา

- เรซินจะไม่สามารถดูดจับแคลเซียมและแมกนีเซียม ไว้ได้ทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียม หลุดเข้าไปในหม้อน้ำ
- เมื่อน้ำที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียม ได้รับความร้อน จะทำให้เกิดเป็นตะกรันหินปูนแข็งเกาะติดแน่นอยู่ที่ผิวด้านสัมผัสน้ำ
- เมื่อปริมาณตะกรันเพิ่มมากขึ้น ความร้อนจากพื้นที่ถ่ายเทความร้อน เช่น ท่อไฟไม่สามารถส่งผ่านความร้อนไปยังน้ำได้ดีดังเดิม ทำให้เกิดความร้อนสูญเสียไปทางปล่องไอเสียเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การที่มีอุณหภูมิปล่องเพิ่มขึ้น จะทำให้สูญเสียเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพิ่มขึ้นด้วย
- เมื่อส่วนที่ได้รับความร้อนไม่สามารถส่งผ่านหรือถ่ายเทความร้อนได้จะทำให้วัสดุบริเวณที่ได้รับความร้อนเป็นเวลานาน เกิดการอ่อนตัวหรือสูญเสียความแข็งแรง ทำให้เกิดความเสียหายในส่วนดังกล่าวได้
- หากเกิดตะกรันขึ้นที่อุปกรณ์ต่างๆ โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย เช่น ลูกลอยควบคุมระดับน้ำ จะทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวทำงานผิดปกติ ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำแห้ง และเกิดการระเบิดของหม้อน้ำตามมาได้

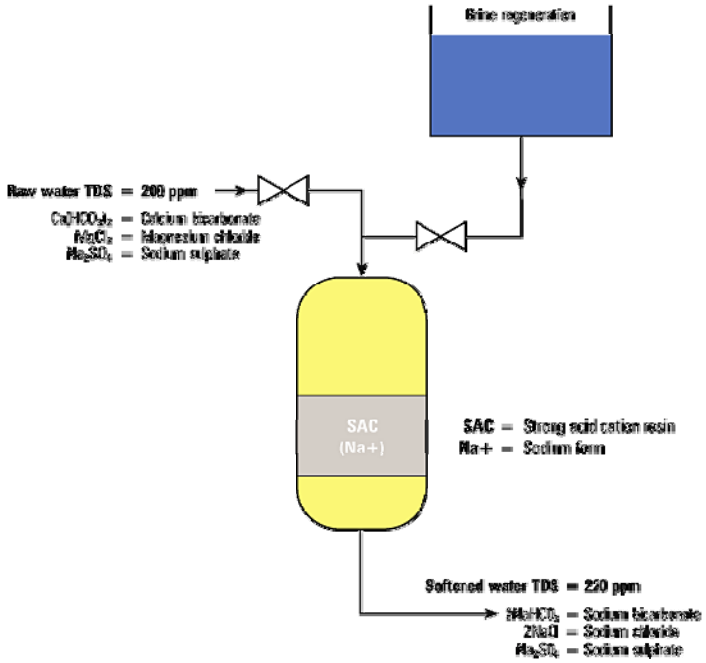


รูปที่ 5-3 ขั้นตอนการกรองน้ำเพื่อผลิตน้ำอ่อน



(ก) การล้างกลับ (ข) การล้างเกลือ

รูปที่ 5-4 การล้างกลับ และการล้างเกลือ



รูปที่ 5-5 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในระบบถังกรองน้ำอ่อน

3) ระบบถังกรองน้ำแบบแลกเปลี่ยนไอออน

ระบบถังกรองน้ำแบบแลกเปลี่ยนไอออน (Deionizer or demineralizer) คือการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างน้ำและสารกรอง ประกอบด้วยถังกรองเรซิน 3 ถังคือ ถังกรองไอออนประจุบวก ถังกรองไอออนประจุลบ และถังกรองผสม (มีทั้งสารกรองประจุบวกและลบในถังเดียวกัน) โดยแต่ละถังมีหลักการทำงานดังนี้

(ก) ถังกรองไอออนบวก

ถังกรองไอออนบวก (Cation filter) คือ ถังกรองที่ใช้ดูดซับไอออนประจุบวกทุกชนิดที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำ ภายในบรรจุสารกรองสังเคราะห์แบบ Strong cation exchange resin ซึ่งมีความสามารถพิเศษในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกภายในตัวเรซินเองกับไอออนบวกในน้ำ โดยจะเติมไอออนที่ต้องการให้กับเรซินก่อน เรียกเป็นการฟื้นฟูสภาพเรซิน (Regeneration) แล้วจึงนำสารกรองนั้นมากรองน้ำ เรซินจะสามารถจับไอออนบวกในน้ำทุกชนิดไว้และปล่อยไอออนบวกที่เติมไว้ออกไปน้ำ ในระบบถังกรองน้ำแบบแลกเปลี่ยนไอออนนี้ ไอออนบวกที่ต้องการและเติมให้กับเรซินไว้ก่อน คือ H^+ เมื่อนำสารกรองนี้มากรองน้ำจะทำให้น้ำที่ผ่านออกมามีไอออนบวกที่เหลือเป็น H^+ ทั้งหมด ซึ่งมีสภาพเป็นกรดชนิดต่างๆ เช่น กรดคาร์บอนิก กรดกำมะถัน กรดเกลือ เป็นต้น แต่สำหรับไอออนประจุลบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ H^+ ที่ใช้เติมให้กับเรซินในขั้นตอนการฟื้นฟูสภาพได้จากกรดชนิดต่างๆ แต่ที่ใช้กันมากที่สุด คือ กรดกำมะถัน เนื่องจากสามารถทำให้มีความเข้มข้นสูง (98%) ประหยัดค่าขนส่งและการจัดเก็บ และกรดชนิดนี้ยังไม่กลายเป็นไอกรด กัดกร่อนโครงสร้างตัวอาคารที่เกี่ยวข้อง เมื่อจะใช้งานจะเจือจางให้เหลือความเข้มข้นเพียง 1-5% แล้วผ่านกรดเจือจางนี้เข้าไปในถังกรอง H^+ สารละลายกรดก็จะไปแทนที่และไล่ไอออนบวกชนิดอื่นที่จับอยู่กับเรซินออกไป กรดกำมะถันที่ใช้มีสูตรทางเคมีเป็น H_2 SO_4 ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็น H^+ และ SO_4 ส่วนของ SO_4 นี้จะไม่

เกิดปฏิกิริยาใดๆ กับเรซินและถูกปล่อยออกทิ้ง กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดเกลือ (HCl) เป็นกรดอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพเรซิน

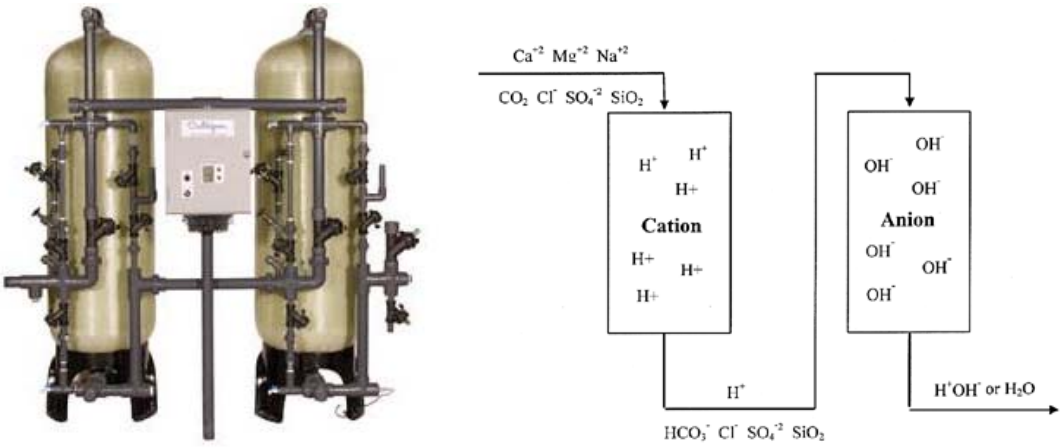
(ข) ถังกรองไอออนลบ

ถังกรองไอออนลบ (Anion filter) เป็นถังกรองที่ใช้ดูดซับไอออนประจุลบที่ไม่ต้องการออกจากน้ำ ภายในบรรจุสารกรองสังเคราะห์เช่นกัน แต่เป็นชนิด Strong anion exchange resin ลักษณะการใช้งานก็จำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสภาพก่อนใช้งานเช่นเดียวกับถังกรองไอออนบวก แต่จะใช้ด่าง หรือโซดาไฟ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 4% ผ่านเข้ามาในถังกรองเพื่อเติม OH^- ให้กับเรซินก่อน ฉะนั้นเมื่อนำมาใช้งาน น้ำที่ผ่านถังกรองออกมาจะมีไอออนประจุลบเป็น OH^- ทั้งหมด และเนื่องจากถังกรองไอออนลบนี้ติดตั้งอยู่หลังถังกรองไอออนบวก ดังนั้นน้ำที่ผ่านถังกรองไอออนบวกมาก่อนจะมีประจุบวกเป็น H^+ ทั้งหมดนั้นจะเกิดการรวมตัวกันของ H^+ และ OH^- กลายเป็นโมเลกุลน้ำ H_2O บริสุทธิ์และปราศจากแร่ธาตุใดๆ ละลายอยู่

(ค) ถังกรองผสม

ถังกรองผสม (Mix bed filter) เป็นถังกรองถังสุดท้ายของระบบถังกรองน้ำแบบแลกเปลี่ยนไอออน ภายในบรรจุสารกรองทั้ง 2 ชนิด คือ Cation resin และ Anion resin คลุกเคล้าผสมผสานกันใช้เพื่อกรองแร่ธาตุที่หลุดรอดออกมาจากถังกรองทั้งสองถังแรก โดยเฉพาะเมื่อสารกรองในถังทั้งสองข้างต้นใกล้จะหมดความสามารถในการดูดซับไอออนที่ไม่ต้องการ ถังนี้จะรับภาระเพียงเล็กน้อยจึงมีอายุการใช้งานต่อการฟื้นฟูสภาพหนึ่งครั้งที่ยาวนานกว่าถังกรองไอออนบวก และถังกรองไอออนลบมาก แต่ก็มีความจำเป็นในการรักษาความบริสุทธิ์ของน้ำที่ผลิตออกมา การฟื้นฟูสภาพสารเรซินในถังจำเป็นต้องแยกชั้นเรซินออกจากกันเสียก่อน การล้างกลับด้วยน้ำจะทำให้เรซินทั้งสองชนิดซึ่งมีความหนาแน่นไม่เท่ากันเกิดการแยกตัวกันด้วยตัวเอง จากนั้นจึงฟื้นฟูสภาพ Anion resin ซึ่งอยู่ชั้นบน ด้วยด่าง และฟื้นฟูสภาพ Cation resin ซึ่งอยู่ชั้นล่างด้วยกรด หลังจากนั้นจะใช้น้ำบริสุทธิ์เข้าไปล้างไล่เอากรดและด่างส่วนที่เหลือออกจนหมดสิ้น แล้วจึงทำการคลุกเคล้าให้เรซินทั้งสองผสมผสานกันใหม่โดยใช้ลมเป่าย้อนเพื่อเตรียมไว้ใช้งานต่อไป

ถังกรองน้ำแบบแลกเปลี่ยนไอออน และขั้นตอนการแลกเปลี่ยนไอออน แสดงดังรูปที่ 5-6



รูปที่ 5-6 ถังกรองน้ำแบบแลกเปลี่ยนไอออน และขั้นตอนการแลกเปลี่ยนไอออน

4) ระบบถังกรองน้ำแบบดีอัลคาไลซ์

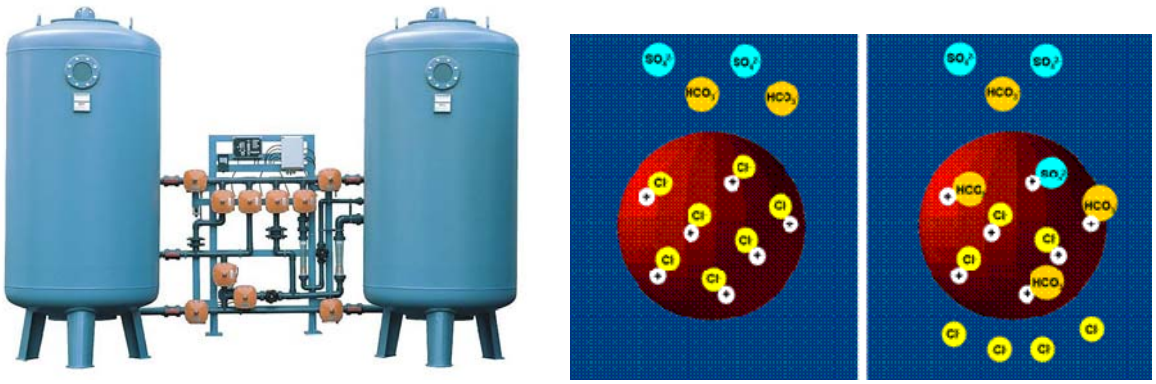
ระบบถังกรองน้ำแบบดีอัลคาไลซ์ (Dealkalizer) จะทำการลดความเป็นด่างของน้ำ โดยการใช้ถังซึ่งบรรจุเรซินประจุไฟฟ้าบวกไว้ ทำหน้าที่จับสารละลายด่างที่มีประจุไฟฟ้าลบในน้ำเอาไว้ เช่น ซัลเฟต ไนเตรท คาร์บอนไดออกไซด์ และซิลิกา ดังแสดงในรูปที่ 5-7

ความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง ค่าที่แสดงปริมาณกรดที่ต้องใช้ในการทำให้ส่วนที่เป็นด่าง เช่น เกลือไบคาร์บอเนต เกลือฟอสเฟต และเกลือซิลิเกต เป็นต้น ที่ละลายอยู่ในน้ำให้มีสภาพความเป็นกลาง ปริมาณกรดที่ใช้จะแสดงเป็นค่าที่ผ่านการปรับเทียบเป็นปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตในหน่วย ppm นอกจากนี้ยังมีค่า M-alkalinity หมายถึง ดัชนีบ่งบอกความเป็นกลางคือ Methyl orange (pH = 4.8) และ P-alkalinity หมายถึง Alkalinity ของน้ำมีค่าเทียบเท่าความเข้มข้นของเกลือคาร์บอเนตที่ได้จากการสลายตัวของเกลือไบคาร์บอเนตเนื่องจากความร้อนหรือสารจำพวกด่างที่เติมเข้าไปเพื่อปรุงแต่งคุณภาพน้ำภายในหม้อน้ำ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ส่วนสารเคมีที่ใช้เป็นดัชนีบอกความเป็นกลางคือ Phenolphthalein (pH = 9.0) จากค่าความเป็นด่างที่กล่าวมาข้างต้นเขียนเป็นสมการได้

Total alkalinity = M-alkalinity + P-alkalinity

ควรติดตั้งระบบกรองน้ำดีอัลคาไลซ์ เมื่อน้ำมีสารละลายด่างของไบคาร์บอเนต สูงกว่า 100 ppm และมีการใช้น้ำมากกว่า 4 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือเมื่อน้ำมีสารละลายซัลเฟตต่ำกว่า 120 ppm และเมื่อน้ำมีสารละลายซัลเฟตต่ำกว่า 50% ของสารละลายด่างทั้งหมด

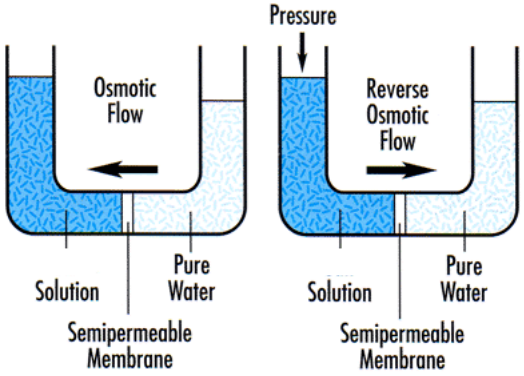
การฟื้นฟูสภาพระบบถังกรองน้ำแบบดีอัลคาไลซ์ (Regeneration) ทำโดยการล้างด้วยน้ำเกลือ NaCl (Na^+, Cl^-) เช่นเดียวกันกับการล้างถังกรองน้ำอ่อน ไม่ควรใช้น้ำโซดาไฟ NaOH (Na^+, OH^-) ล้างถังดีอัลคาไลซ์ เพราะถ้าล้างด้วยน้ำโซดาไฟ OH^- ในน้ำโซดาไฟจะถูกแลกเปลี่ยนลอดผ่านถังดีอัลคาไลซ์ ทำให้เป็นการเพิ่มค่าความเป็นด่างของน้ำให้สูงขึ้น ควรล้างด้วยเกลือแกงเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 5-7 ถังกรองน้ำแบบดีอัลคาไลซ์ และการดักจับสารละลายด่างที่มีประจุไฟฟ้าลบ

5) ระบบถังกรองน้ำแบบรีเวิร์สออสโมซีส

ออสโมซีส (Osmosis) หมายถึง การเคลื่อนที่ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของน้ำโดยผ่านเยื่อเมมเบรนบางๆ (Semi permeable membrane) จากฝั่งที่มีสารละลายเจือจาง ไปยังฝั่งที่มีสารละลายเข้มข้น ดังแสดงในรูปที่ 5-8 (ก) เยื่อเมมเบรนในอุดมคติยอมให้น้ำไหลผ่านได้เท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติโมเลกุล หรือไอออนบางชนิด อาจไหลผ่านได้เช่นกัน สมมุติมีตู้น้ำอยู่และเอาเมมเบรนมากั้นตรงกลางด้านซ้ายเป็นสารละลายเข้มข้น ด้านขวาเป็นสารละลายเจือจาง เมื่อปล่อยให้มีการไหลของน้ำผ่านเมมเบรนจนกระทั่งถึงจุดสมดุล (ไม่มีการไหลอีก) ระดับน้ำในด้านซ้ายซึ่งเป็นสารละลายเข้มข้นจะสูงกว่าระดับน้ำในด้านขวาที่เป็นสารละลายเจือจาง เมื่อปล่อยให้มีการไหลของน้ำผ่านเมมเบรนจนกระทั่งถึงจุดสมดุล (ไม่มีการไหลอีก) ระดับน้ำในด้านซ้ายซึ่งเป็นสารละลายเข้มข้นจะสูงกว่าระดับน้ำในด้านขวาซึ่งเป็นน้ำเจือจาง ผลต่างของระดับน้ำนี้เรียกว่า แรงดันออสโมซีส (Osmotic pressure) ปรากฏการณ์ออสโมซีสเกิดจากสารละลายเข้มข้นมีความดันไอ (Vapor pressure) ต่ำกว่าสารละลายเจือจาง ระดับน้ำในทั้งสองด้านของเมมเบรนจึงมีการปรับตัวจนกระทั่งแรงดันบนผิวน้ำทั้งสองด้านมีค่าเท่ากัน ถ้ามีแรงดันที่มีค่าสูงกว่าแรงดันออสโมซีสมากระทำต่อด้านที่มีสารละลายเข้มข้น น้ำจะไหลย้อนกลับ ซึ่งเป็นการต้านการไหลตามธรรมชาติ ดังแสดงในรูปที่ 5-8 (ข) วิธีดังกล่าวนี้วิศวกรนำมาใช้เพื่อแยกน้ำออกจากสารละลายเข้มข้นต่างๆ และเรียกว่ารีเวิร์สออสโมซีส (Reverse osmosis, RO) หรือออสโมซีส ย้อนกลับ ดังนั้นกระบวนการรีเวิร์สออสโมซีส จึงอาศัยปัจจัยสำคัญ 2 อย่าง คือ แรงดัน และเมมเบรน



(ก) ออสโมซีส (ข) รีเวิร์สออสโมซีส

รูปที่ 5-8 ความแตกต่างระหว่างออสโมซีสและรีเวิร์สออสโมซีส

กระบวนการเมมเบรน (Membrane processes) หมายถึงกระบวนการต่างๆ ที่อาศัยเยื่อเมมเบรน (Semi permeble membrane) ในการแยกสารละลายออกจากน้ำหรือของเหลว กระบวนการเมมเบรนที่สำคัญมี 3 แบบคือ Electro dialysis (ED), Reverse osmosis (RO) และ Ultra filtration (UF) ความแตกต่างของกระบวนการทั้งสามประเภทอยู่ที่ความสามารถในการแยกสารละลายที่มีขนาดต่างๆ และแรงขับดันให้เกิดการแยกสารและน้ำออกจากกัน Electro dialysis ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นแรงขับดันให้เกิดการแยกสารประกอบซึ่งแตกตัวเป็นไอออนได้ออกจากน้ำ แต่ไม่สามารถแยกสารอินทรีย์ ส่วน Reverse osmosis (บางครั้งเรียกว่า Hyper filtration) และ Ultra filtration ใช้แรงดันในการแยกสารต่างๆ ออกจากน้ำ Reverse osmosis สามารถแยกสารอินทรีย์ขนาดใหญ่เท่านั้น อย่างไรก็ตาม Ultra filtration มักใช้แรงดันประมาณ 7 บาร์

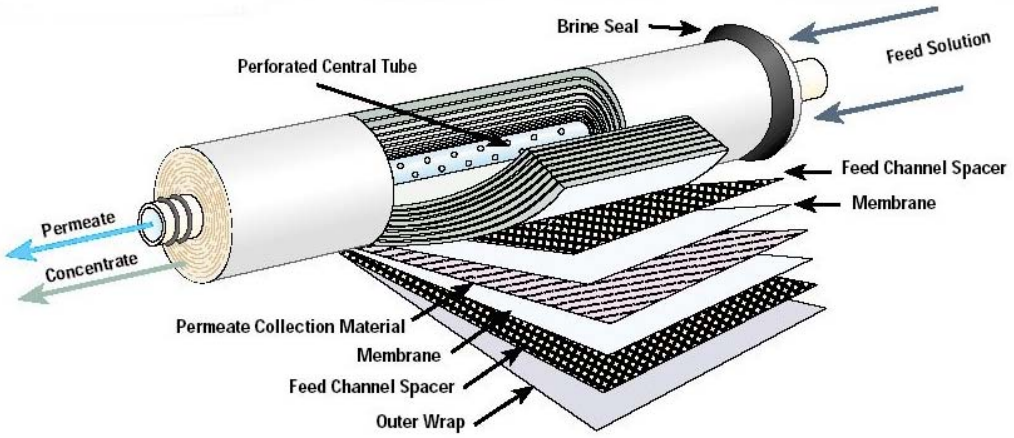
หรือน้อยกว่า ส่วน Reverse osmosis มักใช้แรงดันตั้งแต่ 20 – 70 บาร์ หรือสูงกว่า เยื่อเมมเบรนของกระบวนการทั้งสาม มีหน้าที่และขีดความสามารถไม่เท่ากัน กล่าวคือ แผ่นเมมเบรนของ Reverse osmosis สร้างขึ้นเพื่อให้น้ำไหลผ่านเท่านั้น และไม่มีคุณสมบัติให้สารอื่นๆ ไหลผ่านได้ แผ่นเมมเบรนสำหรับ Electro dialysis มี 2 ชนิดคือ แผ่นบวก และแผ่นลบ ซึ่งยอมไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนกันไหลผ่าน โมเลกุลของน้ำไหลผ่านแผ่นเมมเบรนได้ยาก ความแตกต่างของแรงขับดันและสารที่แยกออกจากน้ำได้ระหว่าง Electro dialysis (ED), Reverse osmosis (RO) และ Ultra filtration (UF) แสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ความแตกต่างของแรงขับดันและสารที่แยกออกจากน้ำได้

กระบวนการ	แรงขับดัน	สารที่แยกออกจากน้ำได้
RO	แรงดัน 20-70 บาร์ หรือสูงกว่า	เกลือแร่ กรด ด่าง สารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 200 (รวมทั้งแบคทีเรีย ฯลฯ)
UF	แรงดันประมาณ 7 บาร์ หรือต่ำกว่า	สารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 500
ED	แรงดันไฟฟ้า	สารที่แตกตัวเป็นไอออนได้

ในปัจจุบัน เนื่องจากความจำเป็นที่ต้องใช้น้ำสะอาดที่มีปริมาณสารละลายต่ำ และความสกปรกที่เพิ่มขึ้นของแหล่งน้ำดิบ ทำให้กระบวนการเมมเบรนต่างๆ มีความสำคัญเพิ่มขึ้น และกลายเป็นระบบที่จำเป็นในหลายกรณี เนื่องจากระบบ Reverse osmosis นั้นมีขีดความสามารถกว้างขวางกว่า Ultra filtration และ Electro dialysis ดังนั้น จึงมีการนำ Reverse osmosis ไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำได้ดีมากกว่าระบบเมมเบรนแบบอื่น ถังกรองน้ำแบบรีเวิร์สออสโมซีส และชั้นแผ่นกรองที่อยู่ภายใน แสดงได้ดังรูปที่ 5-9 และ 5-10 ตามลำดับ

รูปที่ 5-9 ถังกรองน้ำแบบรีเวิร์สออสโมซีส



รูปที่ 5-10 ชั้นแผ่นกรองภายในถังกรองน้ำแบบรีเวิร์สออสโมซีส

6) ระบบถังไล่อากาศ

การกำจัดออกซิเจนในน้ำป้อนหม้อน้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องกระทำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรุนแรงที่เกิดขึ้นกับท่อส่งน้ำและท่อในหม้อน้ำ วิธีกำจัดออกซิเจนจากน้ำมี 2 วิธีคือวิธีทางเคมี และวิธีทางกายภาพ วิธีแรกเป็นการเติมสารเคมีบางอย่าง เช่น โซเดียมซัลไฟด์ เพื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจนเกิดเป็นสารใหม่ที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อน ส่วนวิธีที่สองนั้นเป็นการกำจัดออกซิเจนโดยใช้ถังไล่อากาศ (Deaerator) สำหรับในทางปฏิบัติการใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงลำพังมักไม่ได้ผลอย่างเต็มที่หรือถ้าใช้ได้ก็ไม่ประหยัด จึงนิยมใช้ทั้งสองวิธีไปด้วยกันกล่าวคือ ใช้ถังไล่อากาศเพื่อกำจัดออกซิเจนส่วนใหญ่ก่อน จากนั้นจึงเติมสารเคมีเพื่อกำจัดออกซิเจนส่วนที่เหลือ พึงตระหนักไว้ว่าน้ำในหม้อน้ำต้องไม่มีออกซิเจนอย่างเด็ดขาด ทั้งนี้เพราะออกซิเจนเพียง 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรุนแรง ถังไล่อากาศเพียงอย่างเดียวไม่สามารถลดออกซิเจนให้เหลือน้อยกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ การเติมสารเคมีเพียงอย่างเดียวสามารถลดออกซิเจนได้ 100% แต่ก็ไม่ใช่หนทางปฏิบัติที่ดีและไม่เป็นการประหยัด

ตราบใดที่หม้อน้ำมีทางเปิดสู่บรรยากาศไม่ว่าจะผ่านทางถังเก็บคอนเดนเสทหรือถังเก็บน้ำป้อนหม้อน้ำ ตราบนั้นก็จะมีการถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศให้กับน้ำ ทำให้มีปริมาณออกซิเจนสูงละลายในน้ำ น้ำป้อนหม้อน้ำช่วยให้มีออกซิเจนเข้าสู่หม้อน้ำมากยิ่งขึ้นเพราะน้ำป้อนก็มีออกซิเจนละลายอยู่ด้วยนอกจากนี้น้ำป้อนซึ่งเป็นน้ำเย็นจะทำให้คอนเดนเสทมีอุณหภูมิต่ำลงเมื่อส่งกลับไปยังหม้อน้ำ เป็นเหตุให้ออกซิเจนจากอากาศสามารถละลายในน้ำได้เพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนเป็นสัดส่วนผกผันกับอุณหภูมิ ยกตัวอย่างเช่น หากอุณหภูมิน้ำสูงถึง 82 °C และ 93 °C (180 °F และ 200 °F) ปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่ออุณหภูมิน้ำสูงถึง 102 °C (215 °F) จะไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำได้เลย สามารถแบ่งถังไล่อากาศได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะกลไกการไล่อากาศที่เกิดขึ้นภายใน ได้แก่

(ก) ถังไล่อากาศแบบธรรมดา

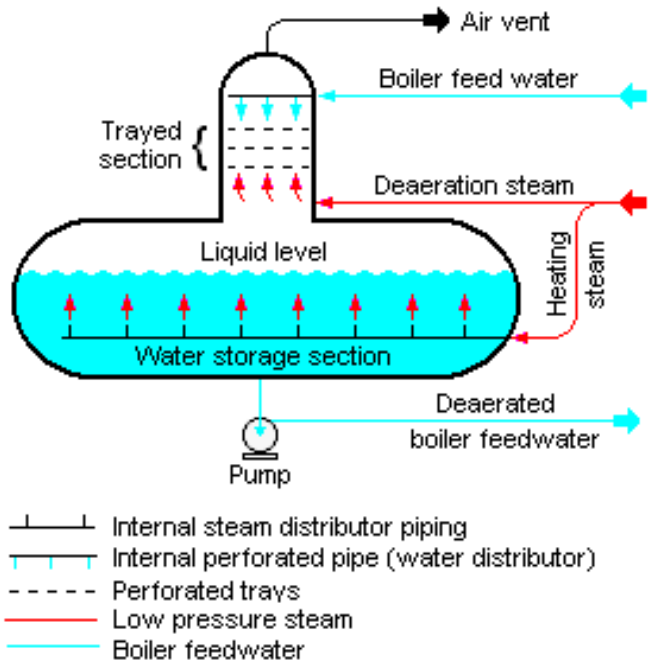
ถังไล่อากาศแบบธรรมดา เป็นถังไล่อากาศแบบที่ง่ายที่สุด ประกอบด้วยขดไอน้ำแบบวงจรปิดหรือเปิดวางอยู่ในถังคอนเดนเสทซึ่งมีที่ระบายอากาศ ขดไอน้ำถูกควบคุมอย่างอัตโนมัติเพื่อให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 82-93 °C (180-200 °F) หรือสูงกว่านั้นโดยไม่ทำให้เกิดโพรงอากาศ (Cavitation) หรือการกระแทกของไอน้ำ (Steam shock)

(ข) ถังไล่อากาศแบบถาด

ถังไล่อากาศแบบถาด (Tray-type deaerator) แบบติดตั้งในแนวนอนโดยทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 5-11 ประกอบด้วยส่วนโดมทรงกระบอกแนวดิ่ง (Vertical domed deaerator section) สำหรับไล่อากาศ ซึ่งติดตั้งอยู่เหนือถังเก็บน้ำป้อนทรงกระบอกแนวนอน (Horizontal boiler feedwater storage vessel) น้ำป้อนจะเข้าที่ส่วนไล่อากาศ ตกลงด้านบนของถาดที่เจาะเป็นรูพรุน (Perforated tray) และไหลลงด้านล่างผ่านรูพรุนดังกล่าว ส่วนไอน้ำความดันต่ำที่ใช้ในการไล่อากาศไหลเข้าด้านล่างของถาด และไหลขึ้นด้านบนผ่านรูพรุนของถาด บางกรณีอาจออกแบบโดยใช้วัสดุอัดแน่นอื่นๆ แทนถาดที่มีรูพรุน เนื่องจากสามารถทำให้ไอน้ำและน้ำป้อนสัมผัสกันและผสมกันได้ดีกว่า

ไอน้ำจะไล่ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำป้อนให้ออกไปทางท่อระบายอากาศ (Vent) ที่อยู่ด้านบนของส่วนโดม บางครั้งมีการติดตั้งเครื่องควบแน่นอากาศระบาย (Vent condenser) เพื่อใช้ดักจับและนำน้ำที่ถูกหอบขึ้นไปโดยก๊าซกลับมาใช้ใหม่ ท่อระบายอากาศโดยทั่วไปจะติดตั้งวาล์วพิเศษที่ยอมให้ไอน้ำไหลผ่านไปกับก๊าซได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพื่อลดการสูญเสียไอน้ำออกจากระบบ

น้ำที่ถูกไล่อากาศออกแล้วจะไหลตกลงมาที่ถังเก็บทรงกระบอกแนวนอนที่อยู่ด้านล่าง และพร้อมที่จะถูกปั๊มส่งไปป้อนหม้อน้ำต่อไป ส่วนหนึ่งของไอน้ำความดันต่ำไหลเข้าสู่ถังแนวนอนผ่านท่อที่มีหัวกระจาย (Sparger pipe) ที่อยู่ด้านล่างของถัง เนื่องจากไอน้ำนี้ยังมีความร้อนอยู่จำนวนหนึ่ง ไอน้ำดังกล่าวจึงคายความร้อนให้น้ำป้อน ทำให้อุณหภูมิน้ำป้อนสูงขึ้น ในส่วนภายนอกของถังไล่อากาศ ต้องมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนให้ทั่วพื้นที่ผิวทั้งหมด เพื่อลดการสูญเสียความร้อนออกสู่บรรยากาศ



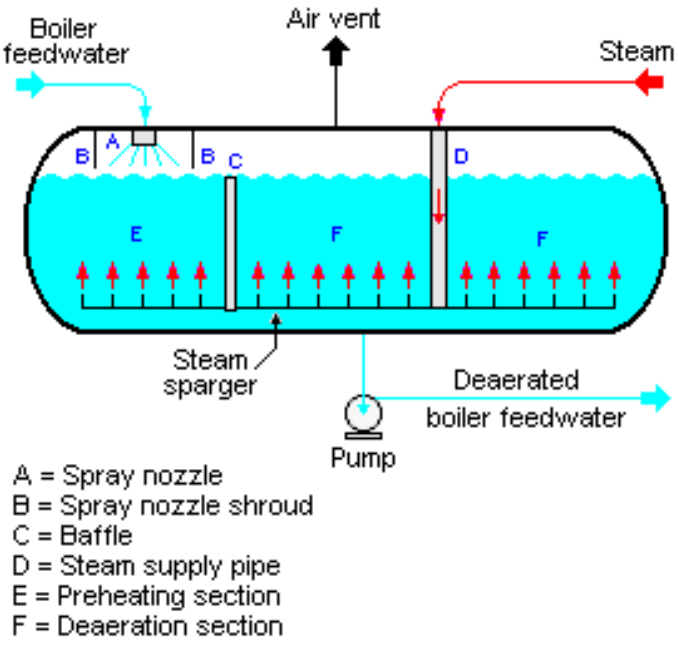
รูปที่ 5-11 ถังไล่อากาศแบบถาด

(ค) ถังไล่อากาศแบบพ่น

ถังไล่อากาศแบบพ่น (Spray-type deaerator) โดยทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 5-12 มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกวางในแนวนอน ภายในประกอบด้วยส่วนอุ่นครั้งแรก (Preheating section) (E) และส่วนไล่อากาศ (Deaerator section) (F) ทั้งสองส่วนนี้แยกกันโดยใช้แผ่นกั้น (Baffle) (C) ไอน้ำความดันต่ำไหลเข้าสู่ถังผ่านทางท่อที่มีหัวกระจายที่อยู่ด้านล่างของถัง

น้ำป้อนจะถูกพ่นเป็นฝอยเข้าสู่ส่วนอุ่นครั้งแรก ในส่วนนี้น้ำป้อนจะถูกอุ่นโดยไอน้ำที่พุ่งขึ้นจากหัวกระจาย วัตถุประสงค์ของการใช้หัวฉีด (Nozzle) (A) พ่นฝอยน้ำป้อนในส่วนอุ่นครั้งแรก คือ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนให้สูงขึ้นจนมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอิ่มตัวของไอน้ำ ส่งผลให้ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำป้อน มีสภาพพร้อมที่จะถูกไล่ออกไปได้อย่างง่ายดาย เมื่อไหลเข้าสู่ส่วนไล่อากาศที่อยู่ถัดไปในถัง

น้ำป้อนที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้วจะไหลเข้าสู่ส่วนไล่อากาศ ในส่วนนี้น้ำป้อนจะถูกไล่เอาอากาศออกโดยไอน้ำที่พุ่งขึ้นจากหัวกระจาย ก๊าซที่ถูกไล่ออกจากน้ำป้อนจะไหลออกทางท่อระบายอากาศที่อยู่ด้านบนของถัง ในบางกรณีอาจมีการติดตั้งเครื่องควบแน่นอากาศระบาย และวาล์วพิเศษเช่นเดียวกับในกรณีของถังไล่อากาศแบบถาด น้ำที่ถูกไล่อากาศออกแล้วจะไหลตกลงมาที่ถังเก็บทรงกระบอกแนวนอนที่อยู่ด้านล่าง และพร้อมที่จะถูกปั๊มส่งไปป้อนหม้อน้ำต่อไป ในส่วนภายนอกของถังไล่อากาศ ต้องมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนให้ทั่วพื้นที่ผิวทั้งหมด เพื่อลดการสูญเสียความร้อนออกสู่บรรยากาศ



รูปที่ 5-12 ถังไล่อากาศแบบพ่น

จากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบนอกหม้อน้ำทั้ง 6 แบบที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของอุปกรณ์แต่ละชนิดได้ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของอุปกรณ์แต่ละชนิด

Dissolved Constituent	**Sand filter**	**Softener**	**Dealkalizer**	**Reverse osmosis**	**Deaerator**
Calcium** (Ca)	No change	98-100%	Must have soft water	Must have soft water	No change
Magnesium** (Mg)	No change	98-100%	Must have soft water	Must have soft water	No change
Hardness*	No change	98-100%	Must have soft water	Must have soft water	No change
Sodium (Na)	No change	Increases	No change	90-95%	No change
Bicarbonate Alkalinity (HCO_3)*	No change	No change	90%	90-95%	No change
Sulfate (SO_4)	No change	No change	90-95%	90-95%	No change
Chloride (Cl)	No change	No change	Increases	90-95%	No change
Silica (SiO_2)*	No change	No change	20%	90-95%	No change
Dissolved Constituent	**Sand filter**	**Softener**	**Dealkalizer**	**Reverse osmosis**	**Deaerator**
Soluble Iron (Fe)	No change	100%	Must have soft water	Must have soft water	No change
Total Dissolved Soilds*	No change	No change	No change	No change	No change
Suspended Soilds*	Down to 10 micron	Must be removed	Must be removed		No change
Dissolved Gases*		No change	Free CO_2 Only		To 0.005 cc of O_2

หมายเหตุ: All of the above packaged water systems can be readily integrated into existing Cleaver-Brooks boiler rooms. And all are designed to accommodate boilers of any make.

* Specifically limited by ASME guidelines on boiler feedwater quality.

** The sum of calcium and magnesium equal the hardness. Hardness has been listed as a separate item for those analyses showing hardness only.

5.1.2 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบในหม้อน้ำ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบในหม้อน้ำ (Internal boiler water treatment) เป็นระบบที่น้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติภายในหม้อน้ำ ทำหน้าที่เป็นระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อเสริมระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบนอกหม้อน้ำในกรณีที่คุณภาพของน้ำยังไม่ได้มาตรฐาน ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบในหม้อน้ำที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน คือ ระบบเติมเคมี (Chemical feed system or dosing system)

ระบบเติมเคมี ดังแสดงในรูปที่ 5-13 ประกอบด้วยถังน้ำยาเคมี ที่กวน และปั๊มน้ำยาเคมี ที่ทนการกัดกร่อนเป็นอย่างดี เป็นระบบการป้อนเคมีเข้าสู่หม้อน้ำโดยตรง หรืออาจป้อนเข้าสู่อุปกรณ์ในระบบน้ำป้อนในตำแหน่งที่ใกล้กับหม้อน้ำ เช่น ท่อน้ำป้อน ถังพักน้ำป้อน หรือถังไล่อากาศ เป็นต้น ข้อแนะนำในการติดตั้งและใช้งานระบบเติมเคมี มีดังต่อไปนี้

- เคมีหม้อน้ำมีหลายประเภท เช่น เคมีป้องกันตะกรัน เคมีป้องกันการกัดกร่อน เคมีกำจัดก๊าซออกซิเจนเจือปน (Dissolved oxygen) เคมีป้องกันการกัดกร่อนในระบบท่อไอน้ำและคอนเดนเสท เป็นต้น
- ผู้ใช้งานหม้อน้ำสามารถผสมเคมีใช้งานเองได้ถ้ามีความรู้ทางด้านเคมีพอเพียง แต่ต้องมีความรู้เรื่องหม้อน้ำด้วย เพราะจะต้องมีการตรวจสอบ ติดตามผลที่เกิดขึ้นกับหม้อน้ำ เช่น เคมีบางตัวอาจทำงานได้ดี แต่มีการเปลี่ยนสภาพทางเคมี เกิดเป็นฝุ่นผงในน้ำในหม้อน้ำขึ้น ซึ่งฝุ่นผงในน้ำสามารถไปอุดตันระบบป้องกันระดับน้ำต่ำ ทำให้หม้อน้ำระเบิดได้ ดังนั้นการใช้เคมีเติมหม้อน้ำจะต้องมีความระมัดระวัง มีความรู้ และมีการตรวจสอบติดตามผลตลอดเวลา โดยเฉพาะภายในปีแรกๆ ที่เริ่มใช้เคมี
- เคมีที่ใช้เติมหม้อน้ำ บางประเภทอาจจะกัดกร่อนวัสดุโครงสร้างของปั๊มน้ำ หรือมีการเปลี่ยนสภาพทางเคมีก่อน ก็มีความจำเป็นที่จะต้องเติมเคมีนั้นเข้าไปในหม้อน้ำโดยตรง
- จุดเติมเคมีควรจะเป็นจุดที่ใกล้หม้อน้ำที่มากที่สุด โดยปกติเคมีที่ใช้ในหม้อน้ำความดันไม่เกิน 2 MPa มักจะเป็นชนิดที่ตกตะกอนได้ง่าย และทำการระบายทิ้งก้นหม้อน้ำ จึงควรเติมเคมีเข้าสู่หม้อน้ำโดยตรง
- สำหรับเคมีที่ใช้เติมหม้อน้ำที่ไม่มีการกัดกร่อน หรือไม่มีการเปลี่ยนสภาพทางเคมีก่อน สามารถเติมเข้าถังพักน้ำ หรือถังไล่อากาศ (Deaerator) ซึ่งมีความดันต่ำได้
- ควรเติมเคมีที่ใช้กำจัดออกซิเจนที่ถังพักน้ำเนื่องจากเคมีตัวนี้มักจะใช้เวลานานในการทำปฏิกิริยา
- ควรจะใช้ปั๊มเคมีแบบลูกสูบ เมื่อความดันเกิน 1 MPa หรือหากเคมีที่ใช้เป็นแบบไม่กัดกร่อนโลหะ โดยทั่วไปควรเลือกใช้ปั๊มแบบลูกสูบ เนื่องจากไม่ค่อยเสียหายง่าย และมีความแม่นยำเที่ยงตรงสูง
- ปั๊มเคมีแบบไดอะเฟรมจะใช้สำหรับความดันต่ำ และเมื่อเคมีนั้นเป็นแบบกัดกร่อนโลหะ เหมาะสำหรับงานขนาดเล็ก เนื่องจากมีขนาดกะทัดรัดกว่าปั๊มแบบลูกสูบ
- ไม่ควรตวงเคมีแล้วเทเติมโดยตรงที่ถังพักน้ำ นอกจากว่าเป็นหม้อน้ำขนาดเล็กที่กำลังผลิตไม่เกิน 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีชั่วโมงทำงานในแต่ละวันไม่มากนัก แต่ถ้าหม้อน้ำมีขนาดใหญ่ หรือเคมีเป็นอันตรายต่อคน หม้อน้ำก็ควรมีระบบปั๊มน้ำยาเคมี

- ในการออกแบบระบบหม้อน้ำใหม่ ควรจะออกแบบให้มีปั๊มน้ำยาเคมีทั้ง 2 แบบ คือปั๊มน้ำยาเคมีที่เติมเคมีเข้าไปในหม้อน้ำโดยตรง และปั๊มน้ำยาเคมีที่เติมเคมีเข้าไปในถังพักน้ำ หรือถังไล่อากาศ เนื่องจากมีน้ำยาเคมีทั้งสองชนิด และในอนาคตอาจจะมีความจำเป็นต้องใช้น้ำยาเคมีชนิดใดชนิดหนึ่ง
- ควรจะเติมเคมีเข้าสู่หม้อน้ำเสมอ เพื่อป้องกัน และรักษาคุณภาพน้ำของหม้อน้ำให้ดีสม่ำเสมออยู่ตลอด แต่ถ้าหากคุณภาพน้ำในระบบดีอยู่แล้ว หรือมีระบบปรับสภาพน้ำภายนอกที่สมบูรณ์เพียงพอ การเติมเคมีก็จะใช้ปริมาณน้อยลง ซึ่งจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายลงด้วย

รูปที่ 5-13 ระบบเติมเคมี

5.1.3 คุณสมบัติของน้ำ

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549 ได้กำหนดคุณภาพของน้ำป้อนหม้อน้ำ (Boiler feed water) และคุณภาพน้ำในหม้อน้ำ (Boiler water) ไว้ดังตารางที่ 5-3 และ 5-4

ตารางที่ 5-3 เกณฑ์คุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำ

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

ตารางที่ 5-4 เกณฑ์คุณภาพน้ำในหม้อน้ำ

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

5.1.4 ข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำ

นอกจากข้อกำหนดคุณภาพน้ำตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549 ที่ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 5-3 และ 5-4 ยังมีข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำ เพื่อให้ผู้ควบคุมหม้อน้ำได้ทำการศึกษา เพื่อนำไปปรับปรุงคุณภาพน้ำและควบคุมให้ค่าต่างๆ ที่แนะนำเพิ่มเติมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลทำให้การใช้งานหม้อน้ำเป็นไปด้วยความถูกต้อง ปลอดภัย และประหยัดพลังงานมากขึ้น ข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำสามารถแยกตามประเภทของหม้อน้ำได้ดังนี้

1) หม้อน้ำแบบท่อไฟที่มีความดันใช้งานในช่วง 0.5 – 30 บาร์

ข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำนี้ใช้สำหรับหม้อน้ำแบบท่อไฟ (Fire tube boiler) โดยที่หม้อน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่า 110 $^{\circ}$C ตัวเปลือกหม้อน้ำผลิตจาก Low alloyed หรือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่มีการรับความร้อนหรือเผาไหม้ จากเชื้อเพลิงแข็ง น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติ นอกจากนี้ข้อแนะนำนี้ยังใช้ร่วมกับหม้อน้ำที่มีห้องเผาไหม้ (Furnace) แยกจากส่วนท่อไฟ ซึ่งเป็นหม้อน้ำใช้เชื้อเพลิงไม้ หรือผลิตภัณฑ์เหลือใช้จากการเกษตร เป็นต้น

การปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำ อย่างน้อยต้องมีระบบถังกรองน้ำอ่อนสำหรับน้ำเติมเข้าหม้อน้ำ ในบางกรณีน้ำป้อนหม้อน้ำอาจจะต้องมีคุณภาพสูงกว่าที่กำหนด ในกรณีที่หม้อน้ำที่มีช่องว่างเล็กในบริเวณรอยต่อระหว่างรอยเชื่อมกับท่อไฟใหญ่ หรือผนังหน้าหลัง หรือระหว่างช่องไฟกลับ จำเป็นต้องมีการปรับสภาพน้ำให้มีคุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนด ค่าต่างๆ ในข้อแนะนำนี้เป็นค่ากำหนดต่ำสุดที่จะทำให้เกิดความปลอดภัยสำหรับน้ำป้อนหม้อน้ำ และน้ำในหม้อน้ำ เพื่อป้องกันการเสี่ยงต่อการเกิดการกัดกร่อน การเกิดโคลน และการเกิดตะกอนภายในหม้อน้ำ ค่าที่แนะนำเหล่านี้ใช้สำหรับหม้อน้ำที่ถูกใช้งานต่อเนื่อง ซึ่งในระหว่างการเริ่มใช้งานหม้อน้ำอาจต้องมีการปรับค่าต่างๆ ให้เหมาะสมกับในแต่ละช่วงเวลา คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำป้อนหม้อน้ำและน้ำในหม้อน้ำสำหรับหม้อน้ำแบบท่อไฟ แสดงในตารางที่ 5-5 ถึง 5-7

ตารางที่ 5-5 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำป้อนหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบท่อไฟ

รายการ	หน่วย	ความดันใช้งาน (bar)	
		0.5-15	15-30
Total hardness (Ca and Mg)	ppm $CaCO_3$	<3	<1
pH value at 25 $^{\circ}$C	-	8.5-9.5	8.5-9.5
Oxygen	mg/L	<0.1	<0.02

ตารางที่ 5-6 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำในหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบท่อไฟ กรณีที่น้ำป้อนหม้อน้ำมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 30 μS/cm

รายการ	หน่วย	ความดันใช้งาน (bar)	
		0.5-15	15-30
Total hardness (Ca and Mg)	ppm $CaCO_3$	<10	<3
pH value at 25 $^{\circ}$C	-	10.5-12.0	10.5-11.8
Direct conductivity at 25 $^{\circ}$C	μS/cm	<4,000	<2,000

รายการ	หน่วย	ความดันใช้งาน (bar)	
		0.5-15	15-30
Composite alkalinity (p-value)	ppm $CaCO_3$	100-900	100-600
Phosphate (PO_4)	mg/L	10-30	10-30
Silica (SiO_2)	mg/L	<120	<100

ตารางที่ 5-7 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำในหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบท่อไฟ กรณีที่น้ำป้อนหม้อน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 μS/cm

รายการ	หน่วย	ความดันใช้งาน (bar)	
		0.5-15	15-30
Total hardness (Ca and Mg)	ppm $CaCO_3$	<3	<1
pH value at 25 °C	-	10.5-11.5	10.5-11.3
Direct conductivity at 25 °C	μS/cm	<2,000	<1,000
Composite alkalinity (p-value)	ppm $CaCO_3$	25-250	10-100
Phosphate (PO_4)	mg/L	10-30	10-20
Silica (SiO_2)	mg/L	<100	<80

ค่าตัวแปรตามที่กำหนดจะต้องถูกตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ ความถี่ในการทดสอบต้องเป็นไปตามคู่มือการใช้งานหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำต้องมีการทดสอบอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง

2) หม้อน้ำแบบท่อน้ำที่มีความดันใช้งานในช่วง 0.5 – 180 บาร์

ข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำนี้ใช้สำหรับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ (Water tube boiler) โดยที่หม้อน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่า 110 °C รวมถึงทั้งระบบที่ใช้การหมุนเวียนน้ำโดยธรรมชาติ (Natural circulation) และระบบที่มีอุปกรณ์ช่วยในการหมุนเวียนน้ำในระบบ ตัวเปลือกหม้อน้ำผลิตจาก Low alloyed หรือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่มีการรับความร้อนหรือเผาไหม้ จากเชื้อเพลิงแข็ง น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อน้ำ อย่างน้อยต้องมีระบบถังกรองน้ำอ่อนสำหรับน้ำป้อนหม้อน้ำ หรือน้ำเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดโคลน หรือตะกรัน สำหรับหม้อน้ำที่ใช้งานที่ความดันสูงกว่า 40 บาร์ หรือระบบที่มีการใช้ Superheater น้ำป้อนหม้อน้ำอาจจะต้องมีคุณภาพสูงกว่าที่กำหนด โดยปกติแล้วหม้อน้ำแบบท่อน้ำจะไม่มีช่องว่างของรอยต่อในระหว่างท่อน้ำกับท่อร่วม (Header) ที่ได้รับความร้อน หรือถ้ามีรอยต่อเหล่านี้ ก็จะไม่ได้รับความร้อน ในกรณีที่หม้อน้ำมีช่องว่างในบริเวณรอยต่อและได้รับความร้อน พร้อมทั้งค่าการนำไฟฟ้า ที่ 25 °C ของน้ำป้อนหม้อน้ำมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 μS/cm ต้องเติม Tri-sodium phosphate เข้าในระบบเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิด Caustic stress corrosion cracking ที่จุดเชื่อมต่อเหล่านั้น ดังรูปที่ 5-18 ค่าต่างๆ ในข้อแนะนำนี้เป็นค่ากำหนดต่ำสุดที่จะทำให้เกิดความปลอดภัย เพื่อป้องกันการเสี่ยงต่อการเกิดการกัดกร่อน การเกิดโคลน และการเกิดตะกอนภายในหม้อน้ำ ค่าที่แนะนำเหล่านี้ใช้สำหรับหม้อน้ำที่ถูกใช้งานต่อเนื่อง ซึ่งในระหว่างการเริ่มใช้งานหม้อน้ำอาจต้องมีการปรับค่าต่างๆ ให้เหมาะสมกับในแต่ละช่วงเวลา

คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำป้อนหม้อน้ำและน้ำในหม้อน้ำสำหรับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ แสดงในตารางที่ 5-8 ถึง 5-10 และคุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำป้อนหม้อน้ำและน้ำในหม้อน้ำสำหรับหม้อน้ำแบบ Once through แสดงในตารางที่ 5-11

ค่าตัวแปรตามที่กำหนดจะต้องถูกตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ ความถี่ในการทดสอบต้องเป็นไปตามคู่มือการใช้งานหม้อน้ำ สำหรับน้ำป้อนหม้อน้ำต้องมีการทดสอบอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง

ตารางที่ 5-8 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำป้อนหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ

รายการ	หน่วย	ความดันใช้งาน (bar)		
		<40	40-100	>100
Total hardness (Ca and Mg)	ppm $CaCO_3$	<1	<0.5	0
pH value at 25 °C	-	>9.0	>9.2	>9.2
Direct conductivity at 25 °C	μS/cm	-	<30	-
Acid conductivity at 25 °C	μS/cm	-	-	<0.2
Total sodium and Potassium (N and K)	mg/L	-	-	<0.01
Silica (SiO_2)	mg/L	-	-	<0.02
Oxygen	mg/L	<0.02	<0.02	<0.1

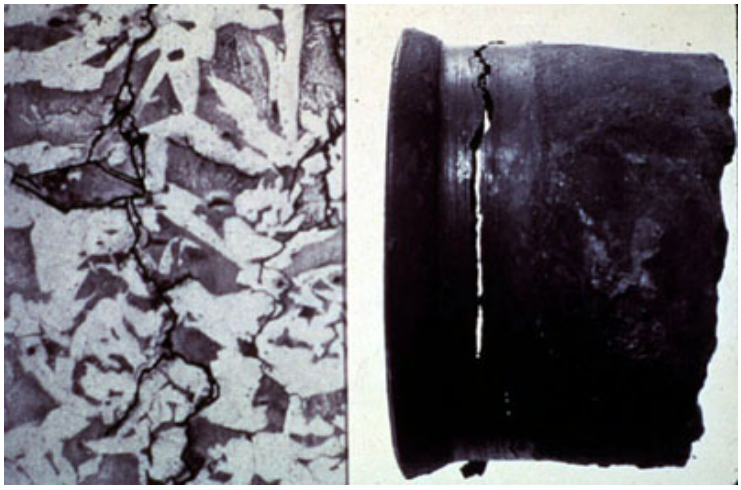
ตารางที่ 5-9 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำในหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ กรณีไม่มีระบบถังกรองแบบแลกเปลี่ยนไอออน (Deionizer or demineralizer)

รายการ	หน่วย	ความดันใช้งาน (bar)			
		<40	40-60	60-80	80-100
Total hardness (Ca and Mg)	ppm $CaCO_3$	<5	<3	<1	<0.5
pH value at 25 °C	-	10.8-11.8	10.8-11.5	10.0-11.0	9.8-10.5
Direct conductivity at 25 °C	μS/cm	<3,000	<1,500	<500	<250
Composite alkalinity (p-value)	ppm $CaCO_3$	50-500	50-250	10-50	5-15
Phosphate (PO_4)	mg/L	<15	<15	<10	<6
Silica (SiO_2)	mg/L	<40	<15	<4	<2

ตารางที่ 5-10 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำในหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ กรณีที่น้ำป้อนหม้อน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 μS/cm

รายการ	หน่วย	ความดันใช้งาน (bar)				
		<60	60-100	>100	<100	>100
		With solid alkalizing agent			With AVT	
Direct conductivity at 25 °C	μS/cm	<200	<100	<30	-	-
Acid conductivity at 25 °C	μS/cm	-	<50	<40	<5	<5
pH value at 25 °C	-	10.0-11.0	9.8-10.5	9.3-9.7	>8.3	>8.5
Composite alkalinity (p-value)	ppm $CaCO_3$	5-50	5-15	-	-	-
Phosphate (PO_4)	mg/L	<10	<6	<3		

หมายเหตุ: AVT คือ All volatile treatment



รูปที่ 5-14 Caustic stress corrosion cracking บริเวณท่อน้ำ

3) หม้อน้ำแบบตั้ง หรือหม้อน้ำขนาดเล็กที่มีความดันใช้งานในช่วง 0.5 – 10 บาร์ และอัตราการผลิตไอน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.5 ตันต่อชั่วโมง

ข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำที่ใช้สำหรับหม้อน้ำที่ผลิตจาก Low alloyed หรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ในการรับความร้อนหรือเผาไหม้ จากเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ไม้ ใบไม้ ถ่านไม้ เปลือกถั่ว ซังข้าวโพด หรืออื่นๆ ที่ใกล้เคียง โดยมีการป้อนเชื้อเพลิงด้วยมือ (Manual) หม้อน้ำจะต้องมีการออกแบบให้มีความสามารถในการผลิตไอน้ำต่อหน่วยพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (Specific steam product) น้อยกว่า 25 Kg/m^2-hr และต้องมีอุปกรณ์หรือจุดสำหรับการโบลว์ดาวน์หม้อน้ำอย่างเพียงพอ ส่วนระบายน้ำของหม้อน้ำนี้จะต้องสะดวกสำหรับการขจัดโคลน และตะกรันออกจากหม้อน้ำ แต่สำหรับหม้อน้ำที่มีการออกแบบให้มีความสามารถในการผลิตไอน้ำต่อหน่วยพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน มากกว่าหรือเท่ากับ 25 Kg/m^2-hr หรือออกแบบความดันใช้งานไว้มากกว่า 10 บาร์ หรือ อัตราการผลิตไอมากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 ตันต่อชั่วโมง หรือ

หม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันทุกชนิด หรือ สารไฮโดรคาร์บอน หรือ ก๊าซ แต่สำหรับหม้อน้ำที่ไม่ใช้ ให้ใช้ข้อแนะนำตามข้อแนะนำของหม้อน้ำแบบท่อไฟหรือแบบท่อน้ำ ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อที่ 1) และ 2) ข้างต้น

การปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อน้ำ โดยทั่วไปแล้วน้ำป้อนหม้อน้ำจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน เพื่อป้องกันโคลน หรือตะกรันเข้าไปเกิดในหม้อน้ำ ถ้าในกรณีที่น้ำป้อนหม้อน้ำไม่มีการบำบัดด้วยระบบถังกรองน้ำอ่อน อย่างน้อยน้ำป้อนหม้อน้ำต้องผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพด้วยเคมี หรือที่เรียกว่า ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบในหม้อน้ำ (Internal boiler water treatment, IBWT) ซึ่งต้องมีการเติมสารเคมีที่เหมาะสมและเพียงพอ นอกจากนี้ต้องมีการโบลว์ดาวน์ หรือเปลี่ยนน้ำในหลอดแก้วแสดงระดับน้ำ (Sight glass) อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง ข้อแนะนำนี้สามารถใช้ได้กับหม้อน้ำที่มีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบในหม้อน้ำทั้งที่มีการใช้งานร่วมกับระบบถังกรองน้ำอ่อน หรือไม่มีการใช้งานร่วมกันก็ได้ คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำป้อนหม้อน้ำและน้ำในหม้อน้ำสำหรับหม้อน้ำแบบตั้ง หรือหม้อน้ำขนาดเล็ก แสดงในตารางที่ 5-12 ถึง 5-13 ส่วนค่าตัวแปรตามที่กำหนดจะต้องถูกตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ ความถี่ในการทดสอบต้องเป็นไปตามคู่มือการใช้งานหม้อน้ำ สำหรับน้ำป้อนหม้อน้ำต้องมีการทดสอบอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง

ตารางที่ 5-11 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำป้อนหม้อน้ำและน้ำในหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบ Once through

รายการ	หน่วย	น้ำป้อนหม้อน้ำ	น้ำในหม้อน้ำ
pH value at 25 ^{o}C	-	6.6-9.0	11.0-11.8
Direct conductivity at 25 ^{o}C	μS/cm	<400	<4,000
Composite alkalinity (p-value)	ppm $CaCO_3$	-	<800
Composite alkalinity (m-value)	ppm $CaCO_3$	<80	<1,000
Chloride (Cl^-)	mg/L	<40	<400
Total solid	ppm $CaCO_3$	<400	<4,000
Total hardness (Ca and Mg)	ppm $CaCO_3$	0	<3
Calcium hardness	ppm $CaCO_3$	0	<3
Iron (Fe)	mg/L	<0.3	<1.0
Silica (SiO_2)	mg/L	<40	<400

ตารางที่ 5-12 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำป้อนหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบตั้ง หรือหม้อน้ำขนาดเล็ก

รายการ	หน่วย	มีระบบถังกรองน้ำอ่อน	มีการใช้ IBWT
Total hardness (Ca and Mg)	ppm $CaCO_3$	<10	<150
pH value at 25 ^{o}C	-	8.5-9.5	7.0-9.5
Composite alkalinity (p-value)	ppm $CaCO_3$	2.5-25	0-25
Oxygen	mg/L	<0.5	<2

ตารางที่ 5-13 คุณสมบัติแนะนำเพิ่มเติมของน้ำในหม้อน้ำ สำหรับหม้อน้ำแบบตั้ง หรือหม้อน้ำขนาดเล็ก

รายการ	หน่วย	มีระบบถังกรองน้ำอ่อน	มีการใช้ IBWT
Total hardness (Ca and Mg)	ppm $CaCO_3$	<10	<50
pH value at 25 °C	-	11.0-12.3	11.0-12.0
Direct conductivity at 25 °C	μS/cm	<5,000	<3,000
Composite alkalinity (p-value)	ppm $CaCO_3$	100-1,000	100-500
Phosphate (PO_4)	mg/L	10-20	10-40
Suspended solid	ppm	-	<50

5.2 เทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

น้ำที่ส่งมาจากท่อน้ำหลักหรือแหล่งต่างๆ เป็นน้ำที่ไม่บริสุทธิ์ ถ้าน้ำดังกล่าวถูกนำไปใช้โดยตรงในหม้อน้ำหรือในหม้อน้ำร้อนจะทำให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรุนแรง และตะกรันก็จะก่อตัวขึ้นมา ซึ่งจะทำให้ไปขัดขวางการถ่ายเทความร้อนและทำให้สิ้นเปลืองพลังงานด้วย

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนที่ไม่ดีเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการผลิตไอน้ำมากที่สุด ซึ่งส่งผลให้มีการระบายน้ำทิ้งจากหม้อน้ำมากเกินไป และที่สำคัญยิ่งไปกว่านั้นก็คือ ยังทำให้เกิดตะกรันขึ้นด้วย ซึ่งตะกรันเป็นสาเหตุทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง แม้แต่ในชั้นบางที่สุดก็ยังทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำลดลงอย่างมาก และท้ายที่สุดยังทำให้เกิดความผิดพลาดที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้

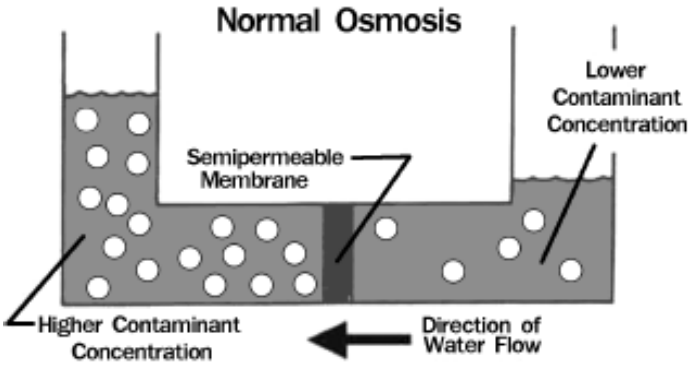
5.2.1 เทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อน

1) การปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการรีเวิร์สออสโมซีส

การปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการรีเวิร์สออสโมซีส (Reverse osmosis, RO) เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

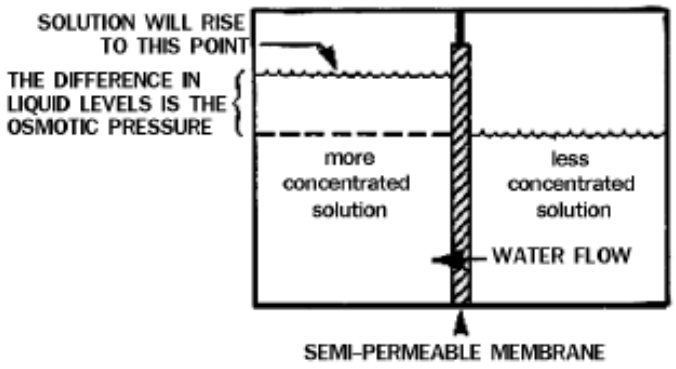
- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

ออสโมซีส (Osmosis) เป็นปรากฏการณ์ที่ของเหลวซึมผ่าน Semipermeable Membrane ซึ่งมีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ มีรูพรุน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.0001 ถึง 0.1 ไมครอน โดยที่โมเลกุลของตัวทำละลาย (Solvent) ของสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำซึมผ่าน Membrane ไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจนกระทั่งเกิดสภาวะสมดุลระหว่างความเข้มข้นของสารละลายทั้งสอง ความสามารถในการออสโมซีสของสารละลายขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารละลาย ได้แก่ ความดันออสโมติก (Osmotic Pressure) ความดันออสโมติกถือเป็นคุณสมบัติเฉพาะของสารละลาย มีหน่วยเป็นบรรยากาศ โดยความดันออสโมติกจะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจะมีความดันออสโมติกสูงกว่าสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำดังรูปที่ 5-15



รูปที่ 5.15 ปรากฏการณ์ออสโมซีส

รีเวิร์สออสโมซีส (Reverse Osmosis, RO) เป็นการบังคับให้เกิดการย้อนกลับของปรากฏการณ์ออสโมซีส โดยการให้ความดันไฮโดรลิก (Hydraulic Pressure) แก่สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อให้เกิดการออสโมซีส จากสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งความดันไฮโดรลิกที่ใส่เข้าไปต้องมีค่ามากกว่าความดันออสโมติกจึงจะเกิดการ RO ได้ดังรูปที่ 5-16



รูปที่ 5-16 ความดันออสโมติก

ตารางที่ 5-14 ปริมาณสารต่างๆ ที่ถูกกำจัดจากการรีเวิร์สออสโมซีส

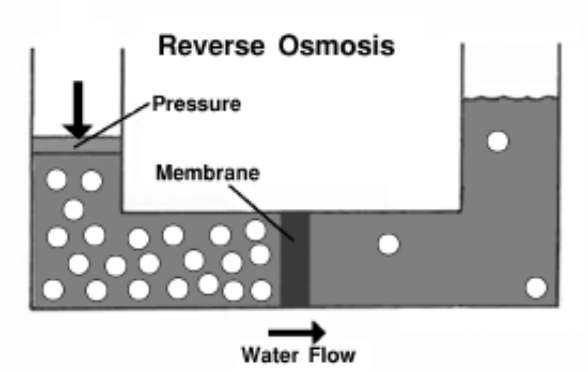
Contaminants	Rejection Laboratory Tests	Rate Range Field Tests
Nitrates	83-92%	92%
Tatal Dissolved Solid	95-99%	60-99%
Sulfates	90-98%	60-98%
Sodium	87-93%	60-93%

- ระบบ RO กับการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำ (Boiler Feed Water)

การปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานของหม้อน้ำ เนื่องจากหม้อน้ำต้องทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูง ดังนั้น ต้องมีการเตรียมน้ำป้อนหม้อน้ำให้มีคุณภาพดี เพื่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของหม้อน้ำ ยืดอายุการทำงานของหม้อน้ำ อีกทั้งยังช่วยลดการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำ การปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ การปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนโดยผ่านเครื่องกรองความกระด้าง (Water Softener) เพื่อป้องกันการก่อตัวของตะกรัน และลดการกัดกร่อน (Corrosion) ในหม้อน้ำและท่อไอน้ำ มีหลักการทำงานคือ การกำจัดไอออนในน้ำ (Deionization) โดยให้น้ำดิบผ่านสารเรซิน (Resin) เพื่อทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนที่อยู่ในน้ำกับไอออนที่ติดอยู่กับเรซิน ทำให้น้ำที่ผ่านออกมาเป็นน้ำอ่อน (Soft Water)

ระบบ RO ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนเนื่องมาจากสาเหตุหลัก คือ หลังจากผ่านเครื่องกรองความกระด้าง แม้ว่าความกระด้างจะหมดไปกลายเป็นน้ำอ่อน แต่ค่าสารละลายในน้ำ (Total Dissolved Solid, TDS) ยังคงมีค่าสูงอยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาตามมา คือ เกิดการ Foaming และ Carry Over ของไอน้ำที่ผลิตหากไม่มีการโบลว์ดาวน์อย่างเพียงพอ นอกจากนี้การนำระบบ RO มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนยังก่อให้เกิดการประหยัดหลายประการ ได้แก่ สามารถลดปริมาณสารเคมีที่เติมลงในน้ำดิบ ลดอัตราการโบลว์ดาวน์ ลดความเสียหายของระบบหม้อน้ำจากการกัดกร่อน และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในการดูแลระบบอีกด้วย

- แผนผังการใช้เทคโนโลยี



รูปที่ 5-17 ปรากฏการณ์รีเวิร์สออสโมซีส

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ข้อดี

- สามารถลดปริมาณสารเคมีที่เติมลงในน้ำดิบ
- ลดอัตราการโบลว์ดาวน์
- ลดความเสียหายของระบบหม้อน้ำจากการกัดกร่อน
- ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในการดูแลระบบ

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต
  ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการ Reverse osmosis (RO)

2) การปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำโดยการเติมสารเคมีลงไปในระบบ

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

น้ำในระบบหม้อน้ำที่มีการระเหยตลอดเวลา จะเกิดการสะสมของแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ ทำให้ความเข้มข้นของน้ำในระบบสูงขึ้นเรื่อยๆ น้ำที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการกัดกร่อนหรือสนิม และเกิดตะกรันขึ้นในระบบ ซึ่งส่งผลให้อายุการใช้งานของระบบนั้นๆ สั้นลง ต้องของบประมาณในการปรับปรุงซ่อมแซมเร็วกว่าที่ควรจะเป็น และที่สำคัญอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อบุคคล และทรัพย์สินได้โดยเฉพาะหม้อน้ำ

การใช้เคมีเป็นอีกวิธีหนึ่งของการปรับปรุงคุณภาพน้ำภายในที่ลงทุนต่ำที่สุด ซึ่งเป็นที่นิยมแพร่หลายมากที่สุดในขณะนี้ บริษัท Oracle Chemical ได้พัฒนาเคมีการปรับสภาพน้ำ (Water Treatment Chemical) เช่น เคมีป้องกันตะกรัน (B-11) เป็นสารประกอบฟอสเฟต (Phosphate) ที่ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมช่วยลดความกระด้าง (Hardness) ในน้ำและช่วยกำจัดตะกรันในหม้อน้ำได้ดี หรือเคมีป้องกันตะกรันและการกัดกร่อน (B-1122H) เป็นสารประกอบฟอสเฟตร่วมกับ Hydrazine อีกทั้งยังมีส่วนผสมของโพลีเมอร์ ทำให้สามารถกำจัดตะกรันและสนิมในหม้อน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะดวกในการใช้งาน สามารถใช้ได้ดีทั้งแบบที่ทำงานที่ความดันต่ำและความดันสูง

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ข้อดี

- B-11 และ B-1122H ช่วยกำจัดและป้องกันการเกิดตะกรันจำพวก Calcium Carbonate, Calcium Phosphate เป็นต้น
- B-11 และ B-1122H ช่วยปรับค่า pH ของหม้อน้ำให้พอเหมาะ ทำให้ลดปัญหาการกัดกร่อนเนื้อเหล็กได้ดี
- B-11 และ B-1122H สามารถสร้างฟิล์มป้องกันบนเนื้อเหล็ก ช่วยป้องกันการกัดกร่อนโดยการเกิดเป็นฟิล์มแมกเนไตต์
- B-11 และ B-1122H ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้า (กรณีตะกรันไปจับผิวที่ทำให้เกิดการ Load และเกิดการสูญเสียพลังงาน)
- B-1122H มีสารโพลีเมอร์ช่วยทำให้ตะกรันต่างๆ หลุดออกได้ง่าย

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำโดยการเติมสารประกอบฟอสเฟตลงไปในระบบ

5.4.2 เทคโนโลยีเครื่องอุ่นน้ำป้อน

ไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ หากปล่อยทิ้งไปสู่บรรยากาศ นอกจากจะเป็นการสูญเสียความร้อนไปโดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังเป็นการทำลายสภาพแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน (Economizer) เพื่อดึงความร้อนที่เหลืออยู่ในไอเสียกลับมาใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนให้สูงขึ้นก่อนป้อนเข้าสู่หม้อน้ำต่อไป

1) เครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบ Tube & Fin

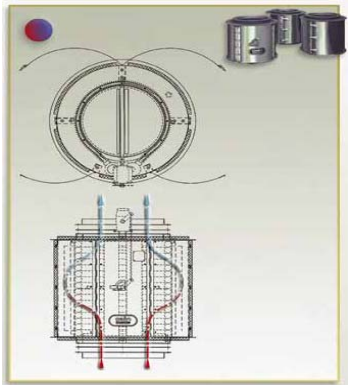
เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าพลังงาน และลดมลภาวะ

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

หลักการทำงานของ Economizer แบบ Tube & Fin จะประกอบด้วยท่อดัดและเพิ่มครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนจากปล่องไอเสียสู่น้ำป้อนที่จะวิ่งผ่าน Economizer เพื่อรับความร้อนจากไอเสียก่อนเข้าหม้อน้ำ ไอเสียเมื่อวิ่งผ่านครีบท่อจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำป้อนโดยที่น้ำป้อนวิ่งอยู่ภายในท่อ

Economizer แบบ Tube & Fin นี้จะมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบท่อกลม (Cylindrical Economizer) และ แบบท่อสี่เหลี่ยม (Rectangular Economizer)

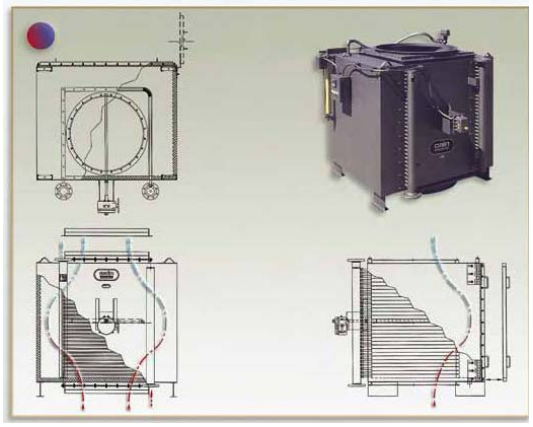
แบบท่อกลม หมายถึง ลักษณะของการวางท่อน้ำจะวางวนรอบเป็นวงกลมล้อมรอบปล่องไอเสีย ทำให้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา



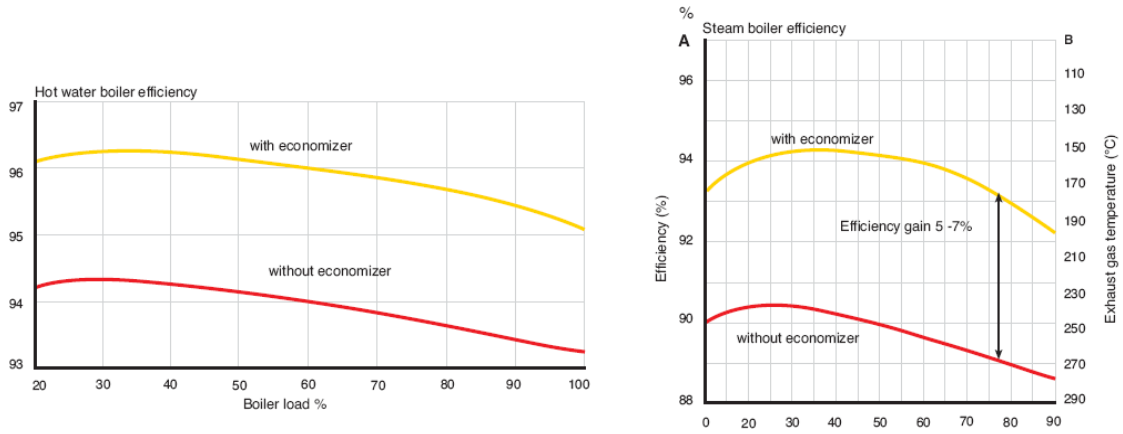
รูปที่ 5-18 Economizer แบบท่อกลม (Cylindrical Economizer)

แบบท่อสี่เหลี่ยม หมายถึง ลักษณะของการวางท่อน้ำจะวางวนรอบปล่องไอเสียเป็นแบบสี่เหลี่ยม ทำให้มีพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนมากกว่าแบบท่อกลม แต่ก็มีข้อเสีย คือ จะมีน้ำหนักมากกว่า

การติดตั้ง Economizer จะทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบเพิ่มขึ้นประมาณ 5-7% ขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ ขนาดหม้อน้ำ และสภาพการใช้งานของเครื่อง

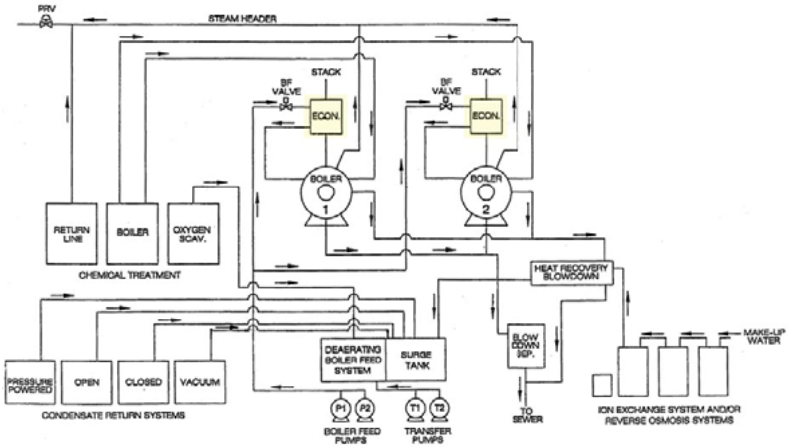


รูปที่ 5-19 Economizer แบบท่อสี่เหลี่ยม (Rectangular Economizer)



รูปที่ 5-20 ประสิทธิภาพของหม้อน้ำเมื่อทำการติดตั้ง Economizer

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 5-21 การประยุกต์ใช้ Economizer แบบ Tube & Fin

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

การนำความร้อนจากแก๊สเสียทิ้งมาใช้ในการอุ่นอากาศเผาไหม้ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาดีขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดน้อยลง จึงถือว่าเป็นอีกแนวทางในการลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้

เทคโนโลยีนี้มีระยะเวลาในการคืนทุนสั้นประมาณ 6 เดือนถึง 3 ปี

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การติดตั้ง Economizer แบบ Tube & Fin จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม คือ จะต้องติดตั้งปั๊ม เดินท่อน้ำ และดัดแปลงปล่องเพื่อติดตั้งตัว Economizer

- กรณีศึกษา

บริษัท Altivity Packaging, Santa Clara, CA, USA

- ได้รับความร้อนจากน้ำร้อน 1,300 GPM
- นำพลังงานกลับมาใช้ได้ 58,178,00 Btu/h ขณะรับภาระสูงสุด
- ประหยัดต้นทุน 3,263,000 เหรียญต่อปี

บริษัท Toyota Motor Manufacturing

- ใส่อุปกรณ์เข้าไปเพื่อนำพลังงานกลับมาใช้จากหม้อน้ำสามตัว
- ใช้หม้อน้ำต้มน้ำจาก 80ºF ไปเป็น 180ºF
- คืนทุนภายในเวลา 1.5 ปี

บริษัท Heinz, Inc., Stockton, CA, USA

- ใช้ Economizer แบบทรงกระบอกกับหม้อน้ำขนาด 350 HP
- นำพลังงานกลับมาใช้ได้ 1,264,00 Btu/h
- ประหยัดต้นทุน 105,900 เหรียญต่อปี
- ลดการปล่อย CO_2 732 ตันต่อปี
- นำน้ำกลับมาใช้ได้ 544,530 แกลลอนต่อปี

บริษัท Goodyear Tire & Rubber Co., Ltd.

- ใช้อุปกรณ์สองตัวเพื่อต้มน้ำ 180,00 lb/h จาก 70ºF ไปเป็น 180ºF
- นำพลังงานกลับมาใช้ได้ 20,700,000 Btu/h
- คืนทุนภายใน 1 ปี
- นำน้ำกลับมาใช้ได้ 11.4 ล้านแกลลอนต่อปี

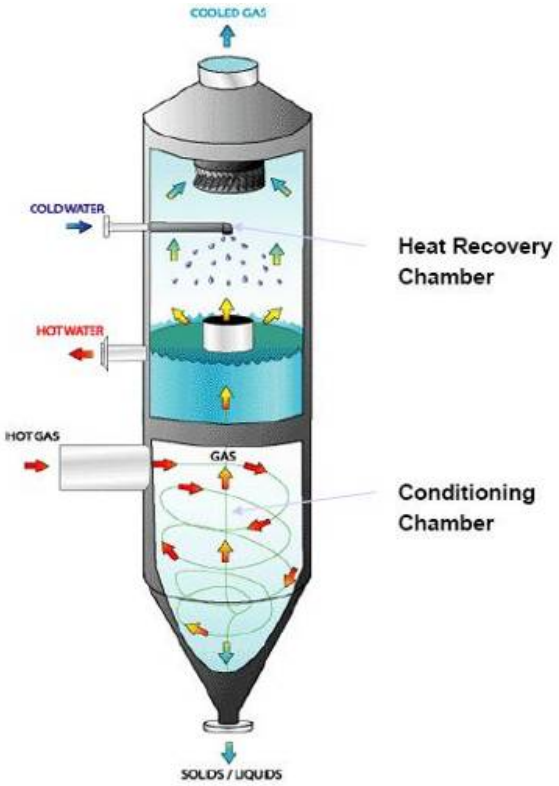
2) เครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบสัมผัสตรง

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ และหม้อน้ำแบบผสม ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าพลังงาน และลดมลภาวะ

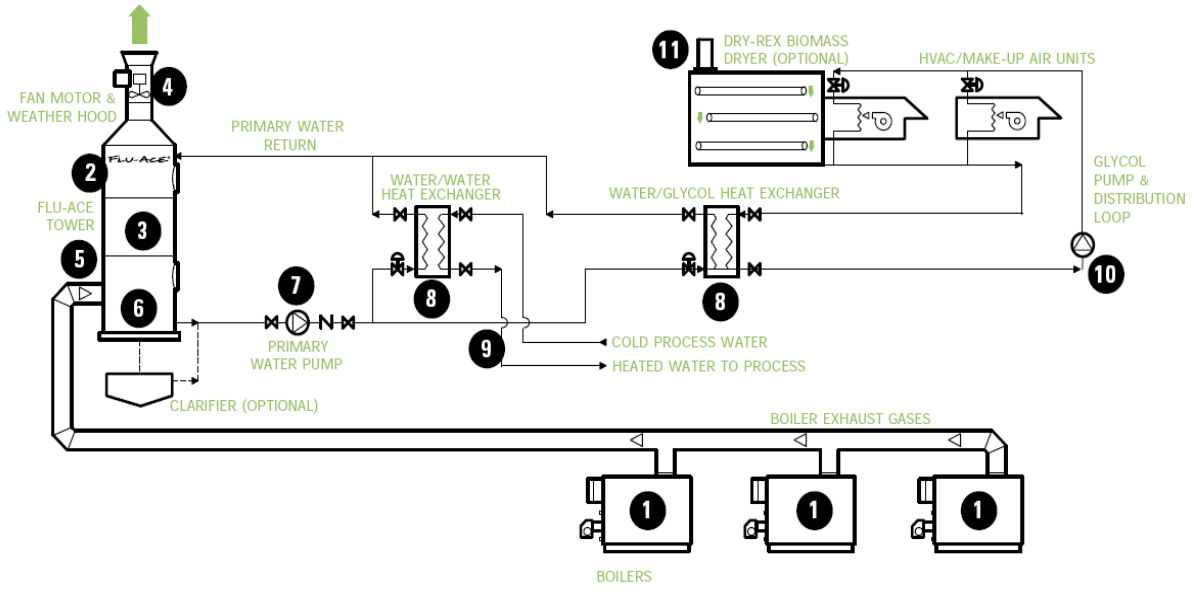
- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

หลักการทำงานของ Economizer แบบสัมผัสตรงนั้นเป็นการนำเอาแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้เข้าไปผ่านกระบวนการแยกของแข็ง (Cyclone) ให้ออกจากแก๊สภายในถังแรงดัน หลังจากผ่านกระบวนการนี้แล้วจะเหลือแต่แก๊ส และจะนำแก๊สนี้ไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำโดยตรง หลังจากสิ้นสุดกระบวนการจะได้อากาศที่เย็นและน้ำที่ร้อน ซึ่งอากาศที่เย็นจะถูกปล่อยทิ้งออกไป ส่วนน้ำที่ร้อนจะถูกส่งไปยังหม้อต้มน้ำ การใช้เทคโนโลยี Economizer แบบสัมผัสตรงสามารถทำให้ประหยัดพลังงานได้ 15-35%

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 5-22 เครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบสัมผัสตรง



รูปที่ 5-23 การใช้งาน Economizer แบบสัมผัสตรง

- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

  ข้อดี

  - ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสูงมาก และความดันสูญเสียทางด้านไอเสียต่ำ
  - ลดมลภาวะของอากาศ เช่น แก๊สเรือนกระจก
  - มีการคืนทุนเร็ว 1-3 ปี

  ข้อเสีย

  - น้ำที่ส่งไปยังหม้อน้ำมีคุณภาพด้อยลง
  - มีการกัดกร่อนโลหะ

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต
  - Pressure Vessel
  - Pump
  - Blower

- กรณีศึกษา

บริษัท NRG, San Francisco, CA, USA

- ประหยัดพลัง > 13 MBtu/h
- ประหยัดน้ำ > 8 ล้านแกลลอนต่อปี
- ลด CO_2 ได้ > 8,000 ตันต่อปี
- ประหยัดเชื้อเพลิง > 2,000 เหรียญต่อวัน
- ระยะเวลาคืนทุน < 1.3 ปี

บริษัท Seattle Steam Company

- ประหยัดพลัง > 14 MBtu/h
- ประหยัดน้ำ > 9 ล้านแกลลอนต่อปี
- ลด CO_2 ได้ > 9,000 ตันต่อปี
- ประหยัดเชื้อเพลิง > 2,000 เหรียญต่อวัน
- ระยะเวลาคืนทุน < 2 ปี

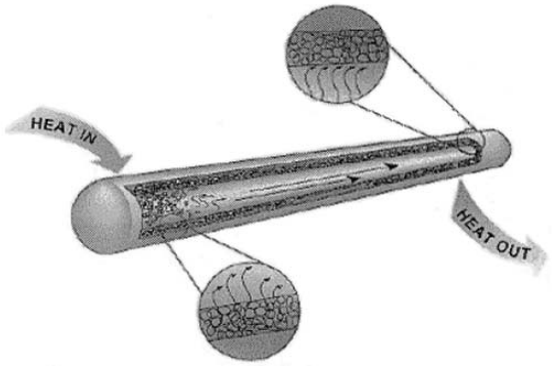
3) เครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบท่อความร้อน

เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานร่วมกับหม้อน้ำแบบท่อน้ำ หม้อน้ำแบบท่อไฟ หม้อน้ำแบบผสม และหม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าพลังงาน

- หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี

Economizer แบบ Heat Pipe หรืออีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลที่ร้อนกับน้ำเย็นก่อนเข้าหม้อน้ำ โดยอาศัยท่อความร้อนซึ่งมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนได้สูง ซึ่งประกอบด้วยท่อความร้อนเรียงกันเป็นแถวอยู่ในตัวเครื่อง แผ่นกั้นจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ของไหลร้อนและเย็นที่ไหลผ่านเครื่องปนกัน และยังช่วยในการยึดท่อความร้อนไว้อีกด้วย ของไหลร้อนจะไหลเข้าทางด้านส่วนทำระเหย และน้ำเย็นจะไหลเข้าทางด้านส่วนควบแน่น ท่อความร้อนที่ใช้สามารถใช้ได้ทั้งท่อความร้อนแบบมีวัสดุพรุน หรือท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน ในที่นี้เลือกศึกษา Economizer แบบ Heat Pipe ชนิดเทอร์โมไซฟอน เนื่องจากมีข้อดี คือ สร้างง่าย ราคาถูก และสะดวกในการติดตั้งในอุตสาหกรรม โดยที่เราจะให้ไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงไหลเข้าส่วนควบแน่นที่อยู่ด้านบน เทอร์โมไซฟอนจะทำหน้าที่ดึงเอาความร้อนจากไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงด้านล่างผ่านสารทำงานมาให้กับน้ำป้อนที่อยู่ด้านบน ทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยในการประหยัดพลังงานที่จะใช้ในการทำงานของหม้อน้ำได้

- แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี



รูปที่ 5-24 Economizer แบบ Heat Pipe

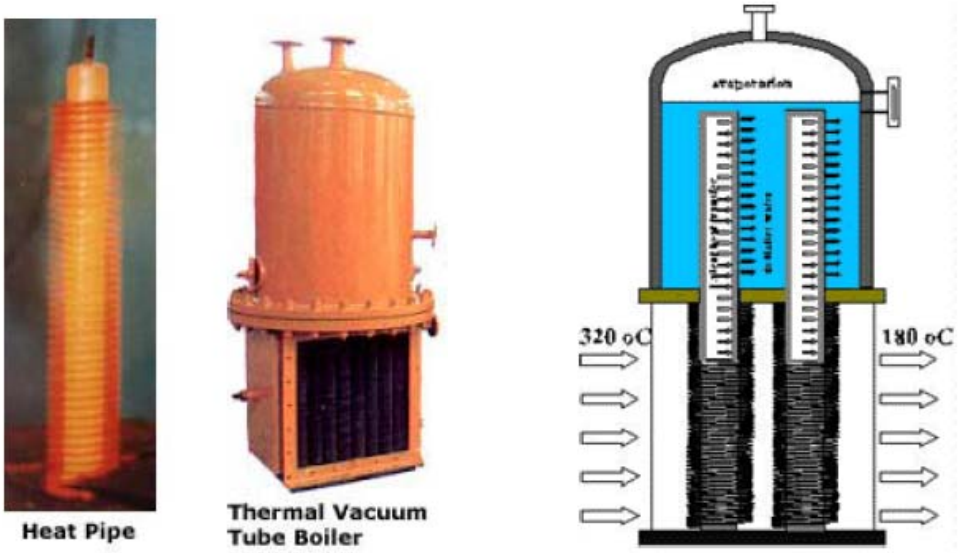
- ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี

ข้อดี

จุดเด่นของท่อความร้อน คือ ไม่มีการเคลื่อนไหว ไม่มีปั๊ม ไม่มีพัดลม ไม่ใช้ไฟฟ้า ไม่ใช้น้ำมัน มีลักษณะการทำงานตามธรรมชาติ และนอกจากการทำความสะอาดเป็นครั้งคราวแล้ว ก็ไม่ต้องดูแลรักษาอะไรเลย ข้อดีที่เห็นได้ชัดอีกข้อหนึ่ง คือ มีราคาไม่แพง

ข้อเสีย

ความสามารถในการนำความร้อนที่จำกัด



รูปที่ 5-25 อุปกรณ์สำหรับการทำ Economizer แบบ Heat pipe

- อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ไม่ค่อยมีความสลับซับซ้อนอะไรนัก สามารถที่จะนำไปใช้งานได้หลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ หรือว่าอากาศกับอากาศเอง แต่การใช้งานต้องมีการแบ่งโซนของของไหลอย่างชัดเจน แล้วนำเอาท่อความร้อนไปเป็นตัวกลางช่วยแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น การบรรจุท่อความร้อนอยู่ในกล่องที่มีการกั้นเป็นสองห้อง ห้องฝั่งหนึ่งจะมีของไหลร้อนไหลผ่าน ส่วนอีกห้องหนึ่งจะมีของไหลที่อุณหภูมิต่ำกว่าไหลผ่าน

บทที่ 6
กรณีศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

การใช้งานหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนอย่างถูกต้อง ตลอดจนการตรวจสอบสภาพ และการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ เป็นส่วนช่วยให้การทำงานเกี่ยวกับหม้อน้ำและหม้อต้มฯ เป็นไปด้วยความปลอดภัย ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างมีความสุข ไม่ต้องคอยหวาดระแวงว่าวันใดจะเกิดเหตุการณ์ไม่คาดฝันขึ้น ดังเช่นที่เคยเกิดขึ้นในอดีตมานับครั้งไม่ถ้วน นอกจากนี้หม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ที่ได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ยังสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น ไม่ติดขัด ส่งผลให้ผลผลิตมีคุณภาพ ลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ และยังเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

จากทั้ง 5 บทที่กล่าวมา ได้นำเสนอทั้งความรู้พื้นฐานและข้อแนะนำในการใช้งาน การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ตลอดจนอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบไอน้ำ ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน และระบบเชื้อเพลิง ผู้อ่านที่ได้ศึกษาเนื้อหาข้างต้นอย่างถ่องแท้แล้วอาจจะยังไม่สามารถจินตนาการถึงการนำความรู้และข้อแนะนำต่างๆ ไปใช้จริง หรืออาจยังไม่ตระหนักว่าปัญหาเพียงเล็กน้อยที่กำลังเกิดขึ้นกับระบบอยู่ในขณะนี้ จะลุกลามกลายเป็นปัญหาใหญ่ในอนาคตได้อย่างไร ดังนั้นเนื้อหาในบทนี้ จึงเป็นการหยิบยกปัญหาเกี่ยวกับหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่เกิดขึ้นจริง จากสถานประกอบการทั่วประเทศ พร้อมทั้งนำเสนอข้อแนะนำในการปรับปรุงทั้งตัวระบบและพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับระบบนั้นๆ ตลอดจนนำเสนอผลที่เกิดขึ้นหลังจากการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเน้นย้ำให้ผู้อ่านได้เห็นถึงความสำคัญของการใช้งาน การตรวจสอบสภาพ และการบำรุงรักษาหม้อน้ำ และหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

6.1 กรณีศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อน้ำ

6.1.1 กรณีศึกษาที่ 1: โรงงานกระดาษ

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน A จัดอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทกระดาษ มีผลิตภัณฑ์หลัก คือ กระดาษ (ใช้กระดาษ Recycle 100% ไม่มีการเติมเยื่อเพิ่ม) กำลังการผลิต 12,000 ton/yr มีการติดตั้งหม้อน้ำ 3 เครื่อง ใช้งาน 1 เครื่อง ใช้เชื้อเพลิง ขี้เลื่อย ส่วนอีก 1 เครื่อง เป็นเครื่องสำรอง และอีก 1 เครื่อง ไม่ได้ใช้งาน (เป็นหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเตา)

หม้อน้ำหมายเลข 1 แบบท่อไฟนอน ขนาดอัตราผลิตไอน้ำ 2,360 kg/hr ไม่ระบุมาตรฐานการผลิต

รูปที่ 6-1 หม้อน้ำ หมายเลข 1

หม้อน้ำหมายเลข 2 แบบท่อไฟนอน ขนาดอัตราผลิตไอน้ำ 6,022 kg/hr ไม่ระบุมาตรฐานการผลิต

รูปที่ 6-2 หม้อน้ำ หมายเลข 2

หม้อน้ำหมายเลข 3 แบบท่อไฟนอน ขนาดอัตราผลิตไอน้ำ 10,000 kg/hr ไม่ระบุมาตรฐานการผลิต ตรวจสอบเมื่อวันที่ 9 เมษายน 2552 ใช้ขี้เลื่อย (ใช้งานประจำ)

รูปที่ 6-3 หม้อน้ำ หมายเลข 3

- ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ ขึ้นทะเบียน 2 คน
- ระยะเวลาเดินเครื่อง 24 hr/day
- มีการจดบันทึกประจำวันในการควบคุมหม้อน้ำของผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ
- ไม่มีการจดบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงหม้อน้ำแต่อย่างใด
- อุณหภูมิปล่อง 160 °C อุณหภูมิผิวเปลือกเตาด้านนอกฉนวนวัดได้ 68 °C (เกินมาตรฐานเล็กน้อย)

2) ระบบน้ำป้อนหม้อน้ำ น้ำในหม้อน้ำ และคอนเดนเสท

- ใช้น้ำดิบ เป็นน้ำบ่อ มีระบบปรับคุณภาพน้ำเป็นแบบ ถังทราย + Softener (Resin) + มีการเติมสารเคมี
- มีรายงานผลการวิเคราะห์น้ำ
- pH น้ำป้อน 7.38 Hardness 65 / pH น้ำภายในหม้อน้ำ 12.15 และ TDS 3,300 PPM
- ล้างเกลือประมาณ 2 เดือน ต่อ 1 ครั้ง (โรงงานแจ้งว่ามีการตรวจวัดวิเคราะห์น้ำทุกกะ)
- การ Blow down แบบ Manual (2 hr / ครั้ง / วัน ครั้งละ 15 วินาที)
- มีการนำ Condensate กลับมาใช้อุ่นน้ำป้อน (Feed tank) ประมาณ 100% ได้อุณหภูมิประมาณ 50 °C
- ประวัติการล้างตะกรันด้วยสารเคมี ครั้งสุดท้ายเมื่อ ส.ค. 2551 (2 ปี ล้างครั้ง)

3) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

ปัญหา ข้อบกพร่องที่พบ ในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบหม้อน้ำของโรงงาน A ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ สำหรับโรงงาน A

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำขึ้นทะเบียน 2 คน แต่มีการทำงาน 3 กะ 24 ชม. ซึ่งอาจไม่เพียงพอ จึงอาจมีผู้ควบคุมอื่นที่ยังไม่ผ่านการอบรม	หากมีพนักงานควบคุมหม้อน้ำที่ยังไม่ผ่านการอบรมเรื่องหม้อน้ำ ควรส่งพนักงานเข้าอบรมเพื่อให้มีความรู้และสามารถควบคุมแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องปลอดภัย
ติดตั้งหม้อน้ำทั้งสิ้น 3 เครื่อง หมายเลข 1 หยุดใช้งาน หมายเลข 2 เป็นเครื่องสำรอง หมายเลข 3 ใช้งานประจำ	หมายเลข 1 ที่มิได้ใช้งานควรทำหนังสือ แจ้งขอหยุดการใช้งานชั่วคราว ไปที่ สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อจะได้ไม่ต้องตรวจทดสอบประจำปี (ประหยัดค่าตรวจ)
หม้อน้ำ หมายเลข 1 ไม่ได้ใช้งานเลยเป็นปีแล้ว แต่เก็บรักษาหม้อน้ำแบบเปียก ซึ่งไม่ถูกต้องทำให้เกิดการผุกร่อนภายในด้านสัมผัสน้ำ	ควรเก็บแบบแห้ง โดยวิธี ดังนี้ 1. จุดเตาอุ่นหม้อน้ำให้ร้อนประมาณ 1 ชม. 2. ดับไฟ ระบายไอน้ำทิ้งให้หมด Blow Down น้ำในหม้อน้ำออกให้หมด เปิดฝาหอยบนทิ้งไว้เพื่อให้ความร้อนที่สะสมอยู่ระเหยน้ำและความชื้นภายในหม้อน้ำออกจนหมด 3. นำปูนขาวหรือสารดูดความชื้นใส่ถาดวางไว้ภายในหม้อน้ำให้ทั่ว และปิดฝาหอย วาล์วทุกตัว ช่องทุกช่องที่อากาศสามารถเข้าได้ให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศเข้า 4. ตรวจสอบปูนขาวหรือสารดูดความชื้นเป็นระยะ และเปลี่ยนทุกครั้งที่สารแข็งตัว
โรงงานแจ้งว่ามีไฟฟ้าดับบ่อย	1. กรณีที่ไฟฟ้าดับผู้ควบคุมหม้อน้ำต้องดับไฟในห้องเผาไหม้เพื่อป้องกันความร้อนทำให้น้ำในหม้อน้ำแห้ง และต้องตรวจสอบระดับน้ำในหม้อน้ำก่อนเดินเครื่อง 2. ควรตรวจสอบระบบควบคุมปั๊มน้ำเข้าหม้อน้ำอัตโนมัติว่าหากน้ำแห้ง สัญญาณเตือนภัยทำงานแล้วปั๊มน้ำทำงานด้วยหรือไม่ (หากปั๊มน้ำทำงานขณะที่สัญญาณน้ำแห้งทำงานให้แก้ไขโดยด่วน ที่ถูกต้องเมื่อสัญญาณน้ำแห้งทำงานปั๊มต้องไม่ทำงานจนกว่าจะบิดปุ่มควบคุมไปที่ Manual)

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
บันทึกประจำวันในการควบคุมหม้อน้ำ รายละเอียดการตรวจสอบไม่ครบถ้วน	ควรจัดทำบันทึกประจำวันแยกหม้อน้ำแต่ละเครื่อง โดยให้มีรายละเอียดการตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัยให้ครบถ้วน เช่น ระดับน้ำในหลอดแก้ว การตรวจสอบการทำงานของระบบสัญญาณเตือนภัย ช่วงเวลาการ Blow Down เป็นต้น โดยเน้นการทำงานจริงของผู้ควบคุมฯ ตามตัวอย่างในบทที่ 2
ระบบน้ำป้อนหม้อน้ำ 1.ใช้น้ำดิบจากน้ำบ่อ 2.น้ำดิบผ่านเครื่องกรองทราย และ เรซิน 3. น้ำจากเรซินเข้าถังเก็บ (ซึ่งต่อท่อร่วมกับ Feed Tank ซึ่งตั้งอยู่ระดับพื้นทำให้ระดับน้ำใน Feed Tank จะเท่ากับน้ำในถังเก็บตลอดเวลา) มีระบบนำ Condensate กลับมาผสม ทำให้น้ำมีอุณหภูมิประมาณ 50°C ขึ้นอยู่กับปริมาณ Condensate 4. มีการเติมสารเคมีป้องกันตะกรัน และจับออกซิเจนในน้ำ 1.มีการล้างเกลือเรซิน 2 เดือน ต่อ 1 ครั้ง ทำให้ค่า Hardness ยังสูง 2. ถัง Feed Tank อยู่ในระดับพื้นหากอุณหภูมิน้ำสูงอาจเกิดปัญหาเรื่อง Cavitations 3. ถัง Feed Tank ไม่มีฉนวนหุ้มเกิดการสูญเสียความร้อน อีกทั้งมีขนาดใหญ่ (50,000 ลิตร) ทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นช้าและต้องใช้พลังงานมาก 4. ไม่มีหลอดแก้วบอกระดับน้ำถัง Feed Tank 5. pH น้ำในหม้อน้ำ 12.15 (สูงเกินมาตรฐาน)	1.ควรปรับช่วงเวลาการล้างเกลือให้เหมาะสมโดยควบคุมค่า Hardness ไม่ให้เกิน 10 ppm 2. ควรยกถัง Feed Tank ให้สูงและปรับปรุงท่อทางดูดของปั๊มให้ใหญ่เพื่อป้องกันการเกิด Cavitations หากเพิ่มอุณหภูมิน้ำได้อีกก็จะสามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิง แต่ต้องคำนึงถึง Spec ของปั๊มน้ำด้วยว่าเหมาะสมหรือไม่ 3. ควรหุ้มฉนวนถัง Feed Tank เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน 4.ควรติดตั้งหลอดแก้วพร้อมเครื่องป้องกันที่ถัง Feed Tank เพื่อสามารถตรวจสอบระดับน้ำได้ตลอดเวลา 5. ควรควบคุมค่า pH น้ำในหม้อน้ำ ไม่ให้เกิน 11.8 โดยการเพิ่มการ Blow Down และ/หรือควบคุมปริมาณสารเคมีเข้าหม้อน้ำ

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ระบบ Condensate Return เครื่องใช้ไอน้ำหรือเครื่องจักรในการผลิตหลายเครื่อง ต่อท่อ Condensate ร่วมกันมาเข้า Steam Trap ชุดเดียว แล้วส่งเข้าถังพัก Condensate 1 (T=88°C) แล้วไหลไปถังพัก Condensate 2 (T=68°C) แล้วปั๊มส่งไปที่ Feed Tank (T=50°C) โดยรอ Condensate ให้ได้ระดับประมาณ 300 ลิตร จึงปั๊มส่งครั้งหนึ่ง 1. ระบบ Condensate ใน Line ผลิตที่ระบายน้ำออกจากเครื่องจักรหลายเครื่องแล้วรวมกันมาที่ Steam Trap เพียงชุดเดียว ไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม 2. อุณหภูมิ Condensate ลดลงเรื่อยๆ จากต้นทาง 88 °C เหลือ 50°C เนื่องจากถังและอุปกรณ์ไม่ได้หุ้มฉนวน จึงเกิดความสูญเสียความร้อนมาก 3. การรอสะสมปริมาณ Condensate ให้ได้ 300 ลิตร จึงปั๊มส่ง จะทำให้ Condensate มีช่วงเวลาสูญเสียความร้อนมากขึ้น 4. Header Tank บางชุดไม่ได้ติดตั้ง Steam Trap ระบาย Condensate ใต้ถัง (ใช้คนเปิด-ปิดวาล์วระบายด้วยมือ ซึ่งไม่แน่นอนอาจเป็นเหตุให้เกิด Carry Over) 	1. ควรปรับเปลี่ยนวิธีการติดตั้ง Steam Trap ให้ถูกต้อง โดยเครื่องจักรหนึ่งเครื่องต่อ Steam Trap หนึ่งชุด ซึ่งจะสามารถลดขนาด Steam Trap ลงแต่จะเพิ่มจำนวนมากขึ้น (อาจเป็นการลงทุนที่สูง) 2. ควรหุ้มฉนวนถัง Condensate 1 , 2 และระบบท่อทางเดิน เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน 3. ควรปรับลดปริมาณการสะสม Condensate เพื่อส่งต่อให้น้อยลง อาจปรับให้เหลือ 50-100 ลิตร แล้วส่งครั้งหนึ่ง (ส่งน้อยแต่ถี่) เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน 4. ควรติดตั้ง Steam Trap ระบาย Condensate ใต้ถัง Header Tank

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ไม่มีการจดบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงหม้อน้ำ	ควรจัดทำบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงหม้อน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความเสียหายของหม้อน้ำอย่างเป็นระบบ
เกจวัดความดันไอน้ำและแท่งแก้วบอกระดับน้ำในหม้อน้ำไม่มีเครื่องหมายแสดงระดับใช้งานปกติและระดับอันตราย	ควรทำเครื่องหมายแสดงระดับใช้งานปกติและระดับอันตราย ที่เกจวัดความดันและแท่งแก้วบอกระดับน้ำ เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย
หม้อน้ำหมายเลข 2 ท่อระบายไอน้ำของลิ้นนิรภัย (Safety Valve) ไม่ได้เจาะรูระบายน้ำใต้ท่อ	ควรเจาะรูระบายน้ำใต้ท่อระบายไอน้ำของลิ้นนิรภัย (Safety Valve) เพื่อป้องกันน้ำขังซึ่งจะทำให้บ่าวาล์วเป็นสนิมและเกิดการขัดตัวค้างได้
ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิปล่องอัตโนมัติ (Flue Gas Thermostat)	ควรติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิปล่องอัตโนมัติ (Flue Gas Thermostat) ที่หม้อน้ำแต่ละเครื่อง พร้อมต่อวงจรส่งสัญญาณเตือนด้วยแสงและเสียง เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ลิ้นกันกลับที่ท่อส่งน้ำเข้าหม้อน้ำใช้ปั๊ม 2 ชุด มีลิ้นกันกลับเพียง 1 จุด เวลาเปลี่ยนการทำงานของปั๊มจะต้องปิด-เปิด วาล์วบังคับทิศทางให้ถูกต้อง ซึ่งหากผู้ควบคุมไม่ชำนาญหรือไม่เข้าใจอาจปิด-เปิด วาล์วผิดได้ซึ่งอาจมีผลให้น้ำไม่เข้าหม้อน้ำ	ควรติดตั้งลิ้นกันกลับเพิ่มอีก 2 จุด ที่ทางออกของปั๊มแต่ละเครื่อง จะทำให้สามารถเปิดวาล์วทุกตัวทิ้งไว้ได้และขณะเปลี่ยนการทำงานของปั๊มก็ไม่จำเป็นต้องปิด-เปิด วาล์วบังคับทิศทางทุกครั้ง

6.1.2 กรณีศึกษาที่ 2: โรงงานเครื่องมือทางการแพทย์

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน B เป็นโรงงานผลิตเครื่องมือทางการแพทย์ ใช้หม้อน้ำชนิดท่อน้ำขนาด 1.5 ton/hr จำนวน 3 เครื่อง อายุการใช้งาน 9 ปี เปิดใช้งานเฉลี่ยวันละ 2 เครื่อง ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ทั้ง 3 เครื่องมีการปรับตั้งระดับของ Pressure Switch เหลื่อมกัน เพื่อให้หม้อน้ำทำงานครั้งละ 1 เครื่อง โดยสลับหมุนเวียนกันเป็นเครื่องหลักทุกสัปดาห์ ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด A มีถังเก็บน้ำมัน 2 ส่วน คือ Underground Tank และ Service Tank ใช้ไอน้ำอุ่นเชื้อเพลิง ใน Service tank ที่อุณหภูมิ 70 $^{\circ}$C ก่อนส่งเข้าเผาไหม้ ลักษณะการใช้ไอน้ำมีการใช้งานทั้งแบบ Direct Steam และ Indirect Steam โดยใช้ในการกลั่นน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต เป็นแบบ Indirect Steam และใช้ในการอบฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งใช้ทั้งแบบ Direct Steam และ Indirect Steam

2) ระบบน้ำป้อนหม้อน้ำ น้ำในหม้อน้ำ และคอนเดนเสท

ถังน้ำป้อนขนาด 6,000 ลิตร

- น้ำป้อนหม้อน้ำ เป็นน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเช่นเดียวกับที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยผ่าน Softener และเติมเคมี
- โดยน้ำที่ใช้ป้อนหม้อน้ำเป็น น้ำที่ได้จากกระบวนการหล่อเย็นในการผลิตน้ำกลั่น อุณหภูมิประมาณ 90 $^{\circ}$C ร่วมกับน้ำ Condensate บางส่วน

3) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

ปัญหา ข้อบกพร่องที่พบ ในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบหม้อน้ำของโรงงาน B ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ สำหรับโรงงาน B

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	สาเหตุ/ข้อเสนอแนะ
หัวเผาใช้น้ำมันเตา A เป็นเชื้อเพลิง หัวฉีดสึกหรอเร็วมาก สกปรก อุดตันบ่อย จุดเตายาก ต้องมีการล้างหัวฉีดทุกสัปดาห์ และมีเขม่าสะสมมากที่ปล่องไอเสีย ประมาณ 0.6 m^2/month ต้องมีการขจัดเขม่าออกจากปล่องทุกๆ 3 เดือน ถังน้ำมันเตาฝังอยู่ใต้ดินยังไม่เคยล้าง	สาเหตุเกิดจากน้ำมันเตามีน้ำและตะกอนของแข็งที่เผาไหม้ไม่ได้เจือปนอยู่ ซึ่งตามมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน ยอมให้มีสิ่งเจือปนได้ไม่เกิน 1 % โดยปริมาตร แต่โดยส่วนใหญ่น้ำมันเตาจะมีน้ำและตะกอนของแข็งที่เผาไหม้ไม่ได้ปนอยู่ประมาณ 0.2-0.3 % ดังนั้นเมื่อมีการใช้น้ำมันเตาทุกๆ 1 ล้านลิตร จะมีน้ำและตะกอนของแข็งที่เผาไหม้ไม่ได้หรือโคลนน้ำมันเจือปนสะสมอยู่ในถังเก็บน้ำมันประมาณ 2-3 m^3 เมื่อมีการใช้น้ำมันเตาต่อเนื่องมาหลายปี น้ำมันเตาจะสกปรกมากจากโคลนน้ำมันและของแข็งที่เผาไหม้ไม่ได้ จึงเป็นสาเหตุของปัญหาต่างๆ

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	สาเหตุ/ข้อเสนอแนะ
ปัญหาต่อเนื่องที่เกิดจากน้ำมันเตาสกปรกมากจากโคลนน้ำมันและของแข็งที่เผาไหม้ไม่ได้ เช่น 1. น้ำมันหนืดเหนียว ไหลยากเมื่ออากาศเย็น มีการอุดตันที่ Strainer บ่อย 2. ปั๊มน้ำมันชำรุดสึกหรอเร็ว 3. มีถ่านและตะกอนแข็งเกาะอยู่ภายในเครื่องอุ่นน้ำมัน (Electric Heater) การอุ่นน้ำมันอาจอุ่นได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่ปรับตั้งไว้มาก เครื่องอุ่นน้ำมันมักร้อนจัดจน Electric Heater ไหม้ 4. ถ่านและตะกอนแข็งจาก Electric Heater จะค่อยๆแตกตัวและไหลเข้าสู่หัวฉีด ทำให้หัวฉีดสึกหรอเร็วจากการกัดกร่อน 5. หัวฉีดสกปรกและเกิดการอุดตันง่าย การฉีดน้ำมันเฉียงไปด้านใดด้านหนึ่ง จากปัญหาต่างๆ ข้างต้น ทำให้การฉีดพ่นน้ำมันไม่เป็นฝอยละเอียด การผสมคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึง ติดเตายาก มีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เกิดเขม่าควันดำสะสมและระบายออกที่ปล่องไอเสีย ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม	1. ควรจัดให้มีการล้างถังเก็บน้ำมันเตา และ Daily Tank ทุกๆ 1-2 ปี/ครั้ง โดยขอรับบริการจากผู้จัดจำหน่ายน้ำมัน การล้างถังน้ำมันเตา ต้องระมัดระวังเรื่อง Confine Space และก๊าซที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานด้วย 2. ควรล้าง Strainer และ Electric Heater อย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง 3. ควรตรวจสภาพและล้างนมหนูอย่างน้อย 1-3 เดือน/ครั้ง 4. ควรมีการระบายน้ำมันใต้ Daily Tank เพื่อตรวจสอบน้ำและโคลนน้ำมันอย่างน้อย 3 เดือน/ครั้ง หัวฉีดมีคราบน้ำมันเปรอะเปื้อน
น้ำอ่อนที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับเครื่องทำน้ำกลั่น มีอุณหภูมิประมาณ 90 °C น้ำร้อนส่วนใหญ่ระบายทิ้ง และนำมาใช้เป็นน้ำป้อนหม้อน้ำเพียงส่วนน้อย	ควรนำน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 90 °C ส่วนที่ระบายทิ้ง มาใช้อุ่นน้ำมันเตาที่ถังเก็บน้ำมันเตา Daily Tank หรืออุ่นน้ำมันก่อนเข้า Electric Heater

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	สาเหตุ/ข้อเสนอแนะ
ถังน้ำป้อนหม้อน้ำ ติดตั้งสูงจากปั๊มน้ำเพียงประมาณ 1-3 m ถ้ามีการนำคอนเดนเสทมาผสมกับน้ำป้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 100 ^{o}C อาจทำให้ปั๊มน้ำชำรุดและสูบน้ำไม่เข้าหม้อน้ำ (เกิด Cavitation) ซึ่งทำให้เกิดภาวะน้ำแห้ง ต้องหยุดใช้หม้อน้ำและรอจนกว่าระดับน้ำในหม้อน้ำจะกลับสู่ระดับปกติ (น้ำป้อนหม้อน้ำเป็นน้ำระบายทิ้ง โดยมาจากน้ำอ่อนที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับเครื่องทำน้ำกลั่นและมีอุณหภูมิประมาณ 90 ^{o}C) ถังน้ำป้อนหม้อน้ำสูงจากปั๊มน้ำประมาณ 1-3 m	**สาเหตุ** น้ำป้อนที่มีอุณหภูมิสูงใกล้จุดเดือดของน้ำ ถ้าติดตั้งถังน้ำป้อนสูงจากปั๊มน้ำน้อยเกินไป จะทำให้น้ำในท่อดูดน้ำเดือดเป็นไอหรือเกิด Cavitation ที่หน้าปั๊มน้ำ **การปรับปรุงแก้ไข ป้องกัน** ถ้าอุ่นน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 100 ^{0}C ต้องยกถังน้ำป้อนให้สูงจากปั๊มน้ำ ไม่น้อยกว่าประมาณ 5.0 m เพื่อป้องกันน้ำในท่อดูดน้ำเดือดเป็นไอหรือเกิด Cavitation ที่หน้าปั๊มน้ำ ถ้าไม่สามารถยกถังน้ำป้อนให้สูงจากปั๊มน้ำเกินกว่า 3 m เพื่อความปลอดภัยและสามารถใช้หม้อน้ำได้อย่างต่อเนื่อง ควรรักษาระดับน้ำในถังน้ำป้อนให้เต็มถังตลอดเวลา และรักษาอุณหภูมิน้ำป้อนให้ไม่เกิน 90 ^{0}C ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายจากการสูบน้ำไม่เข้าหม้อน้ำ ซึ่งทำให้เกิดภาวะน้ำแห้ง ต้องหยุดใช้หม้อน้ำและรอจนกว่าระดับน้ำในหม้อน้ำจะกลับสู่ระดับปกติ

6.1.3 กรณีศึกษาที่ 3: โรงงานอาหารสัตว์

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน C ใช้หม้อน้ำ 2 เครื่อง เป็นหม้อน้ำชนิด Fire Tube จำนวน 2 เครื่อง มีการใช้งานแบบ Direct Steam โดยพ่นเข้าสู่เครื่องอัดเม็ด เพื่อผลิตอาหารสัตว์

เครื่องที่ 1 อายุการใช้งาน 16 ปี ติดตั้ง พ.ศ. 2537 ความดันออกแบบ 13 บาร์เกจ อัตราการผลิตไอน้ำ 1,725 kg/hr Heating Surface ~30 m^2 เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด C หัวเผาแบบ Pressure Atomized ห้องเผาไหม้แบบ Reversing Chamber ควบคุมการเผาไหม้แบบ Low-High ความดันใช้งาน 8 bar

รูปที่ 7-4 หม้อน้ำเครื่องที่ 1 ขนาด 1,725 kg/hr

เครื่องที่ 2 อายุการใช้งาน 8 ปีสร้างโดย GETABEC ยี่ห้อ SCHNEIDER KESSEL ความดันออกแบบ 10 บาร์เกจ อัตราการผลิตไอน้ำ 2,000 kg/hr Heating Surface 37 m^2 ติดตั้ง พ.ศ. 2544 หัวเผาแบบ Pressure Atomized ควบคุมการเผาไหม้แบบไฟมาก-น้อย เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด C ความดันไอน้ำใช้งาน 8 bar

รูปที่ 6-5 หม้อน้ำเครื่องที่ 2 อัตราการผลิตไอน้ำ 2,000 kg/hr

2) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

<u>ปัญหาที่ 1</u>

ในขณะที่ใช้หม้อน้ำเพื่อผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดบางเบอร์ที่ต้องการไอน้ำมาก ไอน้ำจะมีน้ำปนมาก ความดันไอน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว น้ำในหม้อน้ำเกิดการกระเพื่อมอย่างรุนแรง หัวเผาตัดดับและไม่สามารถจุดเตาได้ เครื่องอัดเม็ดฝืดติดขัด และเกิดการสูญเสียผลผลิต ปัญหานี้มักเกิดกับหม้อน้ำเครื่องที่ 1 (1.7 Ton/hr)

สาเหตุ

จากปัญหาการใช้งาน สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุ ได้ดังนี้

1. น้ำดิบมีคุณภาพต่ำมาก TDS ของน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1300 ppm, Hardness เฉลี่ยประมาณ 860 ppm, Chloride เฉลี่ยประมาณ 160 ppm และยังอาจมีเหล็กหรือสารละลายอื่นๆ ปนเปื้อนอยู่ น้ำบาดาลที่มีเหล็กและคลอไรด์ปนมาก จะทำให้ Resin เสื่อมประสิทธิภาพและอายุสั้น

2. น้ำป้อนหม้อน้ำมีคุณภาพต่ำมาก น้ำผ่าน Softener มีค่า TDS เฉลี่ยประมาณแ1300 ppm, Hardness เฉลี่ย >10 ppm, Chloride เฉลี่ยประมาณ 160 ppm การปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลด้วยเครื่องทำน้ำอ่อนเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถลด TDS, Chloride หรือเหล็กได้ หม้อน้ำมีโอกาส เกิดตะกรันซึ่งทำให้ประสิทธิภาพหม้อน้ำลดลง และมีการกัดกร่อนสูง

3. น้ำในหม้อน้ำมี TDS สูงเกินไป (ตามข้อกำหนด TDS ในหม้อน้ำไม่ควรเกิน 3500 ppm) เช่น 18,400 ppm (ตรวจวิเคราะห์ 23/2/2552), 8,670 ppm (ตรวจวิเคราะห์ 8/4/2552), 17,300 ppm (ตรวจวิเคราะห์ 15/5/2552) ซึ่งแสดงถึงการ Blow down ที่ยังไม่เพียงพอ หรือขาดความสม่ำเสมอทำให้น้ำในหม้อน้ำเกิดฟองและเกิดการเดือดปะทุอย่างรุนแรง ไอน้ำมีน้ำปนมาก

4. มีการจ่ายไอน้ำอย่างมากทันทีทันใด เพื่อผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดบางเบอร์ที่ต้องการไอน้ำมาก หม้อน้ำผลิตไอน้ำไม่ทัน เกิดการเดือดปะทุอย่างรุนแรง ทำให้ไอน้ำมีน้ำปนมาก (Carry Over) ประกอบกับต้องมีการ Blow down มาก จึงมีการสูญเสียน้ำมากทั้งที่ปนไปกับไอน้ำและจากการระบายน้ำ ระดับน้ำในหม้อน้ำจึงลดลงอย่างทันทีทันใด

5. มีการป้อนน้ำเย็นเข้าหม้อน้ำในปริมาณมาก ทำให้เกิดความดันไอน้ำภายในหม้อน้ำลดลง น้ำในหม้อน้ำจึงเกิดการกระเพื่อมอย่างรุนแรง อุณหภูมิและความดันในหม้อน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว และทำให้ระดับน้ำในหม้อน้ำลดลงอย่างทันทีทันใด จนเครื่องสูบน้ำป้อนน้ำไม่ทัน เกิดภาวะน้ำแห้ง ระบบ Low Water Cut-off ตัดดับการทำงานของหัวเผา และไม่สามารถจุดเตาได้ ต้องรอจนกว่าน้ำในหม้อน้ำจะกลับคืนสู่ระดับปกติ

6. ความดันและอุณหภูมิไอน้ำลดลงอย่างรวดเร็วจากการตัดดับของหัวเผา ไอน้ำที่มีความดันต่ำและมีน้ำปนมาก มีค่าความร้อนต่ำมาก อาหารสัตว์เกิดความหนืดเหนียวและแข็ง ทำให้เครื่องอัดเม็ดติดขัดจนมอเตอร์หยุดหมุน และเกิดการสูญเสียผลผลิต

การปรับปรุงแก้ไข และการป้องกันปัญหา

สามารถทำได้โดย

1. ปรับปรุงและควบคุมคุณภาพน้ำภายในหม้อน้ำ
2. ปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าหม้อน้ำ

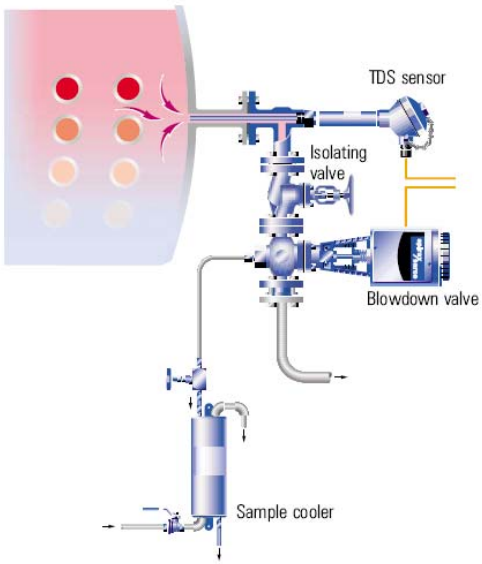
1. การปรับปรุงและควบคุมคุณภาพน้ำในหม้อน้ำ

การปรับปรุงและควบคุมคุณภาพน้ำภายในหม้อน้ำ แม้เป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ แต่จำเป็นต้องทำเพื่อความปลอดภัยในการใช้หม้อน้ำ และรักษาประสิทธิภาพในการใช้ไอน้ำ ซึ่งทำได้ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ติดตั้งระบบ Intermittent Blow down Valve (เป็นอุปกรณ์เดิมที่ติดตั้งไว้แล้ว) แต่ต้องมีการปรับตั้งระยะเวลาในการ Blow down และระยะเวลาในการเปิดวาล์วให้เหมาะสม โดยควบคุม TDS ในหม้อน้ำให้มีค่าไม่เกิน 3,500 ppm ทั้งนี้ต้องมีการเก็บตัวอย่างของน้ำที่ระบายมาตรวจสอบ TDS อย่างน้อยกะละครั้ง วิธีนี้ จะช่วยทำให้ปัญหาไอน้ำมีน้ำปนมาก (Carry Over) ลดลง แต่การสูญเสียน้ำและความร้อนจากการ Blow down ยังทำให้สิ้นเปลืองน้ำและเชื้อเพลิงมาก และอาจมีผลทำให้หม้อน้ำผลิตไอน้ำได้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

รูปที่ 6-6 Intermittent Blow down Valve

วิธีที่ 2 ติดตั้งระบบวาล์วระบายน้ำแบบต่อเนื่อง (Continuous Blow down Valve) เพิ่มจากวิธีที่ 1 ระบบนี้จะเน้นการระบายน้ำที่ผิวน้ำ (Surface Blow down) โดยติดตั้ง Electric Conductivity Sensor เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมการเร่งหรี่วาล์วระบายอัตโนมัติ ตามความเข้มข้นของ EC วิธีนี้สามารถนำน้ำร้อนจากการระบายไปเข้า Flash Vessel เพื่อแยกไอน้ำความดันต่ำไปใช้งาน เช่น อุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำในถังไล่อากาศ และแยกน้ำร้อนไปเข้าเครื่อง Heat Exchanger เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมันเตาหรือน้ำป้อนหม้อน้ำ ปัญหาไอน้ำมีน้ำปนมาก (Carry Over) จะลดลง การสูญเสียน้ำยังสูงเหมือนวิธีที่ 1 แต่สามารถนำความร้อนที่สูญเสียจากการ Blow down กลับมาใช้ใหม่ ทำให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลง และหม้อน้ำยังสามารถผลิตไอน้ำได้เพียงพอต่อการใช้งาน



รูปที่ 6-7 ระบบควบคุม TDS แบบอัตโนมัติ

2. การปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าหม้อน้ำ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าหม้อน้ำ กระบวนการนี้เป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ หรือ Root Cause สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ใช้น้ำดิบหรือน้ำบาดาลจากแหล่งเดิม แต่ปรับปรุงให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยลด TDS, Hardness และของแข็งละลายน้ำลง ด้วยกระบวนการทำน้ำให้ใส (Clarifier) และผ่าน Softener

วิธีการนี้ ควรมีวิศวกรเคมีเป็นที่ปรึกษา ต้องมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลอย่างละเอียด หากพบว่า Hardness ในน้ำบาดาลอยู่ในรูปของความกระด้างชั่วคราวมาก ควรใช้วิธีการทางเคมี เช่น การเติมปูนขาว โซดาแอช สารส้ม และโพลีเมอร์ เพื่อทำให้ความกระด้างชั่วคราวตกตะกอน แล้วผ่านกระบวนการทำน้ำให้ใส (Clarifier) ผ่านการกรองด้วยทรายเพื่อขจัดของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอน และเก็บสำรองน้ำในบ่อพักน้ำ ขั้นตอนนี้จะทำให้ TDS, และ Hardness ลดลงได้ระดับหนึ่ง จากนั้นสูบผ่านถังกรองคาร์บอนกัมมันต์ ขจัดคลอรีนเพื่อป้องกัน
เรซินเสียหาย แล้วจึงผ่าน Softener ตามระบบเดิม

วิธีที่ 2 ใช้น้ำดิบหรือน้ำบาดาลจากแหล่งเดิม แต่ปรับปรุงให้มีคุณภาพดีขึ้น ด้วยกระบวนการทำน้ำให้ใส (Clarifier) และผ่านระบบการทำน้ำบริสุทธิ์ (Demineralization) หรือผ่านระบบการซึมแบบย้อนกลับ (Reverse Osmosis)

วิธีนี้ จะได้น้ำป้อนที่ปราศจากแร่ธาตุ มีความบริสุทธิ์สูง การลงทุนสร้างระบบแพง แต่ได้น้ำป้อนคุณภาพสูง การระบายน้ำในหม้อน้ำจะน้อยมาก ประหยัดน้ำและพลังงานมาก

วิธีที่ 3 จัดหาน้ำดิบจากแหล่งใหม่ที่มีคุณภาพดี แล้วปรับปรุงคุณภาพตามวิธีที่ 1 หรือ 2

กรณีนี้ ถ้าได้น้ำดิบที่มีคุณภาพดี และสามารถส่งน้ำได้ด้วยระบบท่อ การลงทุนเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อน จะมีต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำกว่า วิธีที่ 1 และ 2

ปัญหาที่ 2

หัวฉีดสกปรกและสึกหรอเร็วมาก ต้องเปลี่ยนนมหนูใหม่ ทุกๆ 2-3 สัปดาห์ เนื่องจากนมหนูชำรุดเสียหายไม่สามารถฉีดน้ำมันได้เป็นฝอย

รูปที่ 6-8 ระบบหัวฉีดน้ำมันเตา

สาเหตุ

น้ำมันเตามีน้ำ โคลนตะกอน และทรายละเอียด ปนอยู่ประมาณ 0.2-0.3% มีการใช้น้ำมันเตาต่อเนื่องมาเกิน 10 ปี โดยไม่มีการล้างถังเก็บน้ำมันเตา ทำให้มีน้ำ โคลนน้ำมัน ทรายละเอียด สะสมในถังและไหลเข้าสู่หัวฉีด จึงทำให้ไส้กรองน้ำมันสกปรกอุดตัน ปั๊มน้ำมันชำรุดสึกหรอเร็ว เครื่องอุ่นน้ำมันไฟฟ้า Electric Heater สกปรกมีถ่านแข็งเกาะ ทำให้น้ำมันไม่ร้อน ต้องตั้งอุณหภูมิในการอุ่นน้ำมันเตาที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติ ทำให้ Electric Heater ชำรุดขาดบ่อย ผงถ่านคาร์บอน และทรายละเอียดจะเสียดสีกับรูหัวฉีดทำให้ชำรุดอายุการใช้งานสั้นลง

การปรับปรุงแก้ไข และการป้องกันปัญหา

โรงงานได้จัดให้มีการล้างถังน้ำมันเตาเมื่อ วันที่ 29 มิถุนายน 2552 แล้ว แต่ยังไม่ได้ล้าง ไส้กรองน้ำมัน ถังพักน้ำมันใต้หัวฉีด และเครื่องอุ่นน้ำมันด้วยไฟฟ้า ปัญหาจึงยังคงเกิดขึ้น แต่เกิดช้าลงแนะนำกำหนดแผนการล้างถังน้ำมัน ไส้กรองน้ำมัน ถังพักน้ำมันใต้หัวฉีด และล้างเครื่องอุ่นน้ำมันด้วยไฟฟ้าให้เหมาะสม โดยพิจารณาจากการใช้งานและขนาดถัง เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของตะกอนน้ำมัน นอกจากนั้นภายหลังการล้างถังน้ำมันแล้ว ควรทำการ Flush ระบบส่งจ่ายน้ำมัน เพื่อไล่ตะกอนที่ตกค้างในระบบออก

ปัญหาที่ 3

เมื่อมีการใช้งานหม้อน้ำขนาด 1.6 ton/h (หม้อน้ำสำรอง ทำงานประมาณอาทิตย์ละ 1 วัน เนื่องจากหม้อน้ำขนาด 2 ton/hr ต้องมีการซ่อมบำรุงบ่อย) เมื่อมีการเปิดการใช้งานเครื่องอัดเม็ด มักเกิด Carry Over ของน้ำในหม้อน้ำ

สาเหตุ

การเกิด Carry Over เนื่องจากหม้อน้ำไม่สามารถผลิตไอน้ำได้เพียงพอต่อการใช้งาน ในช่วงที่เปิดไอเข้าสู่เครื่องอัดเม็ด ทำให้ความดันในหม้อน้ำลดลงอย่างรวดเร็วและเกิดการ Carry Over ขึ้น รวมทั้งเกิดจากคุณภาพของน้ำในหม้อน้ำที่มีค่า TDS สูง ทำให้เกิดการเดือดปะทุที่ผิวหน้าของน้ำมากขึ้น และมีน้ำรวมทั้งของแข็งละลายน้ำต่างๆ หลุดไปพร้อมกับไอน้ำ

การปรับปรุงแก้ไข และการป้องกันปัญหา

การแก้ปัญหาในด้านคุณภาพน้ำ จะช่วยลดการ Carry Over ลง ในส่วนที่ไอน้ำไม่พอใช้ ถ้าพิจารณาแล้วมีความจำเป็นต้องใช้งาน พิจารณาการลงทุน Steam Accumulator หรือเปลี่ยนหม้อน้ำให้เป็นขนาดที่เหมาะสม

6.1.4 กรณีศึกษาที่ 4: โรงแรม D

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงแรมและระบบหม้อน้ำ

โรงแรม D มีหม้อน้ำ จำนวน 1 เครื่อง ความดันสูงสุด 10 บาร์ เป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟนอน ขนาด 0.9 ton/hr ใช้น้ำมันเตาเกรด C เป็นเชื้อเพลิง

2) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

ปัญหา ข้อบกพร่องที่พบ ในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบหม้อน้ำของโรงแรม D ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6-3

ตารางที่ 6-3 ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ สำหรับโรงแรม D

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ถังพักไอไม่มีอุปกรณ์ความปลอดภัย	ให้ติดตั้งลิ้นนิรภัยที่ถังพักไอ
เกจวัดความดันของหม้อน้ำและถังพักไอไม่ตรงกัน (5/7 Bar)	ให้สอบเทียบเกจวัดความดันให้สามารถแสดงค่าที่ถูกต้อง
สภาพพื้นที่ห้องหม้อน้ำไม่เหมาะสม	ควรปรับปรุงห้องหม้อน้ำให้เป็นไปตามกฎหมาย
วาล์วหลอดแก้วชำรุด และปิดขณะใช้งาน	ให้ซ่อมหรือเปลี่ยนวาล์วหลอดแก้ว และหากอุปกรณ์ความปลอดภัยชำรุดห้ามใช้งานหม้อน้ำเครื่องดังกล่าว (ให้เดินอีกเครื่องก่อนจนกว่าจะซ่อมเสร็จ)
ถังน้ำป้อนมีการอุ่นที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ 80 ^{0}C ทำให้ไม่ประหยัดพลังงาน และถังน้ำเกิดการผุกร่อนชำรุด	ควรอุ่นน้ำให้มีอุณหภูมิประมาณ 103-105 ^{0}C (ติดตั้งถังไล่อากาศ)
ถังน้ำป้อนติดตั้งมีความสูงน้อยอาจเกิดปัญหาส่งน้ำเข้าหม้อน้ำไม่ได้ หรือปั๊มชำรุด และถังน้ำป้อนไม่มีอุปกรณ์ที่จำเป็น	- ติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ และซ่อมหลอดแก้ววัดระดับที่ถังน้ำป้อน - ควรยกถังพักให้สูงขึ้น - ติดตั้งเป็นถังไล่อากาศ
เกจวัดความดัน และอุปกรณ์แสดงระดับน้ำไม่มีสัญลักษณ์	ทำสัญลักษณ์การใช้งานให้ชัดเจน
ผลวิเคราะห์ความกระด้างน้ำเกินมาตรฐานมาก	ปรับปรุงน้ำป้อนและล้างเกลือให้มีค่าน้อยกว่า 10 ppm
ผลวิเคราะห์สารละลายแขวนลอยใกล้เคียงมาตรฐาน	เพิ่มการถ่ายน้ำเป็น 3 ครั้งต่อวัน
ตรวจวิเคราะห์น้ำไม่เพียงพอ ซึ่งอาจมีผลทำให้เครื่องกรองชำรุดเร็วกว่าปกติ	ควรตรวจสอบค่าคลอไรด์ และเหล็ก เพิ่มเติม

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
อุณหภูมิสูงประมาณ >300 ^{0}C อาจเกิดความเสียหายของหม้อน้ำ (หม้อน้ำ 4 PASS)	- ตรวจสอบและทำความสะอาดท่อไฟ - ตรวจสอบการลัดทางของเปลวไฟ - ตรวจสอบตะกรันภายในหม้อน้ำ
ผนังหลังมีอุณหภูมิสูงส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนในปริมาณมาก	ตรวจสอบอิฐทนไฟผนังหลัง หากชำรุดให้ซ่อม
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิปล่องแสดงค่าไม่ตรงกับค่าจากเครื่องมือวัด	ให้สอบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิปล่อง
ตรวจวัดอากาศการเผาไหม้ได้1.2%	ปรับแต่งอากาศในการเผาไหม้ (ข้อสังเกต: อากาศน้อยแต่อุณหภูมิปล่องสูง)
มีการต่อท่อไอน้ำไปใช้แต่วาล์วชำรุดมีการรั่วตลอดเวลา	ซ่อมวาล์วและท่อที่ชำรุด
เป็นสถานประกอบการโรงแรม และตั้งในชุมชน ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด C	ศึกษาความเป็นไปได้และจุดคุ้มทุนในการใช้แก๊ส LPG
ในส่วนของหม้อต้มน้ำร้อนรับแจ้งว่าไม่เคยเปิดดูส่วนแลกเปลี่ยนความร้อน	ควรตรวจสอบและทำความสะอาดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในหม้อต้ม

6.1.5 กรณีศึกษาที่ 5: โรงงานนม

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน E เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมนม มีผลิตภัณฑ์หลักคือนมเปรี้ยว นมพาสเจอร์ไรส์ นมปรุงแต่ง นมยูเอชที มีการใช้งานหม้อน้ำ 2 เครื่อง ความดันใช้งาน 120 psi ใช้เชื้อเพลิง LPG จากถังเก็บขนาดใหญ่ 4 ถัง (มีน้ำมันเตาเกรด A เป็นระบบสำรอง)

หม้อน้ำหมายเลข 1 เป็นแบบท่อไฟนอน ผลิตได้มาตรฐานขนาดอัตราผลิตไอน้ำ 12,075 lb/hr

รูปที่ 6-9 หม้อน้ำหมายเลข 1

หม้อน้ำหมายเลข 2 เป็นแบบท่อไฟนอน ผลิตได้มาตรฐาน ขนาดอัตราผลิตไอน้ำ 22,425 lb/hr

รูปที่ 6-10 หม้อน้ำหมายเลข 2

- ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำขึ้นทะเบียนเรียบร้อยและมีจำนวนเหมาะสมเพียงพอกับระยะเวลาเดินเครื่อง 24 hr/day
- มีการจดบันทึกประจำวันในการควบคุมหม้อน้ำของผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ

- มีการจดบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงหม้อน้ำ
- เคยมีการนำ Condensate กลับมาใช้อุ่นน้ำมันเตาโดยใช้ท่อน้ำพันรอบปล่องไอเสีย แต่เลิกใช้เพราะทำให้ปล่องผุกร่อนรั่ว
- อุณหภูมิปล่อง 175 ^{o}C

2) ระบบน้ำป้อนหม้อน้ำ น้ำในหม้อน้ำ และคอนเดนเสท

- ใช้น้ำดิบ น้ำบ่อ มีระบบปรับคุณภาพน้ำเป็นแบบ Softener (Resin) จำนวน 3 ถัง (ขนาดใหญ่)
- มีการเติมสารเคมี มีการใช้ Chemical Pump
- มีรายงานผลการวิเคราะห์น้ำ ตรวจวัดโดย Lab ของโรงงานเอง pH น้ำป้อน = 6.5 Hardness = 0 ppm / pH ภายในหม้อน้ำ = 11 / 12 TDS = 1100 / 4700 ppm (No.1 / No.2)
- มีอุปกรณ์ตรวจวัด TDS Indicator
- ล้างเกลือเรซิน 3 วัน/ครั้ง
- การ Blow Down แบบ Manual 1 ครั้ง/วัน (24 ชั่วโมง)
- มีการนำCondensate กลับมาใช้อุ่นน้ำป้อน (Feed Tank) ประมาณ 70% ได้อุณหภูมิประมาณ 85 ^{o}C
- ไม่เคยล้างตะกรันด้วยสารเคมี

3) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

ปัญหา ข้อบกพร่องที่พบ ในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบหม้อน้ำของโรงงาน E ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6-4

ตารางที่ 6-4 ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ สำหรับโรงงาน E

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
บันทึกประจำวันของผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ - รายละเอียดการตรวจสอบยังไม่ครอบคลุมการตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัย	- ควรเพิ่มรายละเอียดการตรวจสอบอุปกรณ์ให้ครอบคลุมการตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น ระดับน้ำในหลอดแก้ว การตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ความปลอดภัยและระบบสัญญาณเตือนภัย ช่วงเวลาการ Blow Down เป็นต้น (โดยเน้นการทำงานจริงของผู้ควบคุมฯ)

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
- ถังเก็บ LPG จำนวน 1 ถัง จากทั้งหมด 4 ถัง มีค่าความต้านทานของสายดินที่สูงกว่า 5 ohm - ไม่มีการตรวจสอบความชื้นของ LPG ก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ 	- ติดตั้งสายดินใหม่ - ติดตั้งเครื่องวัดความชื้น LPG
การใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงกับหม้อน้ำ - เนื่องจากเคยมีอุบัติเหตุเกิดการระเบิดที่ห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำที่ใช้ Bio Gas เป็นเชื้อเพลิงมาแล้วหลายครั้งซึ่งมีสาเหตุเดียวกัน 	ควรศึกษาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ และสอบถามบริษัทฯผู้ติดตั้งถึงหลักการทำงานของระบบควบคุมก๊าซและวิธีการตรวจสอบบำรุงรักษา เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการตรวจสอบบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยเฉพาะระบบควบคุมก๊าซที่ใช้กับหม้อน้ำ ต่อไป

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
- ถัง Deaerator อุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำโดยใช้ Condensate และ Steam มีอุณหภูมิประมาณ 85°C มีขนาดความจุถังประมาณ 2,000 ลิตร ยกสูงจากพื้นประมาณ 3 เมตร มีขนาดค่อนข้างเล็กเกินไปเมื่อเทียบกับขนาดหม้อน้ำทั้ง 2 ลูก ซึ่งใช้น้ำประมาณ 15,000 ลิตร/ชม. จึงทำให้ Steam ที่ใช้อุ่นต้องใช้ในปริมาณมากเพราะน้ำที่ผ่าน Deaerator Tank จะผ่านเร็ว 	- หากต้องการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมากกว่านี้อาจต้องระวังเรื่องการเกิด Cavitations หากเพิ่มอุณหภูมิน้ำได้อีกก็จะสามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิง แต่ต้องคำนึงถึง Spec ของปั๊มน้ำด้วยว่าเหมาะสมหรือไม่ - ควรเพิ่มขนาดความจุของ Deaerator Tank ให้เหมาะสมกับอัตราการป้อนน้ำเข้าหม้อน้ำด้วย เพื่อสามารถควบคุมทั้งปริมาณน้ำ และอุณหภูมิน้ำ ได้อย่างเหมาะสม
Economizer - ระบบ Economizer เลิกใช้งานเนื่องจากเกิดการผุกร่อนในช่วงที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง (คาดว่าอาจเกิดจากก๊าซซัลเฟอร์ที่เหลือจากการเผาไหม้เมื่ออุณหภูมิไอเสียต่ำกว่า 160°C จึงเกิดการกลั่นตัวของก๊าซซัลเฟอร์เกิดเป็นกรดซัลฟูริก)	- ในปัจจุบันหม้อน้ำของโรงงานเปลี่ยนมาใช้ LPG Gas เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งไม่มีส่วนผสมของซัลเฟอร์จึงไม่มีปัญหาเรื่องการผุกร่อนจากก๊าซซัลเฟอร์ ซึ่งน่าจะนำระบบ Economizer ที่มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนมาใช้ในการอุ่นน้ำเพื่อลดการใช้พลังงานจาก Steam
น้ำทิ้งจากใน Line - โรงงานแจ้งว่าในกระบวนการล้างจะมีน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นน้ำดี อุณหภูมิประมาณ 50°C ปริมาณประมาณ 20,000 ลิตร/วัน	ควรศึกษาข้อมูลการใช้ความร้อนของโรงงานอย่างละเอียดเพื่อกำหนดมาตรการในการใช้ความร้อนที่เหลือทิ้งอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
แท่งแก้วบอกระดับน้ำในหม้อน้ำ No.1 เครื่องหมายแสดงระดับน้ำอาจผิดพลาดเนื่องจากขณะตรวจสอบพบว่าระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับควบคุม(ขีดล่างสุด) แต่ระบบสัญญาณเตือนภัยไม่ทำงานแต่อย่างใด	ควรตรวจสอบระดับเครื่องหมายที่หลอดแก้วให้ถูกต้องตามข้อเท็จจริง
Safety Valve หลังหม้อน้ำทั้ง 2 เครื่อง ไม่ได้ต่อท่อระบายไอน้ำออกนอกอาคาร	ควรติดตั้งท่อระบายไอน้ำที่ Safety Valve เพื่อป้องกันเรื่องความร้อนและเสียงภายในอาคาร

6.1.6 กรณีศึกษาที่ 6: โรงงานสิ่งทอ

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน F เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีผลิตภัณฑ์หลักคือเสื้อไหมพรม มีการใช้งานหม้อน้ำแบบท่อไฟ ขนาด 0.5 ton/hr จำนวนรวม 1 เครื่อง และขนาด 0.3 ton/hr จำนวนรวม 1 เครื่องโดยเครื่องขนาด 0.5 ton/hr ใช้งานวันละ 9 ชั่วโมง สำหรับเครื่องขนาด 0.3 ton/hr ไว้สำรองใช้งาน

2) ปัญหา และข้อบกพร่อง

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำของโรงงาน พบว่ามีไอน้ำถูกปล่อยทิ้งจำนวนมากจากกระบวนการรีดผ้า โดยไอน้ำที่ใช้จะถูกฉีดพ่นโดยตรงไปยังผ้าที่ต้องการ ซึ่งจะถูกควบคุมโดยวาล์วพ่นไอน้ำที่ตัวเตารีด ในการรีดจะต้องพยายามไม่ให้มีน้ำเจือปนไปกับไอน้ำ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดรอยคราบบนตัวผ้าได้ เจ้าหน้าที่จึงเปิดวาล์ว Bypass เพื่อปล่อยให้ไอน้ำไหลออกผ่านท่อคอนเดนเสทตลอดเวลาเพื่อไม่ให้มีน้ำค้างอยู่ในท่อ ซึ่งโดยปกติจะต้องปิดวาล์ว Bypass และเปิดเป็นครั้งคราวเท่านั้นซึ่งเป็นปัญหาหลักที่จะต้องรีบเร่งดำเนินการแก้ไข

รูปที่ 6-11 การปล่อยทิ้งไอน้ำก่อนการปรับปรุง

3) ข้อเสนอแนะ และแนวทางการปรับปรุง

ในกระบวนการรีดผ้ามีไอน้ำถูกปล่อยทิ้งจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อจะแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทีมงานอนุรักษ์พลังงานจึงวางแผนที่จะดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้คือ

1. ปรับวิธีการใช้งานของเตารีดไอน้ำ (Steam Iron Shoe) โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการเปิด-ปิดวาล์วด้านขาออกไอน้ำของเตารีด จากเปิดวาล์วในอัตรา 1 ใน 3 ของการเปิดทั้งหมดเป็นปิดในขณะไม่ใช้งาน แต่ถ้าใช้งานให้ทำการระบายน้ำที่กลั่นตัวภายในเตารีดทิ้งออกก่อนเสมอ

2. นำไอน้ำ และคอนเดนเสทที่ถูกระบายออกจากเตารีดไอน้ำไปอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำ

3. ทำการปรับปรุงความสูงของถังน้ำป้อน เนื่องจากเมื่อนำไอน้ำและคอนเดนเสทที่ถูกระบายออกจากเตารีดไอน้ำมาใช้ทำให้อุณหภูมิของน้ำป้อนมีค่า 95°C (ค่าที่ได้มาจากการตรวจวัด) เพื่อป้องกันปัญหา Cavitation

รูปที่ 6-12 การปล่อยทิ้งไอน้ำหลังการปรับปรุง

4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ควรทำการปรับปรุงความสูงของถังน้ำป้อนโดยเร่งด่วนเนื่องจากเมื่อนำไอน้ำและคอนเดนเสทที่ถูกระบายออกจากเตารีดไอน้ำมาใช้ทำให้อุณหภูมิของน้ำป้อนมีค่าสูงเพื่อป้องกันปัญหา Cavitation และจากการปรับวิธีการใช้งานเตารีดไอน้ำ พบว่ายังมีน้ำปนออกมากับไอน้ำอยู่เป็นระยะๆ ทำให้ไม่สามารถปิดวาล์ว Bypass ได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงควรปรับเปลี่ยนแนวการเดินท่อไอน้ำให้มีความชันเพิ่มขึ้นเพื่อให้แน่ใจว่าน้ำที่ค้างอยู่สามารถไหลไปยังตำแหน่งของ Steam Trap ปรับเปลี่ยนตำแหน่ง Steam Trap ให้ท่อน้ำที่แยกออกไปยัง Steam Trap ดึงมาจากด้านล่างของท่อหลักเพื่อให้มั่นใจว่าท่อไอน้ำไม่มีน้ำตกค้างอยู่ในท่อ และการต่อท่อแยกเพื่อป้องกันน้ำที่ค้างอยู่ในท่อออกมาพร้อมกับไอน้ำ โดยให้ท่อแยกมีความสูงและต่อในแนวดิ่ง

6.1.7 กรณีศึกษาที่ 7: โรงงานย้อมสี

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน G เป็นโรงงานที่มีการใช้งานถังต้มย้อมสีผลิตภัณฑ์สิ่งทอ จำนวน 7 ถัง โดยมีน้ำร้อนที่ถูกทำความร้อนด้วยไอน้ำที่ผลิตจากหม้อน้ำขนาดพิกัด 3.1 ตัน/ชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ขนาดความดันประมาณ 7-8 บาร์เกจ จ่ายไปตามระบบท่อไอน้ำ ส่งเข้าถังต้มแต่ละถัง โดยมีเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

2) ปัญหา และข้อบกพร่อง

จากการสำรวจระบบท่อจ่ายไอน้ำที่ต่อแยกเข้าถังต้มแต่ละถังพบว่าฉนวนหุ้มมีสภาพเก่าและชำรุด โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นอุปกรณ์ Valve และ ข้อต่อต่างๆ ไม่มีการหุ้มฉนวน โดยที่สามารถวัดอุณหภูมิผิวท่อส่วนที่ไม่มีการหุ้มฉนวนได้ประมาณเฉลี่ยที่ 160 °C ทำให้มีการสูญเสียความร้อนเป็นจำนวนมาก

รูปที่ 6-13 ท่อไอน้ำที่ไม่มีการหุ้มฉนวน

3) ข้อเสนอแนะ และแนวทางการปรับปรุง

การที่ไม่มีฉนวนหุ้มในส่วนของอุปกรณ์ท่อไอน้ำทำให้ผิวท่อมีอุณหภูมิสูงประมาณ 160 °C ทำให้สูญเสียความร้อนสู่บรรยากาศภายในโรงงานเป็นจำนวนมาก เนื่องจากอุปกรณ์ valve ต่างๆ มีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนเทียบเท่าประมาณท่อตรงที่ความยาว 1 เมตร ดังนั้นควรซ่อมแซมและหุ้มฉนวนใยแก้วขนาดความหนา 1 นิ้ว สำหรับอุปกรณ์ในระบบท่อไอน้ำนอกเหนือจากการหุ้มฉนวนในส่วนท่อตรง เพื่อลดการสูญเสียความร้อน

4) ผลจากการปรับปรุง

ได้ดำเนินการหุ้มฉนวนท่อและอุปกรณ์เข้าถังต้มทำให้มีอุณหภูมิผิวท่อหลังหุ้มฉนวนที่เฉลี่ยประมาณ 42 – 50 °C

รูปที่ 6-14 ท่อไอน้ำได้รับการหุ้มฉนวนหลังทำการปรับปรุง

6.1.8 กรณีศึกษาที่ 8: โรงงานแปรรูปไม้

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน H เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ มีการผลิตไอน้ำโดยใช้หม้อน้ำจำนวน 2 เครื่อง แบบท่อไฟนอน ขนาด 11.8 ตัน/ชั่วโมง จำนวน 1 เครื่องและขนาด 6 ตัน/ชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง ผลิตไอน้ำที่ความดันเฉลี่ย 4.5-5 บาร์ มีการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด ประกอบด้วยเชื้อเพลิงปีกไม้ยาง และเชื้อเพลิงขี้เลื่อย

รูปที่ 6-15 เชื้อเพลิงปีกไม้ยาง

2) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

ปัญหา ข้อบกพร่องที่พบ ในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบหม้อน้ำของโรงงาน H ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6-5

ตารางที่ 6-5 ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ สำหรับโรงงาน H

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
รายงานการตรวจไม่พบหลักฐานการจัดส่งตามกฎหมาย	ให้ดำเนินการจัดส่งรายงานการรับรองภายใน 30 วัน นับจากการตรวจทดสอบ
ไม่มีผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำที่ขึ้นทะเบียนตามกฎหมาย	ให้จัดหา และขึ้นทะเบียนผู้ควบคุม โดยควรมีจำนวนเพียงพอต่อช่วงเวลาทำงาน
ถังพักไอไม่มีอุปกรณ์ความปลอดภัย	ให้ติดตั้งเกจวัดความดัน และลิ้นนิรภัยที่ถังพักไอ
รายละเอียดในบันทึกรายงานประจำวันไม่ชัดเจนและไม่เหมาะสม	ให้ปรับปรุงบันทึกรายงานประจำวันโดยให้มีการระบุค่าที่จำเป็นต่าง ๆเช่นอุณหภูมิน้ำป้อน ความดันน้ำป้อน ปริมาณน้ำป้อน ปริมาณเชื้อเพลิงโดยต้องเป็นค่าที่ชัดเจนมิใช่ระบุว่า 1 Palette และต้องจดบันทึกหม้อน้ำแต่ละเครื่อง
หม้อน้ำหมายเลข 2 และคอเตามีความเสี่ยงจากการออกแบบและโครงสร้าง	ควรตรวจสอบโครงสร้างหม้อน้ำหมายเลข2 และคอเตา อย่างต่อเนื่อง
ใต้คอเตามักมีการสะสมของโคลนตะกอนซึ่งทำให้คอเตาเกิดความเสียหาย	ควรต่อวาล์วและท่อระบายใต้คอเตา

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ถังน้ำป้อนมีการอุ่นที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำทำให้ไม่ประหยัดพลังงาน	ควรอุ่นน้ำให้มีอุณหภูมิประมาณ 103-105 องศา (โดยติดตั้งเป็นถังไล่อากาศ)
ถังน้ำป้อนติดตั้งมีความสูงน้อยอาจเกิดปัญหาส่งน้ำเข้าหม้อน้ำไม่ได้ หรือปั๊มชำรุด และไม่มีอุปกรณ์ที่จำเป็น	- ติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ และวัดระดับที่ถังพัก - ควรยกถังพักให้สูงขึ้น - ควรติดตั้งเป็นถังไล่อากาศ
มีการใช้เศษขี้เลื่อยเป็นเชื้อเพลิงอาจเกิดปัญหาอัคคีภัย และการระเบิดของฝุ่น	ควรตรวจสอบเรื่องการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ และมีอุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัย
การใช้เชื้อเพลิงมีขนาดใหญ่และมีความชื้นสูงมีผลให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์	ควรย่อย และทำให้เชื้อเพลิงมีความชื้นลดลง
มีการรั่วของไอน้ำที่ลิ้นนิรภัยและวาล์วถ่ายน้ำก้นหม้อ	ควรซ่อมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีการรั่วของไอน้ำ
อุณหภูมิปล่องสูงประมาณ 350 $^{\circ}$C อาจเกิดความเสียหายของหม้อน้ำ	ตรวจสอบลมป้อน และลมดูดที่อาจทำให้ก๊าซร้อนออกสู่ปล่องมากเกินไป และตรวจสอบความเสียหายโครงสร้างส่วนที่สัมผัสอุณหภูมิสูง
ผนังหลังมีอุณหภูมิสูงส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนในปริมาณมาก	ควรหุ้มฉนวนในส่วนของผนัง รวมถึงอุปกรณ์อื่นที่ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อน เช่น วาล์ว
อุปกรณ์ความปลอดภัยชำรุด (เกจวัดความดันน้ำและเกจวัดอุณหภูมิปล่อง)	ควรซ่อมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด
การทดสอบอุปกรณ์ความปลอดภัยน้อย	เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ
เกจวัดความดัน และอุปกรณ์แสดงระดับน้ำไม่มีเครื่องหมายแสดงระดับน้ำต่ำสุด ระดับน้ำปกติ และระดับสูงสุด	ทำเครื่องหมายแสดงระดับน้ำการใช้งานตามที่กฎหมายกำหนด
มีการเดินท่อคอนเดนเสดบางส่วนใต้ดิน ซึ่งมีผลต่อการซ่อมบำรุง และการสูญเสียความร้อนของน้ำคอนเดนเสด	ปรับปรุงท่อคอนเดนเสด และควรหุ้มฉนวนท่อ
การควบคุมการทำงานห้องอบไม้ไม่สะดวก และสามารถเพิ่มเติมมาตรการเพื่อลดเวลาการอบได้	- ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้สะดวกในการทำงาน - ศึกษาวิธีการในการอบไม้เช่นเพิ่มการดูดอากาศออกจากห้อง หรือปรับปรุงท่อไอน้ำเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในห้อง
ผลวิเคราะห์น้ำบางค่าเกินมาตรฐาน(ความกระด้างเกิน สารละลายใกล้เคียง เหล็กเกิน)	ปรับปรุงน้ำป้อนและน้ำภายในหม้อน้ำ

6.1.9 กรณีศึกษาที่ 9: โรงงานสุรา

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน I เป็นโรงงานผลิตสุรา มีหม้อน้ำ จำนวน 2 เครื่อง โดยหม้อน้ำหมายเลข 1 เป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟนอน ขนาด 10 ton/hr ใช้น้ำมันเตาเกรด A เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจุบันไม่มีการใช้งาน และหม้อน้ำหมายเลข 2 เป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟนอน ขนาด 5 ton/hr ใช้น้ำมันเตาเกรด A เป็นเชื้อเพลิง

รูปที่ 6-16 หม้อน้ำหมายเลข 1

รูปที่ 6-17 หม้อน้ำหมายเลข 2

2) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

ปัญหา ข้อบกพร่องที่พบ ในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบหม้อน้ำของโรงงาน I ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6-6

ตารางที่ 6-6 ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ สำหรับโรงงาน I

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ไม่มีการล้างถังน้ำมันเชื่อเพลิง (ครั้งสุดท้าย พ.ศ. 2549) อาจทำให้มีสิ่งเจือปนอื่นเข้าไปในระบบการเผาไหม้ส่งผลให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์	ให้ดำเนินการล้างถังน้ำมันเตา และถ่ายน้ำที่อาจตกค้างอย่างสม่ำเสมอ
ถังน้ำป้อน (ถังไล่อากาศ) มีการอุ่นที่อุณหภูมิ 100 °C ซึ่งจะทำให้ถังน้ำเกิดการผุกร่อนชำรุดจากออกซิเจน	ควรอุ่นน้ำให้มีอุณหภูมิประมาณ 103-105 °C ซึ่งจะเป็นการช่วยประหยัดเพิ่มขึ้นด้วย
การเดินท่อไอน้ำค่อนข้างยาว และมีข้องอมาก โดยไม่มีเครื่องดักไออาจมีคอนเดนเสทในท่อทางได้ ส่งผลให้เกิด Water Hammer	ควรติดตั้งเครื่องดักไอเพิ่มเติมในระบบท่อที่อาจมีน้ำตกค้าง
การเดินท่อไม่มีอุปกรณ์ป้องกันการขยายตัว (Expansion Loop or Expansion Joint)	ให้ตรวจสอบการขยายตัวของท่อ (โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้ความดันสูง) เนื่องจากอาจทำให้ระบบท่อหรืออุปกรณ์ใช้ไอน้ำ เกิดการชำรุด
การเดินท่อนำไอน้ำไปใช้งานต่อจากด้านล่างของท่อเมน ซึ่งทำให้น้ำเข้าไปในอุปกรณ์ใช้ไอน้ำส่งผลให้เครื่องเสียหาย ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนต่ำ	ปรับปรุงการเดินท่อนำไอน้ำไปใช้งานให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม
คอนเดนเสทในระบบใช้ไอน้ำปล่อยทิ้งทั้งหมด ทำให้สิ้นเปลือง น้ำ เชื้อเพลิง และเคมี	ศึกษาความเป็นไปได้และจุดคุ้มทุนในการนำคอนเดนเสทกลับมาเป็นน้ำป้อน
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (น้ำมันเตา) มีค่าไม่สอดคล้องกัน	ควรสอบเทียบอุปกรณ์วัดให้สามารถอ่านได้ถูกต้อง
การอุ่นน้ำมันเตาใช้ที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C	หัวฉีด Rotary Cup ใช้น้ำมันเตาเกรด A ปกติจะอุ่นที่ประมาณ 60-75 °C
เครื่องหมายแสดงระดับใช้งานปกติ และระดับวิกฤตของเกจวัดความดัน และอุปกรณ์แสดงระดับน้ำไม่ชัดเจน	ให้ปรับปรุงเครื่องหมายแสดงระดับใช้งานปกติ และระดับวิกฤตให้ชัดเจนและสอดคล้องกับการใช้งานจริง
ค่าคลอไรด์ค่อนข้างสูง ส่งผลให้เรซินในเครื่องกรองเกิดการแตกและเสื่อมสภาพได้	ตรวจสอบค่าคลอไรด์ หากมีค่าสูงจะต้องกำจัดก่อนนำน้ำเข้าเครื่องกรอง พร้อมให้ตรวจค่าเหล็ก และซิลิกาเพิ่มเติม
การถ่ายน้ำก้นหม้อมีปัญหาเรื่องเสียง และการฟุ้งกระจายของไอน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายได้	ควรติดตั้ง Blow down Tank
ถังพักไอไม่มีอุปกรณ์ความปลอดภัย	ให้ติดตั้งลิ้นนิรภัยที่ถังพักไอ
ฉนวนกันความร้อนไม่สมบูรณ์	ควรติดตั้งฉนวนเพิ่มเติมในส่วนของท่อไอน้ำที่ชำรุดและวาล์ว เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน
เครื่องควบคุมอุณหภูมิปล่อง ไม่มีการต่อสัญญาณเตือนเมื่ออุณหภูมิสูง	ให้ดำเนินการติดตั้งให้เป็นไปตามกฎหมาย

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
เครื่องดักไอส่วนใหญ่เป็นแบบจาน	ตรวจสอบอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ หากอุปกรณ์ใดเกิดการกลั่นตัวสูงควรเปลี่ยนเป็นแบบเชิงกล เพื่อให้สามารถระบายน้ำได้ดีขึ้น
ไม่มีการติดใบอนุญาตผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำไว้บริเวณห้องหม้อน้ำ	ให้ติดใบอนุญาตของผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำให้เป็นไปตามกฎหมาย
หม้อน้ำพิกัด 10 ตัน/ชั่วโมง หยุดใช้งานมาประมาณ 1 ปี	ควรเก็บหม้อน้ำแบบแห้ง เพื่อป้องกันการชำรุดเสียหายของหม้อน้ำ
การเติมเคมี เข้าที่ท่อเมน ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองและความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสม	ควรตรวจสอบปริมาณการเติมเคมี และความเข้มข้น อาจเปลี่ยนจุดต่อปั๊มเคมีใหม่

6.1.10 กรณีศึกษาที่ 10: โรงพยาบาล

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงพยาบาลและระบบหม้อน้ำ

โรงพยาบาล J เป็นโรงพยาบาลเอกชนขนาด 165 เตียง มีการใช้งานหม้อน้ำแบบท่อไฟ ขนาด 2 ton/hr จำนวนรวมทั้งสิ้น 2 เครื่อง โดยทั้งสองเครื่องสลับกันใช้งานวันละ 12 ชั่วโมง

2) ปัญหา และข้อบกพร่อง

1. มีการใช้เครื่องอุ่นเชื้อเพลิงแบบใช้ไฟฟ้า (Electrical Water Bath-Type LPG Vaporizer) แม้ว่าอุณหภูมิของน้ำในถังคอนเดนเสทสามารถนำมาใช้อุ่นเชื้อเพลิงได้

รูปที่ 6-18 เครื่องอุ่นเชื้อเพลิงแบบใช้ไฟฟ้า

2. มีการโบลว์ดาวน์ทุกๆ 24 ชั่วโมง ครั้งละประมาณ 5 นาที และค่า TDS อยู่ที่ระดับ 530 ppm ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอยู่มาก (<3,500 ppm)

3. มีจุดที่ไม่มีการหุ้มฉนวนได้แก่ วาล์ว และหน้าแปลนบริเวณท่อ Header ที่ห้องหม้อน้ำ

รูปที่ 6-19 ท่อร่วมที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวนกันความร้อน

3) ข้อแนะนำ และแนวทางการปรับปรุง

1. ติดตั้งระบบท่อคอนเดนเสทมายังเครื่องอุ่นเชื้อเพลิง หรือเปลี่ยนเครื่องอุ่นเชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบันเป็นชนิดอุ่นด้วยน้ำร้อน (Hot Water Supply-Type Vaporizer)

2. ลดปริมาณการโบลว์ดาวน์ลงเพื่อควบคุมระดับค่า TDS ของน้ำโบลว์ดาวน์ให้ใกล้ 3,500 ppm โดยทำการลดปริมาณโบลว์ดาวน์ลง จาก 5 นาทีต่อวัน เป็น 1 นาทีต่อวัน นอกจากนี้ควรดำเนินการติดตั้งระบบการโบลว์ดาวน์แบบอัตโนมัติ (Automatic Blowdown Control) แทนการโบลว์ดาวน์โดยใช้ลิ้นระบายใต้หม้อน้ำ (Bottom Blowdown Valve) เนื่องจากปริมาณการใช้ไอน้ำไม่คงที่ตลอด ทำให้ค่า TDS ในหม้อน้ำจะขึ้นลงตามกันไปด้วย ดังนั้นปริมาณการโบลว์ดาวน์ในแต่ละช่วงเวลาจึงไม่ควรเท่ากัน

3. ดำเนินการหุ้มฉนวนกันความร้อนของหน้าแปลนและอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำทั้งหมดที่ยังไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน

6.1.11 กรณีศึกษาที่ 11: โรงงานทอผ้า

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน K เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีหม้อน้ำ จำนวน 1 เครื่อง เป็นแบบท่อไฟนอน ขนาด 1.5 ton/hr มีความดันใช้งาน 6 Bar ใช้น้ำมันเตาเกรด A เป็นเชื้อเพลิง โดยมีเครื่องอุ่นน้ำมันแบบไฟฟ้า ตรวจสอบพบว่าไม่ได้มาตรฐาน

- ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ ขึ้นทะเบียน 2 คน
- ระยะเวลาเดินเครื่อง 8 hr/day ใช้ไอน้ำในตู้อบ 2 เครื่อง
- มีการจดบันทึกประจำวันในการควบคุมหม้อน้ำของผู้ควบคุมวันละครั้ง
- มีการจดบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงหม้อน้ำ
- อุณหภูมิปล่อง 200 องศาเซลเซียส
- ความดันน้ำมันที่หัวฉีด 19 kg/sq-cm

2) ระบบน้ำป้อนหม้อน้ำ น้ำในหม้อน้ำ และคอนเดนเสท

- น้ำดิบ น้ำประปา มีระบบปรับคุณภาพน้ำเป็นแบบ Softener (Resin) มีการเติมสารเคมี
- มีรายงานผลการวิเคราะห์น้ำ ตรวจวัดโดยบริษัทผู้ขายน้ำยาเคมี pH น้ำป้อน = 7.1 Hardness = 0 ppm / pH ภายในหม้อน้ำ = 10.7, TDS = 2 ppm
- ล้างเกลือเรซิน 7 วัน/ครั้ง
- การ Blow Down แบบ Manual (1 ครั้ง/วัน ครั้งละ 5 วินาที)
- มีการนำ Condensate กลับมาใช้อุ่นน้ำป้อน (Feed Tank) ประมาณ 90% ได้อุณหภูมิประมาณ 51 องศาเซลเซียส
- ประวัติการล้างตะกรันด้วยสารเคมี ครั้งสุดท้ายเมื่อปี 2547

รูปที่ 6-20 หม้อน้ำที่ใช้ในโรงงาน

3) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

ปัญหา ข้อบกพร่องที่พบ ในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบหม้อน้ำของโรงงาน K ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6-7

ตารางที่ 6-7 ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ สำหรับโรงงาน K

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
- บันทึกประจำของผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ จดบันทึกวันละครั้ง - รายละเอียดการตรวจสอบไม่ครบถ้วน	- ควรจัดทำบันทึกเป็นประจำโดยเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบอุปกรณ์เป็นทุกๆ 1-2 ชั่วโมงต่อครั้ง - ควรเพิ่มรายละเอียดการตรวจสอบอุปกรณ์ให้ครบถ้วน
- เกจวัดอุณหภูมิน้ำมันเตาก่อนเข้าหัวฉีดไม่มีการติดตั้ง จึงไม่สามารถรู้อุณหภูมิน้ำมันเตาได้เลย 	- ควรติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิน้ำมันเตาก่อนเข้าหัวฉีด เพื่อจะได้ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำมันให้ถูกต้องเหมาะสมตามประเภทหัวฉีดและชนิดของน้ำมันเตา (หัวฉีดแบบ Pressure Atomized ใช้น้ำมันเตาเกรด A ต้องอุ่นน้ำมันที่อุณหภูมิ 85-105 °C)
- ถังอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำโดยใช้ Condensate มีอุณหภูมิประมาณ 51 °C ไม่มีฉนวนหุ้ม ไม่มีเกจวัดอุณหภูมิน้ำ ถังตั้งอยู่ในระดับพื้น ท่อดูดเข้าปั๊มขนาด 1 นิ้ว 	- ควรหุ้มฉนวนที่ Condensate Tank เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน - ควรติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิน้ำที่ Condensate Tank - หากต้องการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมากกว่านี้อาจต้องยกถังให้สูงพร้อมขยายท่อดูดเพื่อป้องกันการเกิด Cavitations หากเพิ่มอุณหภูมิน้ำได้อีกก็จะสามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิง แต่ต้องคำนึงถึง Spec ของปั๊มน้ำด้วยว่าเหมาะสมหรือไม่

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ระบบน้ำป้อนหม้อน้ำ 1.ใช้น้ำดิบจากน้ำประปา 2.น้ำดิบผ่านเครื่องกรอง เรซิน 1 ถัง ล้างเกลือ 7 วัน / ครั้ง 3. มีการเติมสารเคมีป้องกันตะกรัน และจับออกซิเจนในน้ำ ด้วยมือ (ควบคุมปริมาณสารเคมีไม่ได้) ไม่มีปั๊มเคมี 4. ข้อมูลการตรวจวิเคราะห์สภาพน้ำ ขัดแย้งกัน (เก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ใหม่แล้ว) 	- การล้างเกลือเรซินควรทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นทุกวัน เพื่อกำหนดช่วงเวลาการล้างเกลือ (ไม่ใช่กำหนดการล้างด้วยช่วงเวลาที่ตายตัว) - การเติมสารเคมีป้องกันตะกรัน และจับออกซิเจนป้องกันการกัดกร่อน ควรเติมโดยใช้ปั๊มป้อนเคมีซึ่งจะทำให้ปริมาณเคมีเข้าหม้อน้ำได้อย่างถูกต้องแม่นยำตามสัดส่วนที่กำหนด - รอผลการวิเคราะห์น้ำเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้อง
ลิ้นกันกลับที่ท่อส่งน้ำเข้าหม้อน้ำใช้ปั๊ม 2 ชุด มีลิ้นกันกลับเพียง 1 จุด เวลาเปลี่ยนการทำงานของปั๊มจะต้องปิด-เปิด วาล์วบังคับทิศทางให้ถูกต้อง ซึ่งหากผู้ควบคุมไม่ชำนาญหรือไม่เข้าใจอาจปิด-เปิด วาล์วผิดได้ซึ่งอาจมีผลให้น้ำไม่เข้าหม้อน้ำ 	ควรติดตั้งลิ้นกันกลับเพิ่มอีก 2 จุด ที่ทางออกของปั๊มแต่ละเครื่อง จะทำให้สามารถเปิดวาล์วทุกตัวทิ้งไว้ได้และขณะเปลี่ยนการทำงานของปั๊มก็ไม่จำเป็นต้องปิด-เปิด วาล์วบังคับทิศทางทุกครั้ง

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
แท่งแก้วบอกระดับน้ำในหม้อน้ำ เครื่องหมายแสดงระดับใช้งานปกติและระดับอันตราย ลบเลือน 	ควรทำเครื่องหมายแสดงระดับใช้งานปกติและระดับอันตราย เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย
-ไม่ได้ติดตั้งเกจวัดความดันที่ท่อส่งน้ำเข้าหม้อน้ำ	ควรติดตั้งเกจวัดความดันที่ระบบท่อส่งน้ำเข้าหม้อน้ำ เพื่อเป็นจุดสังเกตในการวิเคราะห์สภาพการทำงานของปั๊ม และข้อบกพร่องอื่นๆ
- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิปล่องอัตโนมัติ (Flue Gas Thermostat) 	ควรติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิปล่องอัตโนมัติ (Flue Gas Thermostat) แต่ละเครื่องพร้อมต่อวงจรส่งสัญญาณเตือนด้วยแสงและเสียง เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย
จากการสอบถามผู้ควบคุมพบว่ามีก้อน Carbon ภายในท่อไฟใหญ่ อาจเกิดจากการปรับตั้ง Burner ที่ยังไม่เหมาะสม	ควรปรับตั้ง Burner โดยช่างผู้ชำนาญ โดยคำนึงถึงอุณหภูมิน้ำมัน %O_2 , %CO , และ %CO_2 ฯลฯ ให้เหมาะสม

6.1.12 กรณีศึกษาที่ 12: โรงงานอาหารกระป๋อง

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อน้ำ

โรงงาน L เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมอาหาร มีผลิตภัณฑ์หลักคือ ผลไม้กระป๋อง ผักกระป๋อง ติดตั้งหม้อน้ำ 4 เครื่อง ใช้งาน 2 เครื่อง ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน Bituminous ส่วนอีก 2 เครื่อง เป็นหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเตา ไม่ได้ใช้งาน

- หม้อน้ำหมายเลข 1-2 เป็นแบบท่อไฟนอน (หม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเตา) หยุดใช้งาน

รูปที่ 6-21 หม้อน้ำหมายเลข 1-2

- หม้อน้ำหมายเลข 3 เป็นแบบท่อไฟนอน ขนาดอัตราผลิตไอน้ำ 2,000 kg/hr ตรวจสอบเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2552 ได้มาตรฐาน

รูปที่ 6-22 หม้อน้ำหมายเลข 3

- หม้อน้ำหมายเลข 4 เป็นแบบท่อไฟนอน ได้มาตรฐาน ขนาดอัตราผลิตไอน้ำ 8,000 kg/hr ตรวจสอบเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2552
- ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำ ขึ้นทะเบียน 1 คน
- ระยะเวลาเดินเครื่อง 15-20 hr/day

- มีการจดบันทึกประจำวันในการควบคุมหม้อน้ำของผู้ควบคุม
- มีการจดบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงรักษาหม้อน้ำ
- อุณหภูมิปล่อง No.3 = 260 °C / No.4 = 180 °C
- อุณหภูมิฝาหลังหม้อน้ำวัดได้ 204 °C (เกินมาตรฐาน)

รูปที่ 6-23 หม้อน้ำหมายเลข 4

2) ระบบน้ำป้อนหม้อน้ำ น้ำในหม้อน้ำ และคอนเดนเสท

- ใช้น้ำดิบ น้ำบ่อ มีระบบปรับคุณภาพน้ำเป็นแบบ Softener (Resin) 1 ถัง ขนาด 60 cm x 130 cm

- มีรายงานผลการวิเคราะห์น้ำ วิเคราะห์น้ำป้อนหม้อน้ำโดย Lab ของโรงงานเอง ส่วนน้ำในหม้อน้ำใช้ Lab ภายนอก pH น้ำป้อน 7.2 Hardness ค่า Swing 2-19 / pH ภายในหม้อน้ำ 11.3 TDS = 2,459

- ล้างเกลือประมาณ วันละครั้ง หรือวันเว้นวัน

- การ Blow Down แบบ Manual (1 hr / ครั้ง ครั้งละ 5-7 วินาที)

- ไม่มีการนำ Condensate กลับมาใช้ โรงงานแจ้งว่าไม่นำกลับมาเพราะมีกลิ่น (มีเครื่องจักร Indirect Steam ประมาณ 16 ชุด)

- มี Deaerator Tank ใช้ไอน้ำอุ่นตั้งอุณหภูมิน้ำไว้ที่ อุณหภูมิประมาณ 85 °C (แต่จากหลักการทำงานของถังสรุปได้ว่าไม่ใช่ Deaerator Tank แต่เป็นเพียงถังอุ่นน้ำด้วยไอน้ำธรรมดา)

- ประวัติการล้างตะกรันด้วยสารเคมี ครั้งสุดท้ายเมื่อ 15 เม.ย. 2552 (ตะกรันน้อย)

3) ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ

ปัญหา ข้อบกพร่องที่พบ ในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบหม้อน้ำของโรงงาน L ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6-8

ตารางที่ 6-8 ปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ สำหรับโรงงาน L

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำขึ้นทะเบียน 1 คน แต่มีอีก 2 คนที่ควบคุมหม้อน้ำอยู่ด้วยแต่มิได้ผ่านการอบรมหลักสูตรผู้ควบคุมฯ แต่อย่างใด มีเพียงการสอนงานจากรุ่นพี่เท่านั้น	ควรส่งพนักงานที่ควบคุมหม้อน้ำเข้าอบรมเพื่อให้มีความรู้ และสามารถควบคุมแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องปลอดภัย
ติดตั้งหม้อน้ำทั้งสิ้น 4 เครื่อง หมายเลข 1-2 หยุดใช้งาน หมายเลข 3-4 ใช้งานประจำ	หมายเลข 1-2 ที่มิได้ใช้งานควรทำหนังสือ แจ้งขอหยุดการใช้งานชั่วคราว ไปที่ สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม
หม้อน้ำ หมายเลข 1-2 ไม่ได้ใช้เลยประมาณ 10 ปี ไม่ได้เก็บอย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรม	ควรเก็บแบบแห้ง โดยวิธี ดังนี้ 1. จุดเตาอุ่นหม้อน้ำให้ร้อนประมาณ 1 ชม. 2. ดับไฟ ระบายไอน้ำทิ้งให้หมด Blow Down น้ำในหม้อน้ำออกให้หมด เปิดฝาหอยบนทิ้งไว้เพื่อให้ความร้อนที่สะสมอยู่ระเหยน้ำและความชื้นภายในหม้อน้ำออกจนหมด 3. นำปูนขาวหรือสารดูดความชื้นใส่ถาดวางไว้ภายในหม้อน้ำให้ทั่ว และปิดฝาหอย วาล์วทุกตัว ช่องทุกช่องที่อากาศสามารถเข้าได้ให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศเข้า 4. ตรวจสอบปูนขาวหรือสารดูดความชื้นเป็นระยะ และเปลี่ยนทุกครั้งที่สารแข็งตัว
โรงงานแจ้งว่ามีไฟฟ้าดับบ่อย	- กรณีที่ไฟฟ้าดับผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำต้องดับไฟในห้องเผาไหม้เพื่อป้องกันความร้อนทำให้น้ำในหม้อน้ำแห้ง และต้องตรวจสอบระดับน้ำในหม้อน้ำก่อนเดินเครื่อง - ควรตรวจสอบระบบควบคุมปั๊มน้ำเข้าหม้อน้ำอัตโนมัติว่าหากน้ำแห้ง สัญญาณเตือนทำงานปั๊มน้ำทำงานด้วยหรือไม่ (หากปั๊มน้ำทำงานขณะที่สัญญาณน้ำแห้งทำงานให้แก้ไขโดยด่วน ที่ถูกต้องเมื่อสัญญาณน้ำแห้งทำงานปั๊มต้องไม่ทำงานจนกว่าจะบิดปุ่มไปที่ Manual)

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
บันทึกประจำวันในการควบคุมหม้อน้ำ รายละเอียดการตรวจสอบไม่ครบถ้วน	ควรจัดทำบันทึกประจำวันแยกหม้อน้ำแต่ละเครื่อง โดยให้มีรายละเอียดการตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัยให้ครบถ้วน เช่น ระดับน้ำในหลอดแก้ว การตรวจสอบการทำงานของระบบสัญญาณเตือนภัย ช่วงเวลาการ Blow Down เป็นต้น โดยเน้นการทำงานจริงของผู้ควบคุมฯ
มีเครื่องใช้ไอน้ำหรือเครื่องจักรในการผลิตประเภท Indirect Steam ประมาณ 16 เครื่อง ไม่มีการนำ Condensate ใน Line ผลิตกลับมาใช้เลยเนื่องจากโรงงานกลัวเรื่องกลิ่นที่อาจติดมากับน้ำ Condensate	- ควรจัดทำระบบนำ Condensate ใน Line ผลิตกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์สูงสุด เช่น อุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำ ประหยัดการใช้พลังงานและลดการใช้ไอน้ำในการอุ่นอีกทางหนึ่งด้วย - ควรให้ที่ปรึกษาให้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับระบบ Condensate Return อย่างถูกต้องให้โรงงานเข้าใจ
หม้อน้ำ หมายเลข 3 1. ช่องมองเปลวไฟข้างเตากระจกแตกร้าวชำรุด อาจกระเด็นเข้าตาผู้ควบคุมขณะตรวจสอบ 2. ขณะตรวจสอบวัดอุณหภูมิปล่องไอเสียสูง 260 °C 	- ควรเปลี่ยนกระจกใหม่ โดยเน้นเป็นกระจกทนความร้อนสูง - ควรตรวจสอบระบบการเผาไหม้ หรืออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพราะเป็นการสูญเสียความร้อนอย่างหนึ่งเช่นกัน
ท่อจ่ายไอของหม้อน้ำ หมายเลข 3 และ 4 ไม่ได้ติดตั้ง Check Valve	ควรติดตั้ง Check Valve ที่จ่ายไอน้ำกรณีมีหม้อน้ำมากกว่า 1 เครื่อง และต่อท่อจ่ายไอร่วมกัน เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
ระบบน้ำป้อนหม้อน้ำ 1. ใช้น้ำดิบจากน้ำบ่อ 2. น้ำดิบผ่านเครื่องกรองเรซิน 3. น้ำจากเรซินเข้าถังเก็บ Deaerator Tank (ซึ่งตั้งอยู่สูงจากพื้นประมาณ 3 เมตร) ขนาดความจุน้ำประมาณ 2,000 ลิตร ใช้ไอน้ำอุ่นน้ำ ขณะตรวจสอบวัดอุณหภูมิน้ำได้ 49 °C **จากการตรวจสอบพบว่า** - มีการล้างเกลือเรซิน ทุกวัน ซึ่งแสดงว่าจำนวนสารเรซินกรองน้ำน้อยเกินไป - ถัง Deaerator Tank ไม่มีฉนวนหุ้มเกิดการสูญเสียความร้อน อีกทั้งมีขนาดเล็กเกินไป (2,000 ลิตร) เมื่อเทียบกับขนาดรวมหม้อน้ำ 10 ตัน/ชม. ทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นไม่ทันกับการใช้และต้องใช้พลังงานมาก - หลอดแก้วบอกระดับน้ำของถัง Deaerator Tank ไม่มีเครื่องป้องกัน - ถังนี้ไม่ใช่ Deaerator Tank เป็นเพียงถังเก็บน้ำที่มีไอน้ำเข้าอุ่นเท่านั้น มีท่อระบายไอ - ค่า TDS ในหม้อน้ำประมาณ 2,500 ppm ช่วงเวลาการ Blow Down ทุก 1 ชั่วโมง - เม็ดเรซินมีปัญหาเป็นสีแดงเกาะติดและต้องเปลี่ยนทุก 2 ปี แสดงว่าน้ำอาจมีแร่ธาตุประเภทแร่เหล็กติดมาด้วย จึงเกาะติดเม็ดเรซิน และล้างเกลือไม่ออก - เกจวัดความดันที่ Deaerator Tank ชำรุด	- ควรเพิ่มปริมาณสารเรซินให้มากขึ้นเพื่อยืดช่วงเวลาในการล้างเกลือและควบคุมคุณภาพน้ำได้อย่างคงที่ พร้อมปรับช่วงเวลาการล้างเกลือให้เหมาะสมโดยควบคุมค่า Hardness ไม่ให้เกิน 10 ppm - ควรเพิ่มขนาดความจุน้ำของถัง Deaerator Tank ให้เหมาะสมเพียงพอกับการใช้งาน - ควรหุ้มฉนวนถัง Deaerator Tank เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน - ควรติดตั้งเครื่องป้องกันหลอดแก้วที่ถัง Deaerator Tank - ค่า TDS มาตรฐานไม่เกิน 3,500 ppm แต่ขณะตรวจสอบมีค่าประมาณ 2,500 ppm ซึ่งสามารถควบคุมค่า pH น้ำในหม้อน้ำ ไม่ให้เกิน 11.8 โดยการเพิ่มการ Blow Down และ/หรือควบคุมปริมาณสารเคมีเข้าหม้อน้ำ - ควรตรวจวิเคราะห์สภาพน้ำอย่างระเอียดว่ามีแร่ธาตุเจือปนเกินค่ามาตรฐานหรือไม่ (การล้างเม็ดเรซินที่มีแร่เหล็กเกาะติดให้ล้างด้วยกรดเกลือ) - ควรซ่อมหรือเปลี่ยนเกจวัดความดันที่ชำรุด

ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะ
หม้อน้ำ หมายเลข 3 บริเวณคอเตาซึ่งเป็นแบบ 2 ชั้น ไม่มีฉนวนหุ้ม และไม่มีท่อ Blow Down	ควรติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่บริเวณคอเตาเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และติดตั้งวาล์วพร้อมท่อ Blow Down เพื่อป้องกันโคลนตะกอนตกค้างทำให้คอเตาเสียหายได้
ท่อระบายไอน้ำของเครื่องอบฆ่าเชื้อที่ต่อท่อออกนอกอาคาร มีน้ำร้อนหยดลงบริเวณทางเดิน อาจหยดใส่พนักงานที่เดินผ่านบริเวณดังกล่าว	ควรติดตั้งท่อระบายต่อลงพื้นในที่ปลอดภัย
ท่อระบายไอน้ำของลิ้นนิรภัย (Safety Valve) ไม่ได้เจาะรูต่อท่อระบายน้ำที่ขังอยู่ในท่อ ซึ่งจะทำให้บ่าวาล์วเกิดสนิม ทำให้การทำงานของลิ้นนิรภัยติดขัดหรือค้าง	ควรเจาะรูต่อท่อระบายน้ำที่ขังอยู่ในท่อ เพื่อป้องกันบ่าวาล์วเกิดสนิม ทำให้การทำงานของลิ้นนิรภัยติดขัดหรือค้าง

6.2 กรณีศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน

6.2.1 กรณีศึกษาที่ 1: โรงงานอาหาร

โรงงาน M เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมอาหาร มีการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยในปี พ.ศ. 2549 ได้เกิดอุบัติเหตุข้อต่ออ่อนในระบบท่อส่งของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนแตก ทำให้เกิดไฟลุกไหม้ โดยตำแหน่งที่เกิดเหตุในระบบแสดงได้ดังรูปที่ 6-24 สาเหตุของเหตุการณ์ดังกล่าวมีลำดับดังนี้

- มีการอุดตันของไส้กรองของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแป้ง
- อัตราการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนไม่เพียงพอ ทำให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในหม้อต้มและท่อส่งร้อนจัด
- ท่อส่งของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนร้อนจัด จึงขยายตัวเกินความยาวที่ข้อต่ออ่อนจะรองรับได้ ทำให้ข้อต่ออ่อนแตกและขาด
- ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนบางส่วนเกิดการเดือดเป็นไอ ไหลปนไปกับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในท่อส่งของเหลวทำให้เกิด Liquid hammer ในข้อต่ออ่อนและท่อส่งของเหลว ส่งผลให้ข้อต่ออ่อนแตกและขาด

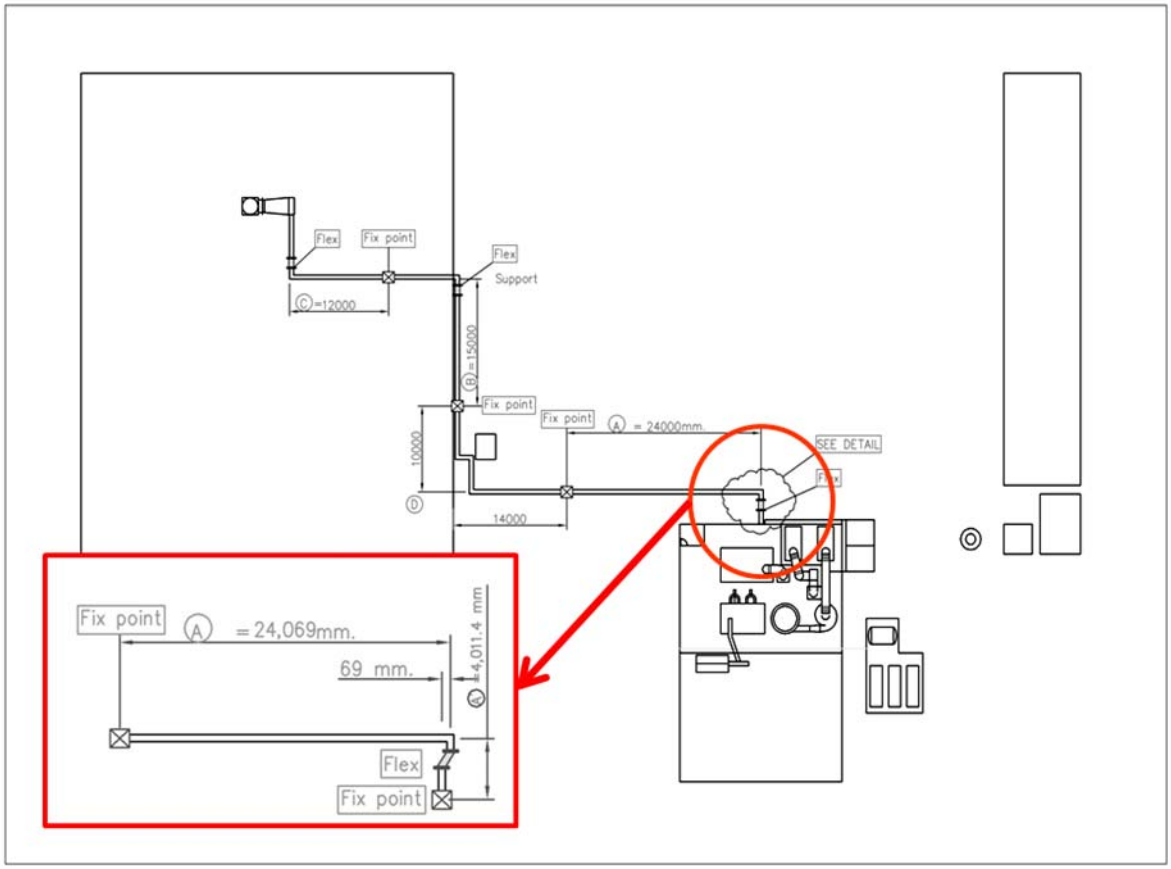
จากการตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ สามารถคำนวณการขยายตัวของท่อได้ดังนี้

- อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 250 °C เป็น 400 °C ท่อจะขยายตัวยาวขึ้นจากเดิม 2.718 นิ้วเป็น 4.693 นิ้ว ซึ่งเพิ่มขึ้นถึง 72.66% จึงเป็นสาเหตุให้ข้อต่อรับการขยายตัว เกิดความเสียหายได้
- มีการออกแบบข้อต่อรับการขยายตัว เยื้องศูนย์ล่วงหน้า 40 มม. ที่อุณหภูมิ 30 °C เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 250 °C ระยะเยื้องศูนย์จะเท่ากับ 69 มม. คิดเป็นระยะเยื้องศูนย์จริงเท่ากับ 69 – 40 = 29 มม. จึงยังไม่เกิดความเสียหายที่อุณหภูมิใช้งานปกติ
- แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 400 °C ระยะเยื้องศูนย์จะเพิ่มเป็น 119.2 มม. คิดเป็นระยะเยื้องศูนย์จริงเท่ากับ 119.2 – 40 = 79.2 มม. ซึ่งเกินค่าระยะเยื้องศูนย์ที่ข้อต่อรับการขยายตัว (Flexible joint) จะรับได้ จึงเกิดการเสียหายดังกล่าวขึ้น

การที่อัตราการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนไม่เพียงพอ (Low flow rate) นั้น เกิดขึ้นจากสาเหตุดังนี้

- เนื่องจากใช้เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนแบบขับด้วยมอเตอร์ ดังนั้นเมื่อไฟฟ้าดับ (ซึ่งเกิดขึ้นหลายครั้ง) ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบหยุดการไหลเวียน ส่งผลให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนภายใน Heating coil ของหม้อต้มฯ ร้อนจัด และมีอุณหภูมิเกิน Film temperature ของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน
- ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเสื่อมสภาพ จาก Thermal cracking
- ไส้กรองของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่ระบบท่อส่งของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเกิดการอุดตัน

- ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบร้อนจัด เกินจุดติดไฟเองอัตโนมัติ (Auto-ignition temperature) และเกินจุดเดือด ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนบางส่วนเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ทำให้เกิดการไหลกระแทกของของเหลวผสมไอภายในท่อ (Liquid hammer)
- ข้อต่อรับการขยายตัว (Expansion joint) เกิดการแตก เนื่องจากการขยายตัวของท่อเกินขีดจำกัด และ Liquid hammer
- ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถึงจุดลุกติดไฟเองอัตโนมัติ (Auto-ignition temperature) เมื่อรั่วไหลออกมาสัมผัสกับอากาศ จะสามารถเกิดการลุกไหม้ได้ทันที



รูปที่ 6-24 ตำแหน่งข้อต่ออ่อนที่เกิดเหตุ

6.2.2 กรณีศึกษาที่ 2: โรงงานอาหารสัตว์

โรงงาน N เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ มีการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน โดยในปี พ.ศ. 2550 ได้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่บริเวณวาล์วภายในตู้ บริเวณเครื่องนึ่งย่างผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสาเหตุของเหตุการณ์ดังกล่าวมีดังนี้

- เกิดจากการรั่วของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่บริเวณข้อต่อวาล์วและท่อของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนของเครื่องนึ่งย่างผลิตภัณฑ์อาหาร ดังแสดงในรูปที่ 6-25
- มีควันเกิดขึ้นที่ตู้ติดตั้งวาล์วปิด-เปิด ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนก่อนเข้าเครื่องจักร เมื่อเปิดตู้เพื่อตรวจสอบ ได้เกิดการลุกติดไฟขึ้นที่บริเวณวาล์วภายในตู้
- ข้อต่อเกลียวท่อติดตั้งเกจวัดความดันในตู้มีการรั่วของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน
- มีของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่รั่วจากข้อต่อสะสมในฉนวนกันความร้อน (ใยแก้ว)

รูปที่ 6-25 การรั่วของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่บริเวณข้อต่อวาล์ว

6.2.3 กรณีศึกษาที่ 3: โรงงานสิ่งทอ

โรงงาน O เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน อายุการใช้งาน 1 ปี โดยในปี พ.ศ. 2551 ได้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้โรงงานบริเวณใต้ถังรับการขยายตัว ใกล้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 6-26 ซึ่งสาเหตุของเหตุการณ์ดังกล่าวมีดังนี้

- มีการขยายเครื่องจักร และเติมน้ำมันประมาณ 7,000 ลิตร เข้าสู่ระบบขณะใช้งานหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่อุณหภูมิ 250 °C
- ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนล้นถังรับการขยายตัว มีควันกระจายตัวจากของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่รั่ว และเกิดไฟไหม้

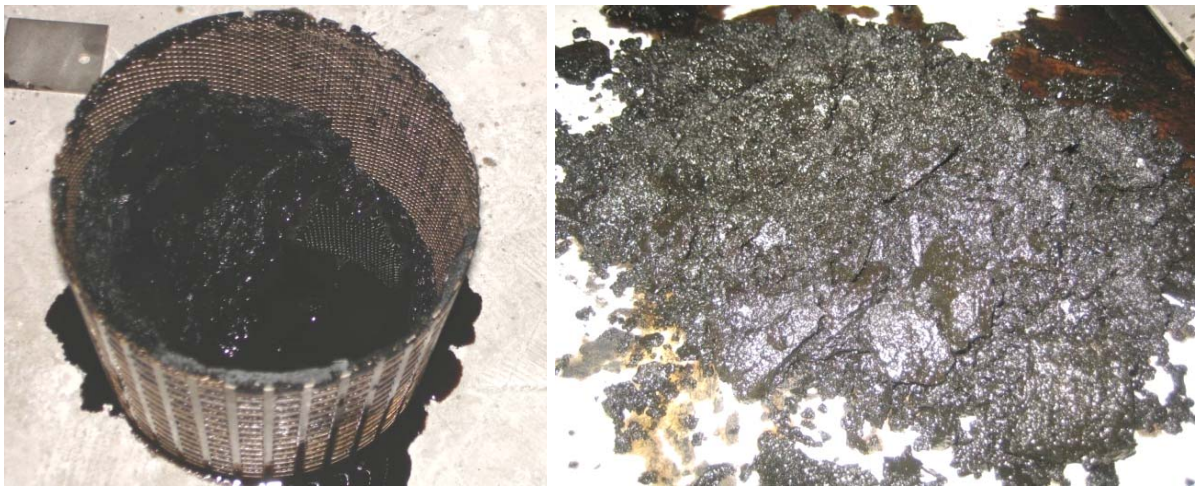
รูปที่ 6-26 บริเวณเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้

6.2.4 กรณีศึกษาที่ 4: โรงงานเส้นใย

โรงงาน P เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอประเภทเส้นใยสังเคราะห์ มีการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน อายุการใช้งาน 15 ปี โดยในปี พ.ศ. 2551 ได้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ที่ตัวหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ซึ่งสาเหตุของเหตุการณ์ดังกล่าวมีดังนี้

- เกจวัดความดันส่วนใหญ่ชำรุด ขาดการบำรุงรักษา (ดังรูปที่ 6-27)
- ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเสื่อมสภาพ สกปรก (ดังรูปที่ 6-28) เกิดตะกอนและการเสียดสีภายในท่อ มีความเป็นกรด เกิดการกัดกร่อน และเกิด Thermal cracking เป็นต้น

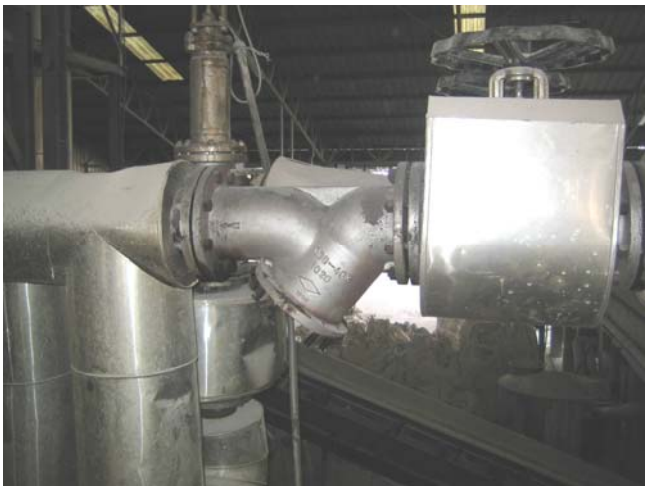
รูปที่ 6-27 เกจวัดความดันที่ชำรุด



รูปที่ 6-28 ตะกอนที่เกิดจากของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเสื่อมสภาพและสกปรก

6.2.5 กรณีศึกษาที่ 5: โรงงานสิ่งทอ

โรงงาน Q เป็นโรงงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีการใช้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน อายุการใช้งาน 1 ปี โดยในปี พ.ศ. 2549 ได้เกิดอุบัติเหตุวาล์วส่งของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนแตก สาเหตุของเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดจากการติดตั้งและการยึดระบบท่อไม่ถูกต้อง ชุดวาล์วและหน้าแปลนมีระยะเยื้องศูนย์ ทำให้เกิดแรงดัดโค้งที่ตัววาล์ว จนเกิดการล้าของวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 6-29



รูปที่ 6-29 ชุดวาล์วและหน้าแปลนที่มีระยะเยื้องศูนย์

ภาคผนวก ก
ตารางแปลงหน่วย

ตารางที่ ก-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 ก-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 ก-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 ก-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 ก-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 ก-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 ก-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 ก-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 ก-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 ก-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

บรรณานุกรม

กฎกระทรวง กำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549

กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อน้ำ พ.ศ. 2552

กรณีศึกษาการระเบิดของหม้อไอน้ำ, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2548.

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.