กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

คู่มือการปฏิบัติงานที่ดี
สำหรับหม้อน้ำ

โครงการพัฒนาคุณภาพหม้อไอน้ำในภาคอุตสาหกรรม



ห้องสมุด
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

คำนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากหลายๆ สาเหตุ ทั้งจากการเติบโตของเศรษฐกิจ และการเพิ่มจำนวนโรงงานหรือสถานประกอบการ รวมไปถึงการเพิ่มกำลังการผลิตจากหน่วยงานต่างๆ ทำให้ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นจากเดิมเป็นทวีคูณ อีกทั้งด้วยปัจจัยราคาต้นทุนพลังงานที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้ต้นทุนพลังงานของหน่วยงานต่างๆ มีค่าสูงขึ้นมากตามไปด้วยเช่นกัน ประเด็นที่ทำให้ต้นทุนพลังงานของหน่วยงานสูงขึ้นนั้น นอกจากราคาพลังงานจะสูงขึ้นแล้ว อีกสาเหตุหนึ่งก็มาจากการใช้อุปกรณ์อย่างไม่มีประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากการขาดความรู้ความเข้าใจ ในการเลือกซื้ออุปกรณ์ รวมไปถึงวิธีการใช้งาน และวิธีการบำรุงรักษาที่ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งล้วนแต่ทำให้ไม่สามารถใช้งานของอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่และเกิดความสูญเสียโดยไม่จำเป็น

หม้อน้ำก็เป็นหนึ่งในอุปกรณ์กลุ่มดังกล่าวที่มีความต้องการใช้พลังงานสูงมาก และยังเป็นอุปกรณ์หลักสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม รวมไปถึงอาคารที่มีการใช้พลังงานความร้อน ซึ่งในปัจจุบันมีหม้อน้ำในภาคอุตสาหกรรม โรงแรม โรงพยาบาล ทั่วประเทศกว่า 10,000 เครื่อง ถ้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำ ให้มีประสิทธิภาพดีสม่ำเสมอ นอกจากจะเป็นการช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานแล้ว ยังส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงาน สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

โดยคู่มือการปฏิบัติงานที่ดีสำหรับหม้อน้ำเป็นหนังสือที่ได้กล่าวถึงเรื่องต่างๆ ดังนี้ การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำ ความสูญเสียของหม้อน้ำในรูปแบบต่างๆ แนวทางการลดการใช้พลังงานในหม้อน้ำ การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีสำหรับหม้อน้ำและอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ เทคโนโลยีหม้อน้ำและอุปกรณ์หม้อน้ำ พร้อมทั้งกรณีศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับการใช้หม้อน้ำอุตสาหกรรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์และสามารถถ่ายทอดให้แนวทางปฏิบัติในหม้อน้ำต่างๆ ให้กับโรงงานอุตสาหกรรม และผู้ที่สนใจทั่วไปสามารถนำความรู้และแนวคิดจากคู่มือการปฏิบัติงานที่ดีสำหรับหม้อน้ำ มาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า และยั่งยืนต่อไป

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน



สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 สถานการณ์หม้อน้ำในประเทศไทย 3

1.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ 7

บทที่ 2 การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำ 11

2.1 การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ 13

2.2 การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของระบบส่งจ่ายไอน้ำ 23

2.3 สรุปการประเมินประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ 31

2.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ 32

บทที่ 3 แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีสำหรับหม้อน้ำและอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ 45

3.1 มาตรการด้านการจัดการ 48

3.1.1 มาตรการลดช่วงเวลาการทำงานของหม้อน้ำ 49

3.1.2 มาตรการการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์ โดยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการทำงานสำหรับหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด 54

3.1.3 มาตรการการใช้งานอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำให้เหมาะสมกับการทำงาน และภาระของหม้อน้ำ 59

3.1.4 มาตรการการกระจายภาระการทำความร้อนในแต่ละหม้อน้ำ ให้ภาพรวมของการใช้เงินลงทุนในการดำเนินการลดลง 63

3.1.5 มาตรการการรักษาความดันของไอน้ำในระบบไอน้ำให้ต่ำที่สุด เท่าที่จะเพียงพอต่อความต้องการของอุปกรณ์และระบบส่งจ่ายไอน้ำ 72

3.1.6 มาตรการการตรวจสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำอย่างต่อเนื่อง 79

3.1.7 มาตรการการปรับสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสม 103

3.1.8 มาตรการการทำความสะอาดปรับตั้งและซ่อมแซมส่วนประกอบของหัวเผา ในช่วงเวลาที่เหมาะสม 114

3.1.9 มาตรการการกำจัดการรั่วไหลของอากาศในผนังอากาศตัวเรือนของพัดลม และท่อส่งต่างๆ 120

CONTENTS

3.1.10 มาตรการการควบคุม Draft ให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด 122
3.1.11 มาตรการการแก้ไขข้อผิดพลาดในระบบก๊าซไอเสียและการหมุนเวียนอากาศภายในหม้อน้ำซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ Draft 130
3.1.12 มาตรการการลดการสูญเสียจาก Draft ในขณะเดินตัวเปล่า 134
3.1.13 มาตรการการควบคุมปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์ 137
3.1.14 มาตรการการปรับความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม 143
3.1.15 มาตรการการใช้กับดักไอน้ำที่เหมาะสม 148
3.1.16 มาตรการการซ่อมบำรุงกับดักไอน้ำ 154
3.1.17 มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหม้อน้ำ 158
3.1.18 มาตรการการลดการรั่วไหลของไอน้ำ 162
3.1.19 มาตรการการจดบันทึก และวิเคราะห์ข้อมูลการเดินเครื่องหม้อน้ำ 165
3.2 มาตรการด้านการปรับปรุงกระบวนการ 171
3.2.1 มาตรการการติดตั้งเครื่องควบคุมเวลาการใช้งานของหม้อน้ำ 172
3.2.2 มาตรการการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ 179
3.2.3 มาตรการการติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของหม้อน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อกระจายภาระของหม้อน้ำ 182
3.2.4 มาตรการการติดตั้งระบบควบคุมส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงแบบอัตโนมัติ 186
3.2.5 มาตรการการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบในพัดลม Forced-draft และ Induce-draft ขนาดใหญ่ 195
3.2.6 มาตรการการติดตั้งระบบระบายน้ำโบลว์ดาวน์อัตโนมัติ 201
3.2.7 มาตรการการหุ้มฉนวนหม้อน้ำ 203
3.2.8 มาตรการการลดการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 207
3.2.9 มาตรการการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ และท่อคอนเดนเสท 210
3.2.10 มาตรการการอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำด้วยความร้อนจากคอนเดนเสท 213
3.3 มาตรการด้านการเปลี่ยนเครื่องจักร (Machine Change) 216
3.3.1 มาตรการการติดตั้งระบบการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงอัตโนมัติ 217
3.3.2 มาตรการการติดตั้งระบบหัวเผาที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความสามารถหลากหลาย 219



3.3.3 มาตรการการติดตั้ง Economizer 232
3.3.4 มาตรการการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ 245
3.3.5 มาตรการการติดตั้งเครื่องเก็บคืนความร้อนชนิดพ่นฝอยน้ำ 253
3.3.6 มาตรการการติดตั้ง Tabulator ในหม้อน้ำแบบท่อไฟ 256
3.3.7 มาตรการการเก็บคืนความร้อนกลับจากการโบลว์ดาวน์ 260

บทที่ 4 เทคโนโลยีหม้อน้ำและอุปกรณ์หม้อน้ำ 265
4.1 เทคโนโลยีหม้อน้ำ (Boiler Technology) 269
4.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับหัวเผาและอุปกรณ์การเผาไหม้ 295
4.3 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ 315
4.4 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเชื้อเพลิง 334
4.5 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับน้ำป้อน 350
4.6 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับคอนเดนเสท 359
4.7 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการโบลว์ดาวน์ 371
4.8 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับระบบควบคุม 375
4.9 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับระบบไอน้ำ 386

บทที่ 5 กรณีศึกษา 395
5.1 กรณีศึกษาที่ 1 หม้อน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน 398
5.2 กรณีศึกษาที่ 2 หม้อน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืน 407
5.3 กรณีศึกษาที่ 3 หม้อน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา 423
5.4 กรณีศึกษาที่ 4 หม้อน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล 428
5.5 กรณีศึกษาที่ 5 หม้อน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม LPG 437
ภาคผนวก ก ตารางแปลงหน่วย 443
ภาคผนวก ข ตารางคุณสมบัติไอน้ำ 451
ภาคผนวก ค เครื่องมือตรวจวัดวิเคราะห์หม้อน้ำ 455

เลขทะเบียน 9357 วัน,เดือน,ปี 27 ธ.ค. 2554
เลขเรียกหนังสือ
ใช้แล้วกรุณาส่งคืน
ห้องสมุด
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน



สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1-1	แผนผังสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ วิธีการโดยตรง	13
รูปที่ 2.1-2	แผนผังสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ วิธีทางอ้อม	15
รูปที่ 2.1-3	การสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี (Radiation Heat)	20
รูปที่ 2.1-4	แผนผังประสิทธิภาพการพลังงานในหม้อน้ำสำหรับผลิตไอน้ำ	22
รูปที่ 2.2-1	แผนผังการใช้งานระบบไอน้ำ (Steam System)	23
รูปที่ 2.2-2	แผนผังค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบส่งจ่ายไอน้ำ (Steam System Loss)	24
รูปที่ 2.2-3	แผนผังประสิทธิภาพการพลังงานของระบบส่งจ่ายไอน้ำ	30
รูปที่ 2-12	แผนผังพลังงานในระบบหม้อน้ำ (ก่อนจ่ายไอน้ำไปยังอุปกรณ์การใช้งานในโรงงาน)	31
รูปที่ 3.1.1-1	การลดการใช้ไอน้ำโดยการปิดอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ	50
รูปที่ 3.1.1-2	การลดการใช้ไอน้ำโดยการปิดที่ตัวหม้อน้ำ	50
รูปที่ 3.1.1-3	หม้อน้ำของโรงงาน	53
รูปที่ 3.1.2-1	แสดงหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเตา และหม้อน้ำที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง	54
รูปที่ 3.1.2-2	หม้อไอน้ำขนาด 1.6 ตัน	58
รูปที่ 3.1.3-1	แสดงอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำของหม้อน้ำ	61
รูปที่ 3.1.3-2	สัดส่วนการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อควบคุมการไหลด้วยวิธีต่าง ๆ	61
รูปที่ 3.1.3-3	หม้อน้ำของโรงงาน	62
รูปที่ 3.1.4-1	แสดง Boiler Plant	64
รูปที่ 3.1.4-2	หม้อน้ำใช้น้ำมันเตาใช้ทำงานช่วงที่มีการทำความสะอาดหม้อน้ำไม่ฟิน ในวันปกติ	70
รูปที่ 3.1.4-3	การทำความสะอาดขี้เถ้าของหม้อน้ำชนิดไม่ฟินในวันหยุดประจำปี	71
รูปที่ 3.1.5-1	แสดงวาล์วลดความดัน	73
รูปที่ 3.1.5-2	แสดงอุปกรณ์ปรับตั้งความดันผลิตของหม้อน้ำ	74
รูปที่ 3.1.5-3	หม้อไอน้ำของโรงงาน และแผนผังการทำงาน	77
รูปที่ 3.1.5-4	ประกาศการใช้งานและการปรับปรุงการใช้งานหม้อน้ำ	78
รูปที่ 3.1.6-1	แสดงการใช้เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้แบบเคลื่อนย้ายได้	93
รูปที่ 3.1.6-2	กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (น้ำมันเตาเกรด A)	97
รูปที่ 3.1.6-3	กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (น้ำมันเตาเกรด C)	97



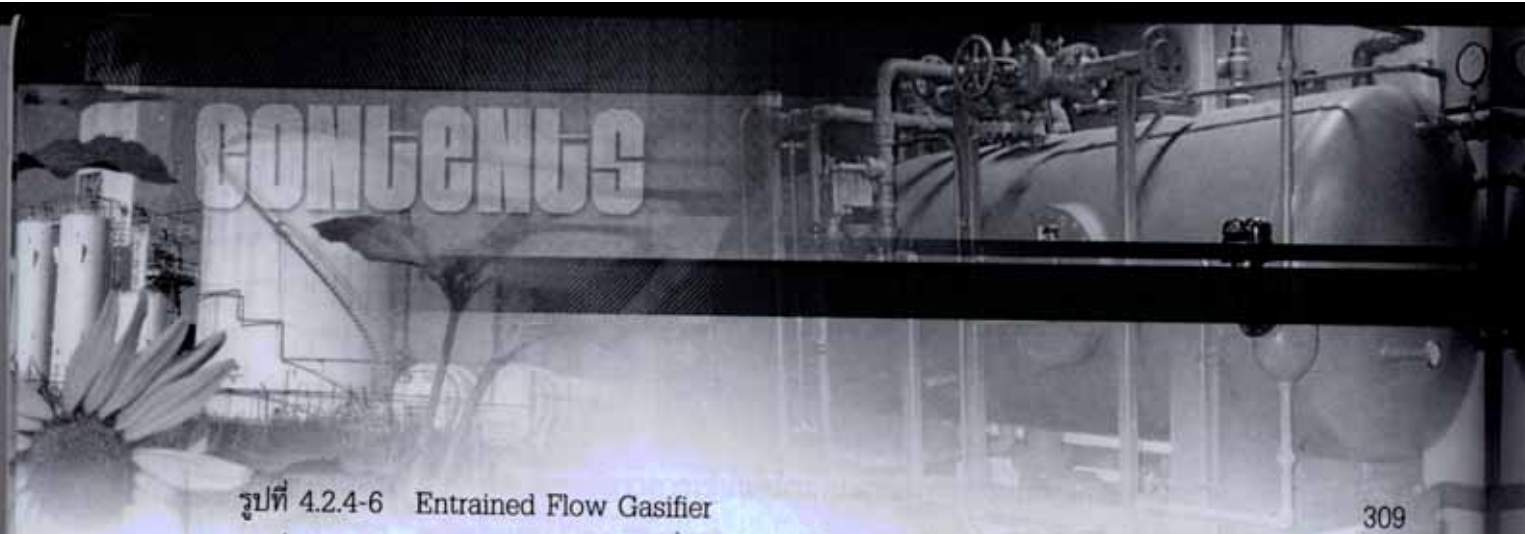
รูปที่ 3.1.6-4 กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (ก๊าซธรรมชาติ) 98
รูปที่ 3.1.6-5 กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (น้ำมันดีเซล) 98
รูปที่ 3.1.6-6 กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (ถ่านหินบิทูมินัส) 98
รูปที่ 3.1.6-7 หม้อน้ำและสภาวะการทำงาน (Low Fire) 101
รูปที่ 3.1.6-8 หม้อน้ำหลังการปรับปรุง 102
รูปที่ 3.1.7-1 แสดงการปรับแต่งหัวเผาเพื่อให้สัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงเหมาะสม 104
รูปที่ 3.1.7-2 แผนผังแสดงค่าความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Heat) 110
รูปที่ 3.1.7-3 หม้อน้ำมันร้อน A 112
รูปที่ 3.1.7-4 แสดงผลการปรับตั้ง Hot Oil Burner โดยมีการวัดค่าเปรียบเทียบผล 13 ครั้ง 113
รูปที่ 3.1.7-5 กราฟแสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหลังการปรับตั้ง 113
รูปที่ 3.1.8-1 แสดงหัวฉีดที่สึกหรอทำให้กระจายเชื้อเพลิงได้ไม่ดี 115
รูปที่ 3.1.8-2 การถอดทำความสะอาดหัวพ่นไฟ และมิเตอร์วัดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 119
รูปที่ 3.1.10-1 แสดงพัดลมแบบดูด 123
รูปที่ 3.1.13-1 แสดงการโบลว์ดาวน์ที่ผิว และการโบลว์ดาวน์ก้นหม้อน้ำ 138
รูปที่ 3.1.13-2 ค่า TDS ของน้ำในหม้อน้ำก่อน และหลังการปรับปรุง 142
รูปที่ 3.1.14-1 แสดงอุปกรณ์อุ่นน้ำมันเตาก่อนเข้าหัวเผา 143
รูปที่ 3.1.14-2 อุณหภูมิน้ำมัน ณ จุดต่าง ๆ 147
รูปที่ 3.1.14-3 อุณหภูมิน้ำมันก่อนเข้าหัวเผาก่อนและหลังการปรับปรุง 147
รูปที่ 3.1.15-1 แสดงกับดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิกส์ 149
รูปที่ 3.1.15-2 กับดักไอน้ำบางตัวขนาดไม่ถูกต้องและมีการรั่วก่อนและหลังการปรับปรุง 153
รูปที่ 3.1.16-1 แสดงการตรวจสอบกับดักไอน้ำ 155
รูปที่ 3.1.16-2 กับดักไอน้ำที่รั่ว 157
รูปที่ 3.1.17-1 แสดงตะกรันในท่อไฟก่อนและหลังทำความสะอาด 158
รูปที่ 3.1.17-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของตะกรัน และเปอร์เซ็นต์พลังงานที่สูญเสีย 159
รูปที่ 3.1.17-3 หม้อน้ำของทางโรงงาน และการทำความสะอาดท่อไฟ 160
รูปที่ 3.1.18-1 แสดงไอน้ำที่รั่วไหล 162
รูปที่ 3.1.18-2 สภาพการรั่วของไอน้ำตามอุปกรณ์ต่าง ๆ (ก่อนปรับปรุง) 164
รูปที่ 3.1.18-3 สภาพการรั่วของไอน้ำที่ลดลง (หลังปรับปรุง) 164

CONTENTS

รูปที่ 3.1.19-1 แผนภูมิควบคุมอัตราการใช้น้ำป้อน 167
รูปที่ 3.2.1-1 หม้อน้ำแบบ One-Through 178
รูปที่ 3.2.2-1 แสดงปั๊มน้ำป้อนหม้อน้ำ 180
รูปที่ 3.2.3-1 หม้อน้ำหมายเลข 1 และหมายเลข 2 185
รูปที่ 3.2.5-1 แสดง Induce Draft Fan 195
รูปที่ 3.2.5-2 มอเตอร์ IDF ของหม้อน้ำ 200
รูปที่ 3.2.6-1 แสดงการติดตั้งระบบระบายน้ำโบลว์ดาวน์อัตโนมัติ 201
รูปที่ 3.2.7-1 แสดงการหุ้มฉนวนหม้อน้ำ *203*
รูปที่ 3.2.7-2 ฉนวนหม้อน้ำและการตรวจวัดอุณหภูมิผิวหม้อน้ำก่อนปรับปรุง 206
รูปที่ 3.2.8-1 อัตราการสูญเสียความร้อนที่ผิว ณ อุณหภูมิต่าง ๆ 207
รูปที่ 3.2.8-2 ผนังด้านล่าง Hot Plate ที่ไม่ได้หุ้มฉนวน 209
รูปที่ 3.2.9-1 แสดงการหุ้มฉนวนวาล์วท่อส่งไอน้ำ 210
รูปที่ 3.2.9-2 ความร้อนสูญเสียจากพื้นผิวท่อ 211
รูปที่ 3.2.9-3 ภาพก่อนและหลังการหุ้มฉนวน 212
รูปที่ 3.2.10-1 การใช้แทรปปั๊มในการส่งกลับคอนเดนเสท 214
รูปที่ 3.2.10-2 ปั๊มน้ำคอนเดนเสท และมิเตอร์วัดอุณหภูมิ 215
รูปที่ 3.3.3-1 แสดง Economizer แบบมาตรฐาน 236
รูปที่ 3.3.3-2 หม้อน้ำของโรงงาน และ Economizer ที่นำมาติดตั้ง 244
รูปที่ 3.3.4-1 แสดง Air Pre Heater 246
รูปที่ 3.3.4-2 อัตราการประหยัดเชื้อเพลิงจากการอุ่นอากาศเข้าเผาไหม้ 249
รูปที่ 3.3.4-3 หม้อไอน้ำของโรงงานและลมร้อนจากเครื่องอัดอากาศ 251
รูปที่ 3.3.4-4 ท่ออากาศร้อนที่ต่อมาเข้าเผาไหม้ 252
รูปที่ 3.3.7-1 แสดงถังรับน้ำโบลว์ดาวน์ 261
รูปที่ 3.3.7-2 แสดงสภาพก่อนปรับปรุง มีการปล่อยไอน้ำทิ้ง 264
รูปที่ 3.3.7-3 สภาพหลังปรับปรุงเดินท่อเข้าถังน้ำป้อน 264
รูปที่ 4.1.1-1 การทำงานของอุปกรณ์ Transport Membrane Condenser (TMC) 270
รูปที่ 4.1.1-2 การทำงานของอุปกรณ์ Humidifying Air Heater (HAH) 270
รูปที่ 4.1.1-3 ขั้นตอนการทำงานของระบบเผาไหม้แบบ Gasifier 271



รูปที่ 4.1.1-4	ลักษณะของท่อไฟที่ได้ทำการออกแบบมาใหม่	271
รูปที่ 4.1.1-5	ระบบหม้อน้ำแบบ Super Boiler	272
รูปที่ 4.1.1-6	แผนผังการควบคุมอุปกรณ์นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ของ Super Boiler	272
รูปที่ 4.1.1-7	แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของ Super Boiler	273
รูปที่ 4.1.1-8	กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพและน้ำหนักระหว่างหม้อน้ำทั่วไปกับ Super Boiler	273
รูปที่ 4.1.2-1	แผนผังขั้นตอนการทำงานของ Super Boiler รุ่นที่สอง	278
รูปที่ 4.1.3-1	โครงสร้างของหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด	282
รูปที่ 4.1.3-2	คุณลักษณะของน้ำและไอน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ	283
รูปที่ 4.1.4-1	ระบบการทำงานของหม้อน้ำแบบ Once-Through	286
รูปที่ 4.1.5-1	การเกิดฟลูอิไดซ์เบดแบบต่าง ๆ	289
รูปที่ 4.1.5-2	Bubbling Fluidized Bed (BFB) Boiler	290
รูปที่ 4.1.5-3	Circulating Fluidized Bed (CFB) Boiler	290
รูปที่ 4.1.6-1	การทำงานของระบบหม้อน้ำแบบลูกผสม (Hybrid Boiler)	293
รูปที่ 4.2.1-1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิง	296
รูปที่ 4.2.1-2	หม้อน้ำที่ใช้ระบบ Regenerative Combustion System	297
รูปที่ 4.2.2-1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิง	300
รูปที่ 4.2.2-2	การเหนี่ยวนำให้แก๊สไอเสียไหลผ่านหัวเผาในส่วนที่เป็นชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งภายในหัวเผา	300
รูปที่ 4.2.3-1	หัวเผาชนิดเชื้อเพลิงพลาสติก	303
รูปที่ 4.2.4-1	ตำแหน่งต่าง ๆ ของการเกิดปฏิกิริยาความร้อนของเตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier)	305
รูปที่ 4.2.4-2	Counter-Current Fixed Bed (Updraft Gasifier)	307
รูปที่ 4.2.4-3	Co-Current Fixed Bed (Downdraft Gasifier)	307
รูปที่ 4.2.4-4	Crossdraft Gasifier	308
รูปที่ 4.2.4-5	Fluidized Bed Gasifier	309



รูปที่ 4.2.4-6	Entrained Flow Gasifier	309
รูปที่ 4.2.4-7	ประสิทธิภาพของระบบเผาไหม้แบบแก๊สซิฟิเคชั่นของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ	310
รูปที่ 4.2.4-8	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความชื้นของเชื้อเพลิง	311
รูปที่ 4.2.4-9	รูปแบบของแบบแก๊สซิฟิเคชั่น	311
รูปที่ 4.2.4-10	โครงสร้างของหม้อน้ำแบบแก๊สซิไฟเออร์	312
รูปที่ 4.2.4-11	การประยุกต์ใช้ Biomass Gasification	313
รูปที่ 4.2.4-12	ตัวอย่างโรงงานที่มีการนำระบบแก๊สซิไฟเออร์มาประยุกต์ใช้งาน	313
รูปที่ 4.3.1-1	Economizer แบบท่อกลม (Cylindrical Economizer)	315
รูปที่ 4.3.1-2	Economizer แบบท่อสี่เหลี่ยม (Rectangular Economizer)	316
รูปที่ 4.3.1-3	ประสิทธิภาพของหม้อน้ำเมื่อทำการติดตั้ง Economizer	316
รูปที่ 4.3.1-4	การประยุกต์ใช้ Economizer แบบ Tube & Fin	317
รูปที่ 4.3.2-1	การใช้งาน Economizer แบบสัมผัสตรง	319
รูปที่ 4.3.3-1	Economizer แบบ Heat Pipe	322
รูปที่ 4.3.3-2	อุปกรณ์สำหรับการทำ Economizer แบบ Heat pipe	323
รูปที่ 4.3.4-1	การแลกเปลี่ยนความร้อนของแก๊สไอเสียกับอากาศ	325
รูปที่ 4.3.5-1	การถ่ายเทความร้อนผ่าน Rotary Air Preheater	327
รูปที่ 4.3.6-1	การถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศก่อนเข้าหัวเผาโดยใช้คอยล์ไอน้ำ	329
รูปที่ 4.3.7-1	การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับแก๊สร้อนผ่าน Xthermal Air Preheater	332
รูปที่ 4.4.1-1	เชื้อเพลิงหม้อน้ำชนิด Coal Water Mixture (CWM)	336
รูปที่ 4.4.2-1	อุปกรณ์เร่งปฏิกิริยาแบบ Contact Catalyst เพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น	340
รูปที่ 4.4.4-1	การแตกตัวและลดการรวมกลุ่มของโมเลกุล	343
รูปที่ 4.4.5-1	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)	348
รูปที่ 4.5.1-1	ปรากฏการณ์ออสโมซิส (Osmosis)	351
รูปที่ 4.5.1-2	ความดันออสโมติก (Osmotic Pressure)	351
รูปที่ 4.5.1-3	ปรากฏการณ์รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis)	352
รูปที่ 4.5.3-1	อุปกรณ์ Electro-Magnetic เหนี่ยวนำให้อนุภาคแตกตัวเป็นสารแขวนลอย	356
รูปที่ 4.5.3-2	การตกตะกอนของสารแขวนลอย กำจัดทิ้งได้โดยการโบลว์ดาวน์	357



รูปที่ 4.5.3-3	การติดตั้ง ETROMAC ในระบบหม้อน้ำ	357
รูปที่ 4.6.1-1	ตัวอย่างถัง Deaerator	360
รูปที่ 4.6.1-2	การใช้งานถัง Deaerator ในระบบไอน้ำ	360
รูปที่ 4.6.2-1	ตัวอย่างกับดักไอน้ำ (Steam Trap)	362
รูปที่ 4.6.2-2	Thermostatic Trap	364
รูปที่ 4.6.2-3	Mechanical Trap	365
รูปที่ 4.6.2-4	การติดตั้งกับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic Trap	365
รูปที่ 4.6.3-1	ขั้นตอนการทำงานของปั๊มคอนเดนเสท	368
รูปที่ 4.6.3-2	การใช้งาน Mechanical Pump ในระบบเปิด	369
รูปที่ 4.6.3-3	การใช้งาน Mechanical Pump ในระบบปิด	369
รูปที่ 4.7.1-1	อุปกรณ์เก็บความร้อนกลับจากน้ำระบายทิ้ง	372
รูปที่ 4.7.1-2	การติดตั้งอุปกรณ์เก็บความร้อนกลับจากการโบลว์ดาวน์	374
รูปที่ 4.8.1-1	การใช้เทคโนโลยีการควบคุมแรงดันไอน้ำ	376
รูปที่ 4.8.2-1	การควบคุมระบบการเผาไหม้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ	378
รูปที่ 4.8.3-1	ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ดูดอากาศ เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่เหมาะสม	380
รูปที่ 4.8.4-1	การใช้งานระบบปรับสมดุลช่วยกระจายภาระการทำงานของหม้อน้ำ	382
รูปที่ 4.8.5-1	แผนผังการใช้งาน Steam Trap แจ้งเตือนอัตโนมัติ	384
รูปที่ 4.9.1-1	ตัวอย่างโครงสร้างของระบบโคเจนเนอเรชั่น	386
รูปที่ 4-9.1-2	ตัวอย่างเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของระบบโคเจนเนอเรชั่นกับระบบดั้งเดิม	387
รูปที่ 4.9.1-3	ตัวอย่างสมดุลความร้อนของระบบโคเจนเนอเรชั่น	387
รูปที่ 4.9.1-4	ตัวอย่างโครงสร้างของระบบที่สามารถปรับสัดส่วนไฟฟ้ากับความร้อนได้	388
รูปที่ 4.9.2-1	หลักการทำงานของ Combined Cycle และตัวอย่างสมดุลความร้อน	391
รูปที่ 4.9.3-1	ตัวอย่าง Repowering System	393
รูปที่ 5.1-1	กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม	398
รูปที่ 5.1-2	แสดงอุณหภูมิของน้ำป้อนในถัง Deaereator	399
รูปที่ 5.1-3	ก่อนปรับปรุงผลิตไอน้ำที่ความดัน 7 bar(g)	400
รูปที่ 5.1-4	หลังปรับปรุงผลิตไอน้ำที่ความดัน 6.5 bar(g)	401



รูปที่ 5.1-5	ก่อนปรับปรุงวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำได้ 1,750 ppm	403
รูปที่ 5.1-6	หลังปรับปรุงวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำได้ 2,850 ppm	404
รูปที่ 5.2-1	กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม	407
รูปที่ 5.3-1	กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม	423
รูปที่ 5.3-2	ขบวนการทำน้ำใส ใส่คลอรีน ปูนขาว โซดาไฟ สารส้ม โพลีเมอร์ การดกตะกอน	424
รูปที่ 5.3-3	การกรองด้วยคาร์บอน Softener และมีถังน้ำเกลือสำหรับล้างเรซิน	424
รูปที่ 5.3-4	อุณหภูมิไอเสียออกจากหม้อน้ำ	425
รูปที่ 5.3-5	ใช้ไอน้ำแบบปล่อยผสมกับน้ำร้อนใต้ถาดผลิตฟองเต้าหู้	425
รูปที่ 5.3-6	ระบบ Intermittent Blow down Valve	425
รูปที่ 5.3-7	Continuous Blow down	425
รูปที่ 5.3-8	จุดรั่วไหลไอน้ำ	426
รูปที่ 5.4-1	กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม	428
รูปที่ 5.4-2	สภาพหม้อน้ำและระบบที่เกี่ยวข้อง	429
รูปที่ 5.4-3	ห้องเผาไหม้หม้อน้ำ	429
รูปที่ 5.4-4	น้ำสกปรกและสิ่งเจือปนในน้ำมันดีเซล	430
รูปที่ 5.4-5	ท่อไฟเล็กก๊าซร้อน	432
รูปที่ 5.4-6	จุดรั่วไหลไอน้ำ	434
รูปที่ 5.4-7	ผลสำรวจหลังปรับปรุง	435
รูปที่ 5.5-1	กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม	437
รูปที่ 5.5-2	ผลการตรวจวัดก่อนปรับปรุงการเผาไหม้	439
รูปที่ 5.5-3	ผลการตรวจวัดหลังปรับปรุงการเผาไหม้	440

CONTENTS

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1-1	จำนวนของหม้อน้ำและขนาดหม้อน้ำแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	4
ตารางที่ 1.1-2	จำนวนของหม้อน้ำและขนาดหม้อน้ำจำแนกตามประเภทของหม้อน้ำ	5
ตารางที่ 1.1-3	ประสิทธิภาพหม้อน้ำที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย	6
ตารางที่ 2.1-1	สมดุลพลังงานความร้อนของหม้อน้ำ	22
ตารางที่ 2.2-2	สมดุลพลังงานความร้อนของระบบส่งจ่ายไอน้ำ	30
ตารางที่ 2.4-1	แสดงแบบตรวจสอบศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำและระบบไอน้ำ	38
ตารางที่ 3.1.1-1	อัตราการใช้พลังงานต่อการผลิตไอน้ำอิ่มตัว 1 กิโลกรัม (kg)	52
ตารางที่ 3.1.2-1	แสดงค่าความร้อนต่อหน่วยและค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ	57
ตารางที่ 3.1.5-1	ค่าเอนทาลปีของไอน้ำอิ่มตัว 1 kg ที่ความดันต่าง ๆ	76
ตารางที่ 3.1.8-1	แสดงพลังงานที่ประหยัดได้เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพหัวเผา	117
ตารางที่ 3.1.16-1	แสดงปริมาณไอน้ำสูญเสียผ่านรูรั่วที่ความดันไอน้ำต่าง ๆ	156
ตารางที่ 3.1.18-1	แสดงปริมาณไอน้ำสูญเสียจากการรั่ว (kg/h)	163
ตารางที่ 3.1.19-1	ตารางวิเคราะห์ในรูปแบบค่าเปรียบเทียบ	168
ตารางที่ 3.1.19-1	ตัวอย่างตารางการจดบันทึกข้อมูลการเดินเครื่องหม้อน้ำรายวัน	169
ตารางที่ 3.1.19-2	ตารางการตรวจสอบ และบำรุงรักษาหม้อน้ำประจำวัน	170
ตารางที่ 3.2.6-1	ผลประหยัดจากการติดตั้งระบบควบคุมการโบลว์ดาวน์อัตโนมัติ	202
ตารางที่ 3.3.3-1	ศักยภาพการเก็บคืนความร้อนจากไอเสีย	240
ตารางที่ 3.3.3-2	แสดงประสิทธิภาพของหม้อน้ำที่ติดตั้ง Economizer แบบควบแน่น	241
ตารางที่ 3.3.3-3	แสดงถึงปริมาณความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (MMBtu/h)	242
ตารางที่ 3.3.7-1	ปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์ที่ยังคงสถานะเป็นของเหลว ปริมาณไอน้ำแฟลช และปริมาณพลังงานของน้ำโบลว์ดาวน์ และไอน้ำแฟลช ที่ความแตกต่างของความดันของหม้อน้ำต่าง ๆ	261
ตารางที่ 4.1.1-1	ข้อมูลการปล่อยของเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของ Super Boiler	274
ตารางที่ 4.1.2-1	ความสามารถในการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่	277



ตารางที่ 4.2.3-1	ค่าความร้อนและราคาของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท	302
ตารางที่ 4.2.4-1	ตัวอย่างการเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ	310
ตารางที่ 4.2.4-2	คุณลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวล	314
ตารางที่ 4.2.4-3	ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิงชีวมวล	314
ตารางที่ 4.4.1-1	คุณสมบัติของเชื้อเพลิง CWM	336
ตารางที่ 4.6.3-1	ความแตกต่างของความสูงที่น้อยที่สุดที่ต้องการ และอุณหภูมิของน้ำป้อน	368
ตารางที่ 4.7.1-1	ตารางแสดงพลังงานที่นำกลับมาใช้ได้จากการโบลว์ดาวน์	373
ตารางที่ 4.7.1-2	ตารางแสดงต้นทุนที่ประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์	373
ตารางที่ 4.9.1-1	เปรียบเทียบสมบัติของเครื่องต้นกำลังชนิดต่าง ๆ	389
ตารางที่ 4.9.2-1	Combined Cycle ประเภทต่าง ๆ	391



บทที่ 1

บทนำ



บทที่ 1
บทนำ

จากรายงานการใช้พลังงานของประเทศในช่วงระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา พบว่าประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากหลายๆ สาเหตุ ทั้งจากการเติบโตของเศรษฐกิจ และการเพิ่มจำนวนโรงงานหรือสถานประกอบการ รวมไปถึงการเพิ่มกำลังการผลิตจากหน่วยงานต่างๆ ทำให้ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นจากเดิมเป็นทวีคูณ อีกทั้งด้วยปัจจัยราคาต้นทุนพลังงานที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้ต้นทุนพลังงานของหน่วยงานต่างๆ มีค่าสูงขึ้นมากตามไปด้วยเช่นกัน จะเห็นได้จากราคาและทิศทางของต้นทุนพลังงานทั้งภายในประเทศและในตลาดโลกที่ขยับตัวสูงขึ้น ส่งผลให้หน่วยงานต่างๆ จำเป็นต้องหาทางออก โดยที่ผ่านมามีการดำเนินการทั้งด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น รวมไปถึงการพัฒนาหรือใช้พลังงานทางเลือกเพิ่มมากขึ้น

ประเด็นที่ทำให้ต้นทุนพลังงานของหน่วยงานสูงขึ้นนั้น นอกจากราคาพลังงานจะสูงขึ้นแล้ว อีกสาเหตุหนึ่งก็มาจากการใช้อุปกรณ์อย่างไม่มีประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากการขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกซื้ออุปกรณ์ รวมไปถึงวิธีการใช้งาน และวิธีการบำรุงรักษาที่ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งล้วนแต่ทำให้ไม่สามารถใช้งานของอุปกรณ์ได้อย่างประสิทธิภาพเต็มที่และเกิดความสูญเสียโดยไม่จำเป็น หม้อน้ำก็เป็นหนึ่งในอุปกรณ์กลุ่มดังกล่าวที่มีความต้องการใช้พลังงานสูงมาก และยังเป็นอุปกรณ์หลักสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม รวมไปถึงอาคารที่มีการใช้พลังงานความร้อน ซึ่งในปัจจุบันมีหม้อน้ำในภาคอุตสาหกรรม โรงแรม โรงพยาบาล ทั่วประเทศกว่า 10,000 เครื่อง โดยส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันเตา ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้ เป็นเชื้อเพลิงประเภทที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถผลิตขึ้นมาทดแทนได้ อีกทั้งยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศเกือบทั้งหมด ทำให้ประเทศต้องเสียดุลการค้าในการนำเข้าเป็นมูลค่ามหาศาลในแต่ละปี เมื่อพิจารณาจะพบว่าราคาเชื้อเพลิงของตลาดโลกมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆ และเป็นปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของประเทศ

จากการที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ถ้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำ ให้มีประสิทธิภาพดีสม่ำเสมอ นอกจากจะเป็นการช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานแล้ว ยังส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงาน สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง ส่งผลให้ผู้ประกอบการสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้

1.1 หม้อน้ำในประเทศไทย

หม้อน้ำมีการนำเข้ามาใช้ในประเทศไทยนานนับ 100 ปี ปัจจุบันมีการใช้หม้อน้ำอย่างกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ จากการศึกษาข้อมูล พบว่า หม้อน้ำที่มีการใช้ในโรงงานทั้งประเทศจำนวนประมาณ 8,816 เครื่อง รวมขนาดประมาณ 110,000 ตันไอน้ำต่อชั่วโมง มีการใช้งานในแต่ละประเภทอุตสาหกรรมมากน้อยตามลักษณะการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถแบ่งจำนวนและขนาดของหม้อน้ำแยกตามประเภทอุตสาหกรรม ได้ดังแสดงใน**ตารางที่ 1.1-1**

อุตสาหกรรมที่มีการใช้หม้อน้ำมากที่สุดคือ อุตสาหกรรมประเภทอาหารและเครื่องดื่ม ใช้หม้อน้ำจำนวน 3,508 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 39.79 ของจำนวนหม้อน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมด

รองลงมาคือ อุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ ใช้หม้อน้ำจำนวน 1,713 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 19.43 ของจำนวนหม้อน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมด และอันดับที่ 3 คือ อุตสาหกรรมประเภทเคมี ใช้หม้อน้ำจำนวน 1,389 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 15.76 ของจำนวนหม้อน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมด

สำหรับประเภทอุตสาหกรรมที่มีขนาดการใช้หม้อน้ำรวมสูงที่สุด คือ อุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ มีขนาดรวม 45,803 ตันต่อชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 41.73 ของขนาดรวมของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมทั้งหมด รองลงมาคือ อุตสาหกรรมประเภทอาหารและเครื่องดื่ม มีขนาดรวม 37,412 ตันต่อชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 34.08 ของขนาดรวมของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมทั้งหมด อันดับที่ 3 คือ อุตสาหกรรมประเภทเคมี มีขนาดรวม 10,460 ตันต่อชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 9.53 ของขนาดรวมของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมทั้งหมด อุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ มีการใช้หม้อน้ำจำนวนน้อย แต่มีขนาดการใช้หม้อน้ำรวมสูงที่สุด เนื่องจากได้รวมอุตสาหกรรมจำพวก ผลิตพลังงาน ผลิตไฟฟ้า ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้หม้อน้ำขนาดใหญ่มากๆ ในการผลิตไฟฟ้า โดยในภาพรวมอุตสาหกรรมประเภทนี้ มีขนาดหม้อน้ำเฉลี่ย 214 ตันต่อชั่วโมงต่อเครื่อง สำหรับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ถือเป็นประเภทอุตสาหกรรมที่มีการใช้หม้อน้ำมากทั้งในด้านจำนวนเครื่อง และขนาดหม้อน้ำรวม

ตารางที่ 1.1-1 จำนวนของหม้อน้ำและขนาดหม้อน้ำแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	จำนวนหม้อน้ำ		ขนาดหม้อน้ำ	
	จำนวน (ลูก)	สัดส่วน	ขนาด (ตัน/ชม.)	สัดส่วน
อุตสาหกรรมกระดาษ	342	3.88%	4,832	4.40%
อุตสาหกรรมเคมี	1,389	15.76%	10,460	9.53%
อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ	675	7.66%	1,137	1.04%
อุตสาหกรรมไม้	549	6.23%	2,451	2.23%
อุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน	77	0.87%	324	0.30%
อุตสาหกรรมสิ่งทอ หนังสัตว์	1,713	19.43%	6,994	6.37%
อุตสาหกรรมอโลหะ	69	0.78%	350	0.32%
อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม	3,508	39.79%	37,412	34.08%
อุตสาหกรรมอื่นๆ	494	5.60%	45,803	41.73%
รวม	**8,816**	**100.00%**	**109,763**	**100.00%**

สำหรับจำนวนหม้อน้ำของประเทศไทยเมื่อแบ่งตามประเภทของหม้อน้ำ พบว่า ประเภทหม้อน้ำที่มีการใช้มากที่สุด คือ หม้อน้ำประเภทท่อไฟ จำนวน 6,306 เครื่อง จากหม้อน้ำทั้งหมด 8,816 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 71.5 แต่มีขนาดหม้อน้ำรวม 31,014 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28 ของขนาดรวมของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมทั้งหมด โดยมีขนาดหม้อน้ำเฉลี่ย 4.9 ตันต่อชั่วโมง ส่วนหม้อน้ำประเภทท่อน้ำ จำนวน 2,142 เครื่อง จากหม้อน้ำทั้งหมด 8,816 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 24.3 มีขนาดหม้อน้ำรวม 78,432 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 71 ของขนาดรวมของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมทั้งหมด มีขนาดหม้อน้ำเฉลี่ย 36.6 ตันต่อชั่วโมง รายละเอียดหม้อน้ำตามประเภทหม้อน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมแสดงใน **ตารางที่ 1.1-2**

ตารางที่ 1.1-2 จำนวนของหม้อน้ำและขนาดหม้อน้ำจำแนกตามประเภทของหม้อน้ำ

ประเภทอุตสาหกรรม	ประเภทหม้อน้ำ											
	ท่อไฟ		ท่อน้ำ		ผสม		ไฟฟ้า		No data		รวม	
	จำนวน (ลูก)	ขนาด (ตัน/ชม.)	จำนวน (ลูก)	ขนาด (ตัน/ชม.)	จำนวน (ลูก)	ขนาด (ตัน/ชม.)	จำนวน (ลูก)	ขนาด (ตัน/ชม.)	จำนวน (ลูก)	ขนาด (ตัน/ชม.)	จำนวน (ลูก)	ขนาด (ตัน/ชม.)
อุตสาหกรรมกระดาษ	279	2,252.22	63	2,579.76	0	0.00	0	0.00	0	0.00	342	4,831.98
อุตสาหกรรมเคมี	953	4,363.47	407	6,084.31	0	0.00	27	11.48	2	0.37	1,389	10,459.62
อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ	222	632.10	410	489.65	0	0.00	33	4.67	10	10.57	675	1,136.98
อุตสาหกรรมไม้	494	2,138.23	50	251.02	1	1.00	1	0.31	3	60.53	549	2,451.10
อุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน	52	251.88	23	71.39	0	0.00	1	0.49	1	0.00	77	323.75
อุตสาหกรรมสิ่งทอ หนังสัตว์	1271	6,343.62	187	617.90	0	0.00	254	32.24	1	0.15	1,713	6,993.91
อุตสาหกรรมอโลหะ	59	296.52	10	53.10	0	0.00	0	0.00	0	0.00	69	349.62
อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม	2747	13,148.13	738	24,071.26	0	0.00	10	1.02	13	191.83	3,508	37,412.24
อุตสาหกรรมอื่นๆ	228	1,588.28	254	44,213.75	0	0.00	12	0.83	0	0.00	494	45,802.86
รวม	**6,305**	**31,014.45**	**2,142**	**78,432.14**	**1**	**1.00**	**338**	**51.04**	**30**	**263.45**	**8,816**	**109,762.06**

สำหรับประสิทธิภาพของหม้อน้ำที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ในเบื้องต้นพบว่ามีการผลิตและจำหน่ายหม้อน้ำทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงก๊าซ โดยมีประสิทธิภาพที่จำหน่ายหลากหลายในแต่ละผู้ผลิต ซึ่งสามารถกำหนดเป็นช่วงของประสิทธิภาพหม้อน้ำได้ดัง**ตารางที่ 1.1-3**

ตารางที่ 1.1-3 ประสิทธิภาพหม้อน้ำที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย

ประเภทเชื้อเพลิง	ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (%)	
	Max.	Min.
เชื้อเพลิงแข็ง	90	75
เชื้อเพลิงเหลว	80	96
เชื้อเพลิงก๊าซ	80	96

หม้อน้ำเชื้อเพลิงแข็งมีการใช้เชื้อเพลิง ถ่านหิน และชีวมวล เป็นหลัก ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ได้แก่ แกลบ ไม้ ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด กะลาปาล์ม รวมไปถึงขยะ ซึ่งหม้อน้ำส่วนมากจะเป็นหม้อน้ำแบบท่อน้ำ (Water Tube Boiler) และหม้อน้ำแบบผสม (Hybrid Boiler) หม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 75 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์

สำหรับหม้อน้ำเชื้อเพลิงเหลวส่วนมากเป็นหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเป็นหลัก และเป็นหม้อน้ำประเภทท่อไฟ บางส่วนเป็นหม้อน้ำประเภทท่อน้ำแต่ขนาดเล็กและเป็นแบบ Once Through Boiler หม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 80 ถึง 96 เปอร์เซ็นต์

หม้อน้ำเชื้อเพลิงก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้จะเป็น แก๊สแอลพีจี(LPG) และก๊าซธรรมชาติ(NGV) ประเภทหม้อน้ำมีทั้งหม้อน้ำประเภทท่อไฟ และท่อน้ำ มีตั้งแต่ขนาดเล็กแบบ Once Through Boiler ไปจนถึงหม้อน้ำแบบท่อน้ำขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 80 ถึง 96 เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิภาพของหม้อน้ำนั้นจะแตกต่างกันไปตามแต่การใช้งานของโรงงาน ทั้งในด้านการบำรุงรักษา และประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้งาน

และถ้าพิจารณาตามบริษัทผู้ผลิตหม้อน้ำแล้ว จะพบว่าพฤติกรรมการใช้หม้อน้ำในประเทศไทยนั้นมีการใช้หม้อน้ำจากหลากหลายยี่ห้อ หลากหลายผู้ผลิต โดยไม่ว่าจะเป็นผู้ผลิตหม้อน้ำ หรือหัวเผารายใดก็ตาม ล้วนแต่จะมีทางเลือกให้กับโรงงานได้เลือกใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ได้ตามความต้องการ ทั้งจากเชื้อเพลิงแข็ง เหลว ก๊าซ ซึ่งสามารถแยกย่อยลงไปได้อีกด้วยว่าเป็นเชื้อเพลิงแบบใด

1.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ

ส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่เกี่ยวกับหม้อน้ำคือ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ ซึ่งมีผลต่อทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้หม้อน้ำ ในประเทศไทยสาระสำคัญของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำจะเน้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการเดินเครื่องหม้อน้ำ และการรักษาสภาพแวดล้อมเป็นหลัก โดยมีรายละเอียดกฎหมายของประเทศไทยที่เกี่ยวกับหม้อน้ำ ดังนี้

1.2.1 กฎหมายด้านความปลอดภัย

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

1) กฎหมายด้านความปลอดภัยที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบ

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

- กฎกระทรวงกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. 2549
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง มาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน พ.ศ. 2549
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549

ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญของกฎหมายด้านความปลอดภัยที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบได้ดังนี้

(1) มีการควบคุมกำกับดูแลด้านหม้อน้ำ ตั้งแต่เริ่มต้นวงจรชีวิต จนสิ้นสุดวงจรชีวิต ซึ่งก็คือการออกแบบ การผลิต การตรวจสอบการผลิต การติดตั้ง การใช้งาน การซ่อมแซมและดัดแปลง และการยกเลิกการใช้งาน

(2) มีการกำหนดบุคลากรที่จะทำหน้าที่เกี่ยวกับหม้อน้ำ ได้แก่ วิศวกรควบคุมและอำนวยการใช้หม้อน้ำ วิศวกรตรวจทดสอบหม้อน้ำหรือหม้อต้มของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน วิศวกรควบคุมการสร้างหรือซ่อมหม้อน้ำหรือหม้อต้มของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน ผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน และหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ

(3) การออกแบบและคำนวณหม้อน้ำ ที่จะทำการสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐา ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานสากล ได้แก่ มาตรฐาน ASME, JIS, EN หรือมาตรฐ เทียบเท่า

(4) มีการกำหนดเกี่ยวกับสถานที่ติดตั้ง วิธีการติดตั้ง วิธีการตรวจสอบ การเคลื่อนย้ายหม้อ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ภาชนะรับแรงดัน รวมถึงระบบท่อ (Piping System) ด้วย

(5) มีการกำหนดเกี่ยวกับการฝึกอบรมผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็น นำความร้อน

(6) มีการกำหนดอุปกรณ์ความปลอดภัยที่ต้องทำการติดตั้งเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งา

(7) มีการกำหนดคุณสมบัติของน้ำที่จะเข้าหม้อน้ำ และน้ำที่อยู่ในหม้อน้ำ

2) กฎหมายด้านความปลอดภัยที่กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานรับผิดชอบ

กฎหมายที่กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานใช้ในการกำกับดูแลความปลอดภัยในการใช้ หม้อน้ำ มี 1 ฉบับ คือ ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับหม้อน้ำ ได้รับการประกาศเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2534 ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญของประกาศกระทรวงเรื่องความ ปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับหม้อน้ำ ได้ดังนี้

(1) กำหนดให้นายจ้างใช้หม้อน้ำและอุปกรณ์หม้อน้ำที่ได้มาตรฐานสากลหรือมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

(2) กำหนดให้มีการติดตั้งหม้อน้ำและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่ถูกหลักวิชาการด้านวิศวกรรม

(3) กำหนดให้มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้กับหม้อน้ำเพื่อไม่ให้เกิดการกัดกร่อนหรือเป็น อันตรายต่อหม้อน้ำ

(4) กำหนดให้มีคณะกรรมการที่ปรึกษาเกี่ยวกับหม้อน้ำเพื่อให้คำปรึกษาเกี่ยวกับนโยบายการ ปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมาย ตลอดจนปัญหาทางเทคนิคเกี่ยวกับหม้อน้ำ

(5) กำหนดให้มีมาตรการควบคุมการดัดแปลงหม้อน้ำอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการด้าน วิศวกรรม

(6) กำหนดให้มีการตรวจทดสอบหม้อน้ำประจำปีและหลังซ่อมส่วนสำคัญ โดยมีวิศวกรรับรอง ผลการตรวจสอบ

(7) ให้อำนาจพนักงานเจ้าหน้าที่ดำเนินการให้นายจ้างปรับปรุง แก้ไขหม้อน้ำให้อยู่ในสภาพ ปลอดภัยและระงับการใช้หม้อน้ำที่ทรุดโทรมหมดสภาพใช้งาน

(8) กำหนดให้มีการคุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล โดยให้นายจ้างจัดอุปกรณ์ป้องกัน อันตรายต่างๆ ให้ลูกจ้างใช้

1.2.2 กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม

กฎหมายที่ใช้ในการกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมในการใช้หม้อน้ำนั้น ทั้งหมดเป็นเรื่องเกี่ยวกับการ ควบคุมค่ามลพิษในไอเสียจากการเผาไหม้ภายในหม้อน้ำที่ระบายออกสู่บรรยากาศ ซึ่งหน่วยงานที่มีหน้าที่ กำกับดูแลด้านสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการใช้หม้อน้ำในในประเทศไทยมี 2 หน่วยงานหลักด้วยกัน คือ **กรมโรงงานอุตสาหกรรม** และ**กรมควบคุมมลพิษ** โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีหน้าที่กำกับดูแล

สิ่งแวดล้อมของหม้อน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่กรมควบคุมมลพิษมีหน้าที่กำกับดูแลสิ่งแวดล้อมของหม้อน้ำทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและนอกโรงงานอุตสาหกรรม

1) กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบ

กฎหมายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมใช้ในการกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมจากการใช้หม้อน้ำ ในปัจจุบันมีทั้งสิ้น 3 ฉบับ คือ

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

2) กฎหมายที่กรมควบคุมมลพิษรับผิดชอบ

กฎหมายที่กรมควบคุมมลพิษใช้ในการกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมจากการใช้หม้อน้ำ ในปัจจุบันมีทั้งสิ้น 6 ฉบับ คือ

- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้โรงสีข้าวที่ใช้หม้อน้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อน้ำ
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้สถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากสถานประกอบกิจการที่ใช้หม้อไอน้ำ
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม



บทที่ 2

การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำ

บทที่ 2
การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำ

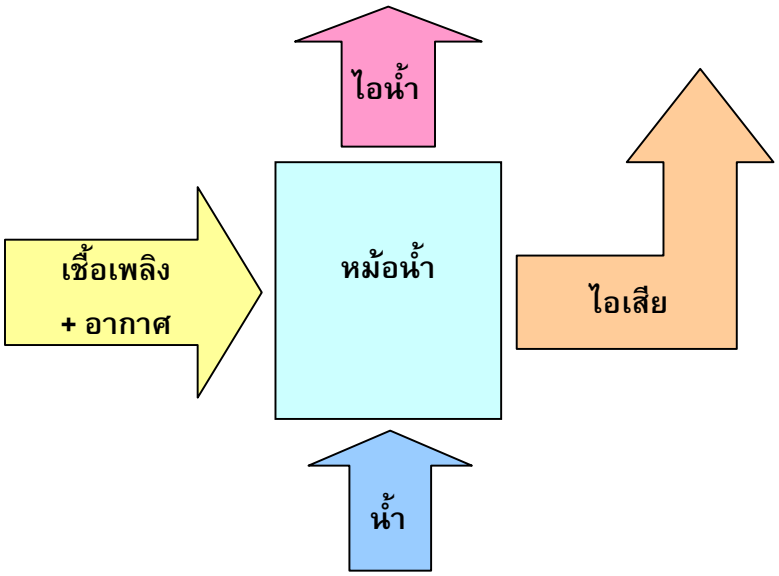
ในบทนี้เป็นการอธิบายถึงการประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ โดยเป็นการประเมินที่ตัวหม้อน้ำ ซึ่งมีการหาทั้งวิธีการตรง (Direct method) และวิธีทางอ้อม (Indirect method) และการประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของระบบส่งจ่ายไอน้ำ ซึ่งจะประเมินประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในระบบส่งจ่ายไอน้ำ รวมทั้งการประเมินโอกาสด้านการประหยัดพลังงานของหม้อน้ำ

2.1 การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ

การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ คือ การวิเคราะห์หาศักยภาพการใช้งานของหม้อน้ำโดยการคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อน้ำ ซึ่งสามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือ วิธีตรง(Direct Method) และวิธีอ้อม(Indirect Method)

2.1.1 การคำนวณโดยวิธีทางตรง(Direct Method)

การคำนวณประสิทธิภาพหม้อน้ำโดยวิธีตรง(Direct Method) ทำการคำนวณโดยใช้พลังงานความร้อนของไอน้ำที่ผลิตโดยหม้อน้ำและข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิง วิธีการคำนวณวิธีตรงนี้เป็นวิธีคำนวณอย่างง่าย โดยจะต้องทำการวัดค่าอัตราการใช้ของเชื้อเพลิงและค่าความร้อนเชื้อเพลิง เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพหม้อน้ำ



รูปที่ 2.1-1 แผนผังสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ วิธีการโดยตรง

การหาประสิทธิภาพหม้อน้ำโดยวิธีตรง สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$Boiler\ Efficiency = \frac{Heat\ Output}{Heat\ Input} \times 100$$

$$Boiler\ Efficiency = \frac{Steam\ \ flow\ \ rate \times \left(steam\ \ enthalpy - feed\ \ water\ \ enthalpy\right)}{Fuel\ \ firing\ \ rate \times Gross\ \ calorific\ \ value} \times 10$$

โดยที่

$Steam\ \ flow\ ratr\ \left(\dot{m}_s\right)$ = อัตราการไหลของไอน้ำ (kg/s)

$Steam\ enthalpy\ \left(h_s\right)$ = เอนทาลปีของไอน้ำ (kJ/kg)

$Feed\ water\ enthalpy\ \left(h_w\right)$ = เอนทาลปีของน้ำป้อน (kJ/kg)

$Fuel\ \ firing\ \ rate\ \left(\dot{m}_f\right)$ = อัตราการใช้เชื้อเพลิง (kg/s)

$Gross\ calorific\ value\ \left(GCV\right)$ = ค่าความร้อนต่ำเชื้อเพลิง (kJ/kg)

2.1.2 การคำนวณโดยวิธีทางอ้อม(Indirect Method)

การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ สามารถทำการประเมินประสิทธิภาพของหม้อน้ำโดยวิธีคำนวณทางอ้อม (Indirect Method) ได้ ซึ่งเป็นการหักลบผลรวมของค่าการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นในหม้อน้ำ ออกจากค่าพลังงานที่ป้อนเข้าไป ซึ่งจะได้ค่าประสิทธิภาพของหม้อน้ำ ดังสมการ

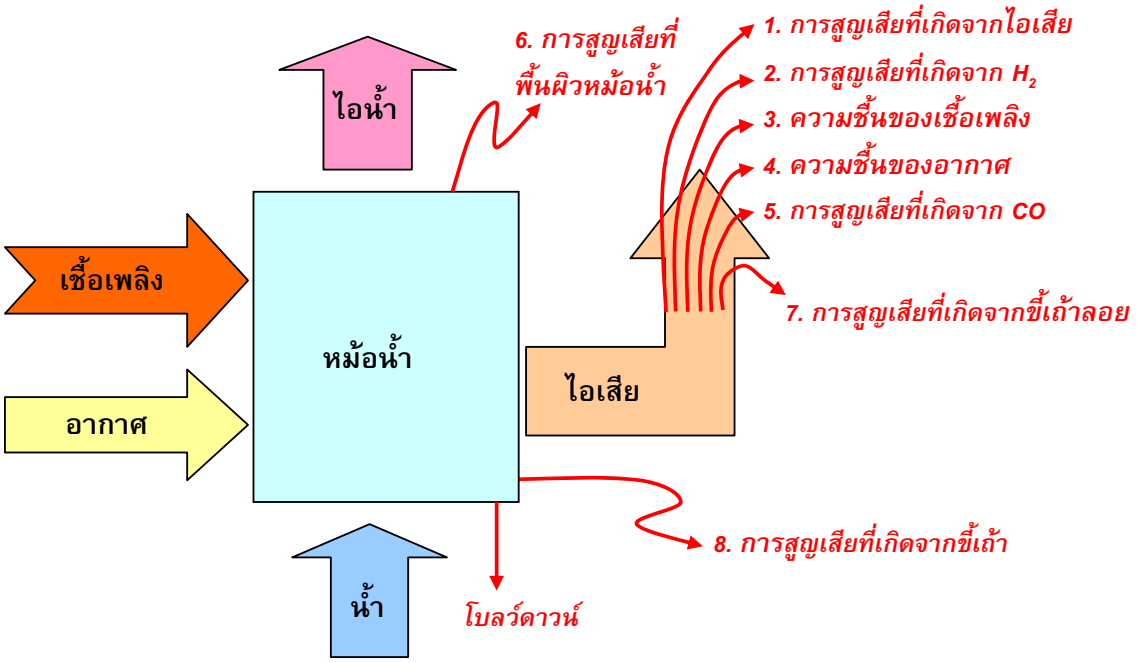
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (%) = 100 (%) – การสูญเสียความร้อนในหม้อน้ำ (%)

การสูญเสียความร้อนของหม้อน้ำเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีให้แก่สภาวะแวดล้อมของหม้อน้ำ โดยเป็นการสูญเสียที่พื้นผิวของหม้อน้ำ การสูญเสียความร้อนจากก๊าซไอเสีย การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ และการสูญเสียความร้อนไปกับการโบลว์ดาวน์ ซึ่งการสูญเสียความร้อนของหม้อน้ำแสดงใน**รูปที่ 2.1-2**

จากแผนผังสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ **รูปที่ 2.1-2** เมื่อพิจารณาตามแผนผังสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ สามารถประเมินสมรรถนะหม้อน้ำได้ โดยหลักในการประเมินจะพิจารณาจากประสิทธิภาพของหม้อน้ำเป็นสำคัญ ซึ่งสรุปสมการดังนี้

ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (%) = 100 - [(การสูญเสียที่เกิดจากไอเสีย) +
(การสูญเสียที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจน) +
(การสูญเสียที่เกิดจากความชื้นของเชื้อเพลิง) +
(การสูญเสียที่เกิดจากความชื้นของอากาศ) +
(การสูญเสียที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์) +
(การสูญเสียที่เกิดจากขี้เถ้าลอย) +
(การสูญเสียที่เกิดจากขี้เถ้า)]

จากสมการคำนวณประสิทธิภาพหม้อน้ำข้างต้น แสดงให้เห็นว่าในหม้อน้ำนั้นมีการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้น โดยการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีให้แก่สภาวะแวดล้อมของหม้อน้ำ(การสูญเสียความร้อนที่พื้นผิวหม้อน้ำ) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากไอเสีย(การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากไอเสีย) และการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้(การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจน การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากความชื้นของเชื้อเพลิง การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากความชื้นของอากาศ การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากขี้เถ้าลอย และการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากขี้เถ้า) เพราะฉะนั้นในการคำนวณประสิทธิภาพหม้อน้ำจะต้องทราบค่าการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบก่อน จึงจะสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพด้วยวิธีการคำนวณทางอ้อมได้



รูปที่ 2.1-2 แผนผังสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ วิธีทางอ้อม

การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นในหม้อน้ำ

1) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากไอเสีย (Dry Flue Gas Loss)

การการสูญเสียความร้อนทางปล่องไอเสีย (Dry Flue Gas Loss) เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงหม้อน้ำ เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไปใช้ในการต้มน้ำและผลิตไอน้ำ โดยผ่านพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้นไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ในหม้อน้ำส่วนหนึ่งจะถูกปล่อยทิ้งทางปล่อง (ไอเสียที่ถูกปล่อยทิ้งจะยังมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง) ดังนั้นจึงเกิดการสูญเสียความร้อนออกทางปล่องไอเสียในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีการสูญเสียประมาณ 10 - 30% การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากไอเสียสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L_1 = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_a)}{GVC\ of\ fuel} \times 100$$

โดยที่

L_1 = % การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากไอเสีย

m = มวลของไอเสีย (kg/kg-fuel)
(มวลของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ [CO_2+SO_2+$N_{2\ fuel}$+$N_{2\ air}$+$O_{2\ ไอเสีย}$])

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของไอเสีย (kCal/kg $^{\circ}$C)

T_f = อุณหภูมิไอเสีย ($^{\circ}$C)

T_a = อุณหภูมิแวดล้อม ($^{\circ}$C)

GVC = Gross Calorific Value (ค่าความร้อนที่ได้ทั้งหมดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยปกติแล้วในเชื้อเพลิง จะมีน้ำปนอยู่ด้วย และเมื่อเผาไหม้ น้ำส่วนนี้จะรวมกับ น้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ของไฮโดรเจน ซึ่งจะมีความร้อนส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในรูปความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ความร้อนแฝงส่วนนี้ ไม่สามารถนำมาใช้ในทางปฏิบัติได้ สำหรับค่า Gross Calorific Value นี้ไม่ได้หักค่าความร้อนแฝงส่วนนี้ออก)

2) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ (Combustion Loss)

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ประกอบด้วยเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง เช่น ลิกไนต์ ฟืน แกลบ หรือเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมันก๊าด น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล หรือเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ เช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหุงต้ม ก๊าซชีวมวล ทั้งนี้การใช้เชื้อเพลิงชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของหม้อน้ำ หรืออาจจะถูกออกแบบให้ใช้กับเชื้อเพลิงสองชนิด เช่น น้ำมันกับก๊าซ เป็นต้น ผู้ใช้จะเลือกใช้ตามความสะดวก สำหรับการใช้เชื้อเพลิงเหลวในการเผาไหม้นั้นพบว่าในประเทศไทยได้รับความนิยมมากที่สุด

การเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวจะใช้หัวเผาชนิดต่างๆ ที่มีความสามารถในการทำน้ำมันให้เป็นฝอยและทำการผสมอณูเล็กๆ ของเชื้อเพลิงให้ผสมกันอย่างดีกับอากาศ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ (การสันดาป คือ การออกซิเดชั่นที่สสารปล่อยความร้อนและแสงสว่างออกมา) เชื้อเพลิงเหลวประกอบด้วยธาตุที่สันดาปได้ เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน และธาตุที่ไม่สันดาป เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน ขี้เถ้า และความชื้น เป็นต้น ธาตุที่สันดาปได้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศที่นำเข้าไปผสมและได้สารใหม่ขึ้นมารวมทั้งได้พลังงานความร้อนออกมาด้วย

การสันดาปที่สมบูรณ์จะทำให้ได้พลังงานความร้อนสูงสุด แต่ถ้าการสันดาปไม่สมบูรณ์จะเกิดควันดำ และสูญเสียพลังงานความร้อนอย่างมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจาก

- การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการควบแน่นของน้ำจากก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ในเชื้อเพลิง
- การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความชื้นในเชื้อเพลิง
- การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความชื้นในอากาศ
- การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete combustion)

2.1) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการควบแน่นของน้ำจาก H_2 ในเชื้อเพลิง

การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการควบแน่นของน้ำจากก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ส่งผลให้มีก๊าซไฮโดรเจนที่เป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงเหลืออยู่ในระบบ ก๊าซไฮโดรเจนเหล่านี้จะจับตัวกับออกซิเจนที่อยู่ในอากาศ (O_2) เปลี่ยนสภาพเป็นน้ำ (H_2O) และเนื่องจากน้ำที่เกิดขึ้นอยู่ภายในระบบเผาไหม้เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอน้ำ ดังนั้นการเปลี่ยนสภาพของน้ำเป็นไอน้ำจะต้องดึงความร้อนบางส่วนที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนโดยเปล่าประโยชน์ในกระบวนการเผาไหม้

$$L_2 = \frac{9 \times H_2 \times \{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{GCV\ of\ fuel} \times 100$$

โดยที่

L_2 = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการควบแน่นของน้ำในกระบวนการเผาไหม้

H_2 = มวลของไฮโดรเจน(kg/kg-fuel)

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะน้ำ (kCal/kg $^{\circ}$C)

T_f = อุณหภูมิไอเสีย ($^{\circ}$C)

T_a = อุณหภูมิแวดล้อม ($^{\circ}$C)

584 = ค่าความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอของน้ำ (kJ หรือ Btu)

2.2) การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความชื้นในเชื้อเพลิง

การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความชื้นในเชื้อเพลิง ถ้าเชื้อเพลิงมีความชื้นสูงหรือมีปริมาณของน้ำผสมอยู่ในเชื้อเพลิงมากจะส่งผลให้พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีค่าต่ำ เพราะพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งจะต้องนำไประเหยน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิง จะคล้ายกับกรณีการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการควบแน่นของน้ำ แต่ในกรณีนี้จะเป็นความชื้นที่ผสมอยู่กับเชื้อเพลิงอยู่แล้ว

$$L_3 = \frac{M \times \{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{GCV\ of\ fuel} \times 100$$

โดย

L_3 = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความชื้นในเชื้อเพลิง

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kCal/kg $^{\circ}$C)

T_f = อุณหภูมิไอเสีย ($^{\circ}$C)

T_a = อุณหภูมิแวดล้อม ($^{\circ}$C)

GCV = Gross Calorific Value

M = มวลของน้ำหรือส่วนประกอบที่ทำให้เกิดความชื้นในเชื้อเพลิง(kg/kg-fuel)

584 = ค่าความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอของน้ำ (kJ หรือ Btu)

2.3) การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความชื้นในอากาศ

การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความชื้นในอากาศ เกิดจากในกระบวนการเผาไหม้จะต้องการอากาศเพื่อเป็นส่วนประกอบในการเผาไหม้(Combustion -> Fuel + Air) ดังนั้นถ้าอากาศที่นำมาใช้มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิงลดลง เนื่องจากต้องเสียความร้อนส่วนหนึ่งไปกับการระเหยกลายเป็นไอของน้ำที่ผสมอยู่ในอากาศ และไอน้ำที่เกิดขึ้นเหล่านี้ยังเป็นอุปสรรคในการถ่ายเทความร้อนผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพราะอาจจะมีการเกิดฟิล์มบางของน้ำซึ่งมีลักษณะเป็นฉนวนเกิดขึ้นได้

$$L_4 = \frac{AAS \times humidity\ \ factor \times C_p \times \left(T_f - T_a\right)}{GCV\ of\ \ fuel} \times 100$$

โดยที่

L_4 = % การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความชื้นในอากาศ

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kCal/kg $^{\circ}$C)

T_f = อุณหภูมิไอเสีย ($^{\circ}$C)

T_a = อุณหภูมิแวดล้อม ($^{\circ}$C)

GCV = Gross Calorific Value

AAS = มวลอากาศตามจริงที่ใช้ขณะนั้น (kg/kg-fuel)

$humidity\ \ factor$ = $kg_{น้ำ}$ / $kg_{อากาศแห้ง}$

2.4) การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete combustion)

การเผาไหม้ถือเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการนำความร้อนไปใช้งานมาก เพราะหากการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ก็เท่ากับว่าเชื้อเพลิงบางส่วนถูกทิ้งไปโดยไม่เกิดการเผาไหม้ ดังนั้นเป้าหมายของประสิทธิภาพสูงสุดในส่วนของการเผาไหม้คือ การทำให้เชื้อเพลิงที่ใช้ถูกเผาไหม้หมด สภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวและก๊าซควรมีออกซิเจนส่วนเกิน 10–30% ถ้ามีออกซิเจนน้อยจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดเขม่าคาร์บอนมาก แต่ถ้าใช้ออกซิเจนมากจะทำให้ปริมาณไอเสียมากเกินความจำเป็นทำให้ความร้อนบางส่วนสูญเสียไปกับไอเสียส่วนเกิน ถ้ามีเชื้อเพลิงหรืออากาศมากหรือน้อยเกินไปในระหว่างการเผาไหม้ ก็จะทำให้เกิดความไม่สมดุลของเชื้อเพลิง และเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้น จะต้องมีปริมาณออกซิเจน (O_2) ที่แน่นอน เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และต้องการอากาศส่วนเกินบางส่วน เพื่อให้แน่ใจว่าจะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

จากกระบวนการเผาไหม้ ไม่ใช่เชื้อเพลิงทุกชนิดที่จะสามารถถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นความร้อนแล้วถูกดูดซับโดยอุปกรณ์ผลิตไอน้ำ โดยปกติแล้วไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงจะถูกเผา และเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำส่วนใหญ่ (ตามมาตรฐานของมลพิษทางอากาศ) จะมีกำมะถันเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ดังนั้นประสิทธิภาพของการเผาไหม้จึงพิจารณาจากปริมาณคาร์บอนที่ไม่ถูกเผาไหม้ (ในขี้เถ้า หรือ ก๊าซที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แทนที่จะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$L_5 = \frac{\%CO \times C}{\%CO + \%CO_2} \times \frac{5744}{GCV\ of\ fuel} \times 100$$

โดยที่

L_5 = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียความร้อนเนื่องจากเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

CO = ปริมาณ CO ในไอเสียจากปล่อง (%)

CO_2 = ปริมาณ CO2 ในไอเสียจากปล่อง (%)

C = ค่าคงที่คาร์บอน (kg/kg-fuel)

GCV = Gross Calorific Value

ในกรณีที่เครื่อง gas analyzer วัดค่า CO เป็นหน่วย ppm

$$L_5 = M_{CO} \times 5744 \text{ (ค่าสูญเสียความร้อนจากการเผาไหม้คาร์บอน)}$$

$$CO\ (M_{CO}) = CO\ (ppm) \times 10^{-6} \times M_f \times 28$$

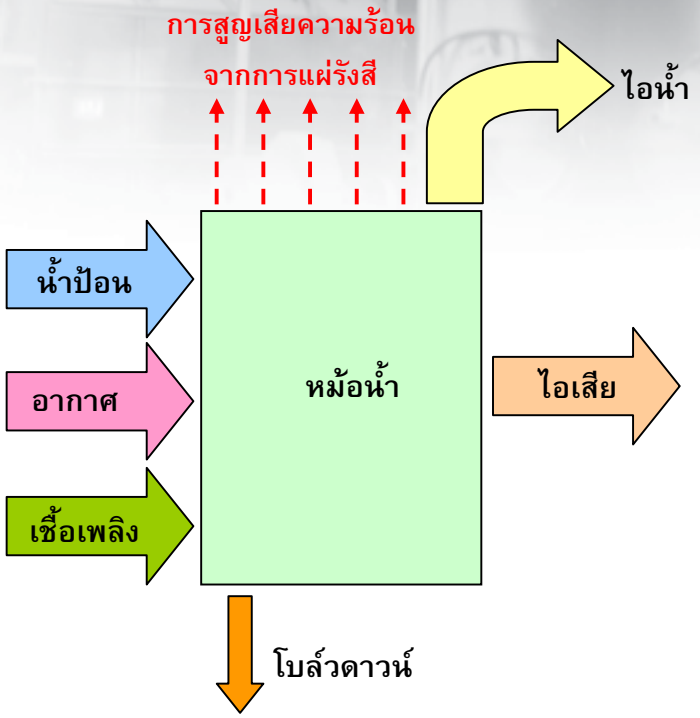
โดยที่

M_f = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (kg/hr)

3) การสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี (Surface loss)

การสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี หมายถึง การสูญเสียความร้อนบริเวณพื้นผิวของหม้อน้ำ แต่ในความเป็นจริงแล้ว เมื่อมีการกล่าวถึงการสูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อน ก็จะหมายรวมถึงการแผ่รังสี การพาความร้อนและการนำความร้อนด้วย แต่ในทางปฏิบัติจะใช้เฉพาะคำว่าการแผ่รังสีเท่านั้น ซึ่งโดยปกติจะใช้ก็ต่อเมื่อมีการคำนวณประสิทธิภาพของหม้อน้ำเท่านั้น

การสูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อนในหม้อน้ำรุ่นใหม่จะมีประมาณ 1% หรือน้อยกว่าของความร้อนในอัตราที่สูงที่สุดของประมาณเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไป แต่ถ้าการใช้หม้อน้ำรุ่นเก่าและสภาพฉนวนเสื่อม ก็ยิ่งเกิดการสูญเสียความร้อนจากพื้นผิวมากยิ่งขึ้น และอาจสูงถึง 10% การสูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อนของหม้อน้ำไม่สามารถวัดออกมาได้โดยตรง และโดยปกติการสูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อนก็จะรวมอยู่ในการสูญเสียอื่นๆ ที่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเพื่อให้เกิดสมดุลความร้อน (Heat Balance) ดังนั้นจึงมักจะกล่าวกันว่า เป็นการสูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อนและอื่นๆ ซึ่งจะปรากฏให้เห็นว่าการสูญเสียความร้อนนั้นสูงกว่าที่มีการคาดการณ์ว่าจะมีการสูญเสียความร้อนที่พื้นผิวอย่างเดียวจริงๆ การสูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อนจะมีค่าคงที่ขณะที่หม้อน้ำกำลังเดินเครื่องอยู่ เพราะการสูญเสียถูกกำหนดอยู่ที่อุณหภูมิของหม้อน้ำ ไม่ได้กำหนดที่อุณหภูมิของไอน้ำที่ออกมา (Output) ถ้ามีการเดินเครื่องหม้อน้ำภายใต้สภาวะโหลดต่ำ ก็จะทำให้สัดส่วนของเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้ไปเพิ่มสูงขึ้นกว่าการเดินเครื่องหม้อน้ำที่มีสภาวะโหลดสูงกว่า



รูปที่ 2.1-3 การสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี (Radiation Heat)

โดยปกติค่าการแผ่รังสีและค่าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จะพิจารณาจากชนิดและขนาดหม้อน้ำเป็นสำคัญ โดยทั่วไปสามารถสรุปดังนี้

- หม้อน้ำชนิดท่อไฟสำหรับอุตสาหกรรม มีค่าการสูญเสียจากการแผ่รังสี = 1.5% – 2.5%
- หม้อน้ำชนิดท่อน้ำสำหรับอุตสาหกรรม มีค่าการสูญเสียจากการแผ่รังสี = 2.0% – 3.0%
- หม้อน้ำสำหรับโรงไฟฟ้า มีค่าการสูญเสียจากการแผ่รังสี = 0.4% – 1.0%

การสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$L_6 = 0.548 \times \left[\left(\frac{T_s}{55.55} \right)^4 - \left(\frac{T_a}{55.55} \right)^4 \right] + 1.957 \times (T_s - T_a)^{1.25} \times \sqrt{\left[\frac{(196.85V_m + 68.9)}{68.9} \right]}$$

โดยที่

L_6 = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสี (W/m^2)

V_m = ค่าความเร็วลม (m/s)

T_s = อุณหภูมิผิวหม้อน้ำ ($^{\circ}C$)

T_a = อุณหภูมิแวดล้อม ($^{\circ}C$)

4) การสูญเสียความร้อนจากขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้

การสูญเสียความร้อนจากขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้เสียพลังงานความร้อนไปบางส่วน ซึ่งปริมาณของขี้เถ้าจะสัมพันธ์กับวัสดุอนินทรีย์หรือเกลือที่อยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับระดับของขี้เถ้าในเชื้อเพลิงสกัดนั้น ถือว่าเป็นเรื่องเล็กน้อย เชื้อเพลิงตกค้างจะมีปริมาณขี้เถ้าสูงกว่า เกลือเหล่านี้อาจจะเป็นส่วนประกอบของ โซเดียม วาเนเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซิลิคอน เหล็ก อะลูมิเนียม นิกเกิล และอื่นๆ

โดยปกติแล้วปริมาณของขี้เถ้าจะอยู่ในช่วง 0.03% - 0.07% ถ้ามีปริมาณขี้เถ้าในเชื้อเพลิงเหลวมากเกินไป ก็จะทำให้มีกากปนเปื้อนอยู่ในอุปกรณ์การเผาไหม้ ขี้เถ้ามีผลกระทบด้านการสึกกร่อนต่อส่วนปลายของหัวเผา และทำให้เกิดความเสียหายแก่วัสดุทนความร้อนอื่นๆ เมื่อต้องอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง ตลอดจนทำให้เกิดการกัดกร่อนที่อุณหภูมิสูงและการชำรุดของอุปกรณ์ต่างๆ ขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้สามารถแยกพิจารณาขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

4.1) ขี้เถ้าที่มีน้ำหนักเบาหรือขี้เถ้าลอย (Unburned in fly ash)

ขี้เถ้าลอยคือขี้เถ้าที่มีนำหนักเบาฟุ้งกระจายอยู่ส่วนบนของห้องเผาไหม้ในหม้อน้ำ สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$L_7 = \frac{Total\ \ ash\ \ collected / kg\ \ of\ \ \ fuel\ \ burnt \times GCV\ \ of\ \ \ fly\ \ ash}{GCV\ \ of\ \ fuel} \times 100$$

โดยที่

L_7 = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียความร้อนเนื่องจากขี้เถ้าลอย (unburned fly ash)

4.2) ขี้เถ้าที่มีน้ำหนักมากหรือขี้เถ้าจม (Unburned in bottom ash)

ขี้เถ้าจมคือขี้เถ้าที่มีน้ำหนักมากและตกตะกอนอยู่ด้านล่างของห้องเผาไหม้ในหม้อน้ำ สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

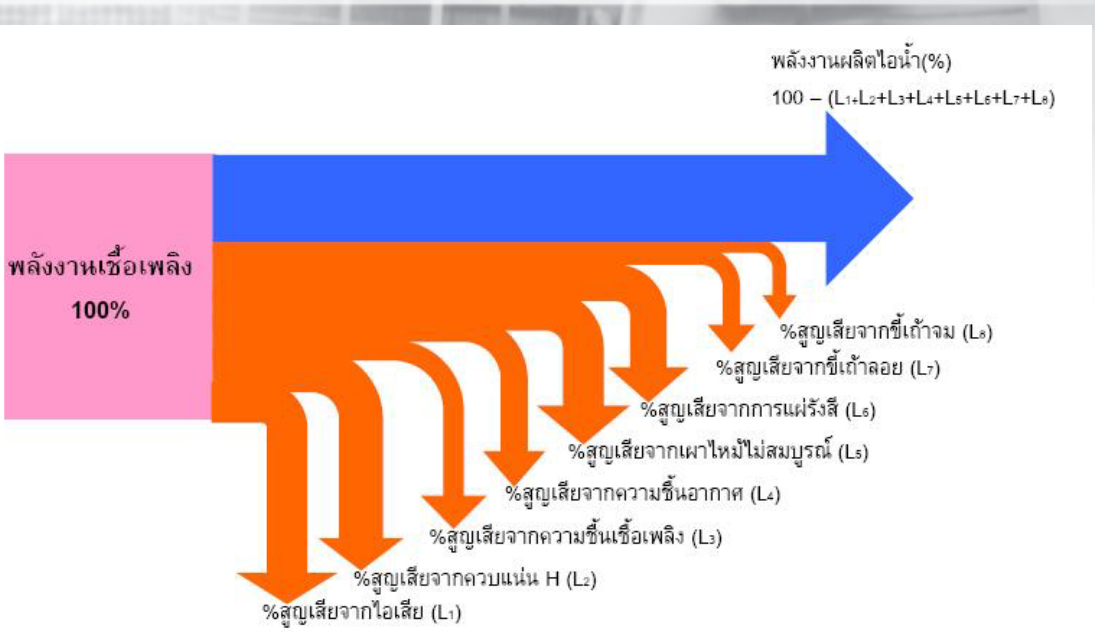
$$L_8 = \frac{Total\ \ ash\ \ collected / kg\ \ of\ \ \ fuel\ \ burnt \times GCV\ \ of\ \ \ bottom\ \ ash}{GCV\ \ of\ \ fuel} \times 100$$

โดยที่

L_8 = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียความร้อนเนื่องจากขี้เถ้าจม (unburned bottom ash)

สมดุลพลังงานความร้อน

สมดุลพลังงานความร้อนจะแสดงให้เห็นถึงพลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำและความสูญเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตไอน้ำ โดยเกิดจากการสูญเสียต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว (L_1 ถึง L_8) ซึ่งผลแตกต่างระหว่างค่าพลังงานเข้า (พลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำทั้งหมด) และพลังงานความร้อนสูญเสียในสมดุลพลังงานระบบหม้อน้ำ จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของหม้อน้ำได้ ดังแสดงใน **รูปที่ 2.1-4** และ **ตารางที่ 2.1-1**



รูปที่ 2.1-4 แผนผังประสิทธิภาพการพลังงานในหม้อน้ำสำหรับผลิตไอน้ำ

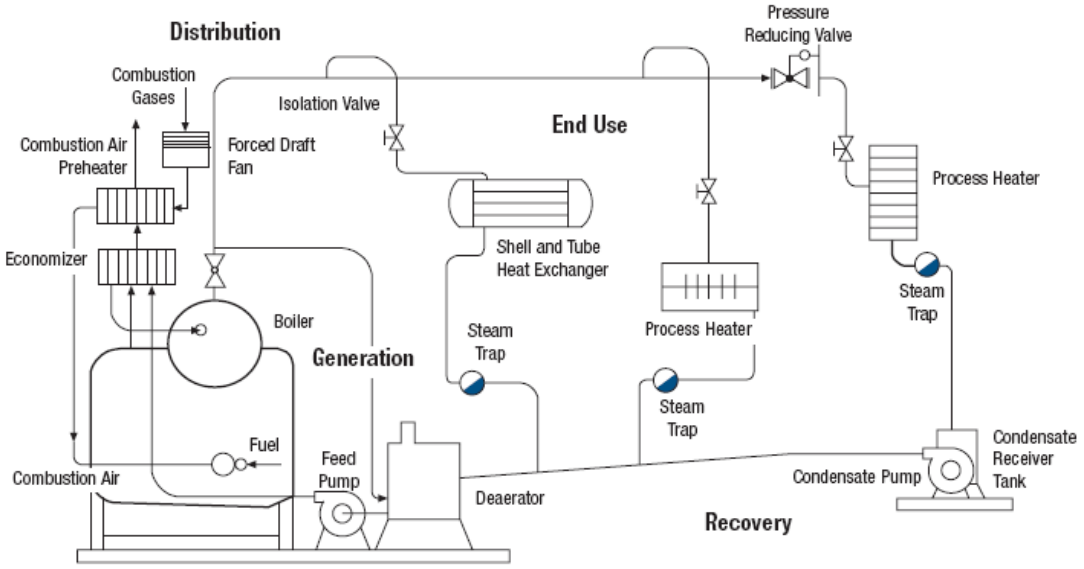
ตารางที่ 2.1-1 สมดุลพลังงานความร้อนของหม้อน้ำ

พลังงานเข้า		kCal/kg-fuel	%
1) ค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิง	=	Fuel	100
พลังงานออก			
1) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากไอเสีย	=	L_1	
2) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจาก H_2	=	L_2	
3) การสูญเสียความร้อนที่เกิดความชื้นเชื้อเพลิง	=	L_3	
4) การสูญเสียความร้อนที่เกิดความชื้นอากาศ	=	L_4	
5) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์	=	L_5	
6) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสี	=	L_6	
7) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากขี้เถ้าลอย (fly ash)	=	L_7	
8) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากขี้เถ้าจม (bottom ash)	=	L_8	
ผลรวมค่าการสูญเสียความร้อน	=		
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ = 100 - (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8)	=		

2.2 การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของระบบไอน้ำ

การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของระบบไอน้ำ เป็นการประเมินด้านการใช้พลังงานไอน้ำ หรือหาประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในระบบไอน้ำ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบไอน้ำว่าดีหรือไม่ มีการสูญเสียที่ไหนบ้าง และจะสามารถวางแผนในการปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้อง

ระบบการจ่ายไอน้ำในอุดมคติ จะมีเส้นทางเดินไอน้ำที่สั้นที่สุด โดยเริ่มจากหม้อไอน้ำถึงกระบวนการที่ต้องใช้ไอน้ำและต้องใช้ท่อที่เล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตั้งอยู่บนสมมติฐาน 2 ประการคือ ประการแรก ไม่ว่าฉนวนหุ้มท่อที่ใช้จะมีคุณภาพเพียงใดก็ตาม ปริมาณความร้อนผ่านท่อที่อุณหภูมิสูงก็ยังคงมีการสูญเสียความร้อนเกิดขึ้น ประการที่สอง การสูญเสียความร้อนน้อยที่สุดแต่จะทำให้เกิดความดันตกในท่อ (Pressure Drop) เพิ่มขึ้นและมีการสูญเสียจากความฝืดหรือความเสียดทานภายในระบบ สำหรับแผนผังของระบบไอน้ำแสดงใน**รูปที่ 2.2-1**



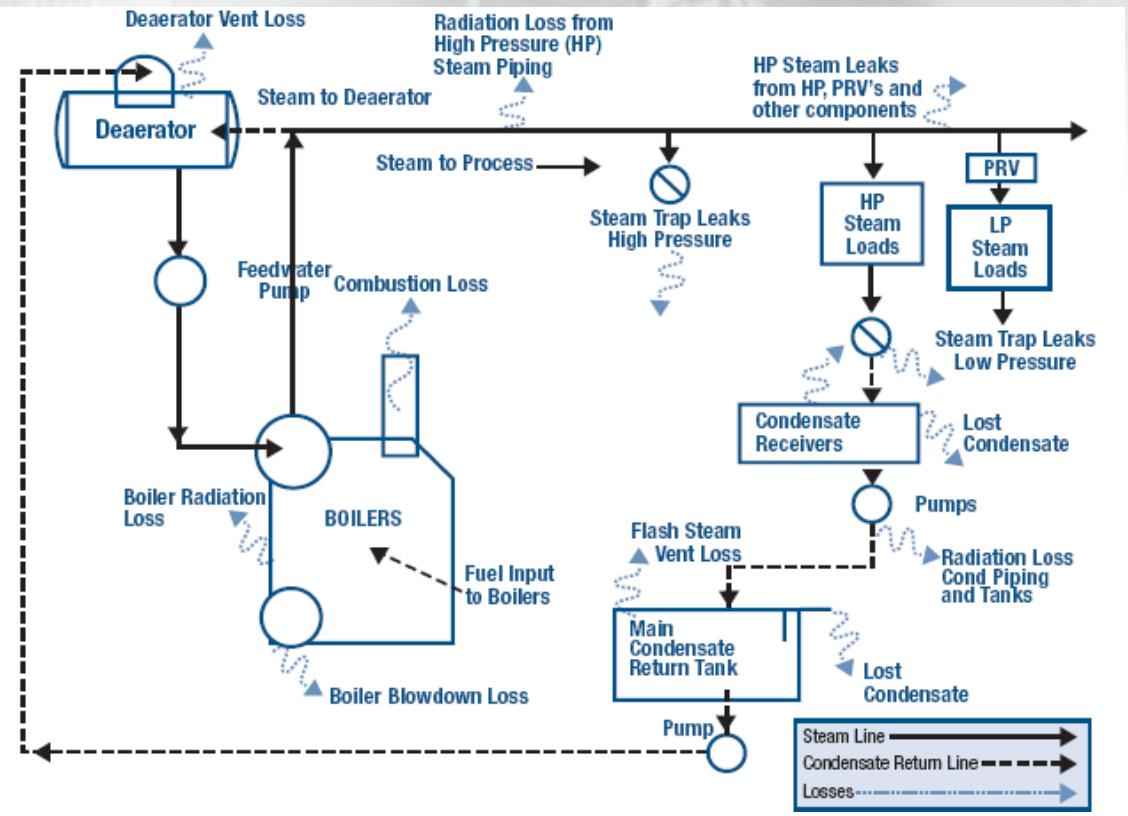
ที่มา : Improving steam system performance , U.S. Department of Energy

รูปที่ 2.2-1 แผนผังการใช้งานระบบไอน้ำ(Steam system)

การประเมินสมรรถนะระบบไอน้ำ หรือ การคำนวณหาประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในระบบไอน้ำ จะใช้วิธีการคำนวณแบบทางอ้อม(Indirect Method) เพราะฉะนั้นจะต้องทราบค่าการสูญเสียความร้อนในระบบไอน้ำก่อน หลังจากนั้นจึงคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบไอน้ำ (ประสิทธิภาพ% = 100% – ค่าการสูญเสีย%) การสูญเสียความร้อนในระบบไอน้ำ จะเป็นการสูญเสียในอุปกรณ์และระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

- การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกับดักไอน้ำ (Steam Trap Loss)
- การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากรอยรั่วในท่อส่งไอน้ำ (Leak Loss)
- การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากความดันของไอน้ำ (Steam Pressure Loss)
- การสูญเสียความร้อนที่เกิดการไม่หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ (Uninsulated Loss)
- การสูญเสียความร้อนที่เกิดในระบบไอน้ำส่วนอื่นๆ (Other Loss)

การสูญเสียในระบบไอน้ำ แสดงได้ดัง**รูปที่ 2.2-2**



ที่มา : Steam Pressure Reduction : Opportunities and Issues , U.S. Department of Energy

รูปที่ 2.2-2 แผนผังค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบไอน้ำ (Steam System Loss)

1) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกับดักไอน้ำ (Steam Trap Loss)

การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกับดักไอน้ำ เกิดเนื่องจากการอุดตันบางส่วนหรืออุดตันทั้งหมดของกับดักไอน้ำ(กับดักไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่มีรูเล็กๆ และมีส่วนเคลื่อนไหวได้หลายชิ้น ถ้าขาดการดูแลรักษาเป็นประจำจะทำให้เกิดการอุดตันได้) การอุดตันอาจเกิดได้อย่างรวดเร็วด้วยตะกรัน สนิมและอื่นๆ ที่ผสมอยู่ในไอน้ำและคอนเดนเสท ส่งผลให้คอนเดนเสทปล่อยออกจากกับดักไอน้ำได้ช้า ออกน้อยหรือไม่ออกเลย เกิดอาการที่เรียกว่า อุดตัน หรือ น้ำขัง ทำให้การจ่ายไอน้ำมีประสิทธิภาพลดลง แต่ถ้าตะกรันสนิมไปขัดส่วนเคลื่อนไหว(วาล์ว)อาจจะทำให้วาล์วเปิดค้างตลอดเวลา ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของไอน้ำ

การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกับดักไอน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$SL_1 = \frac{\left[Steam\ Trap\ Leak\ \left(kg/hr\right)\right]}{\left[GCV\ \left(kg/hr\right)\times \eta_{Boiler}\right]}\times 100$$

หรือในกรณีที่ไม่มีค่าในตารางใช้สมการ

$$SL_1 = \frac{\left[Vent\ rate\times\left(h_{vent}-h_{makeup}\right)\times T\right]}{\left[GCV\ \left(kg/hr\right)\times \eta_{Boiler}\right]}\times 100$$

โดยที่ SL_1 = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียความร้อนจากการรั่วของกับดักไอน้ำ

$Steam\ Trap\ Leak$ = ค่าการสูญเสียความร้อนของกับดักไอน้ำ (kg/hr)

GCV = ค่าความร้อนเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ (kJ/kg)

η_{Boiler} = ประสิทธิภาพหม้อน้ำจากการคำนวณในหัวข้อ 2.1

$Vent\ rate$ = อัตราการรั่วของไอน้ำ (kg/hr)

h_{vent} = เอนทาลปีของไอน้ำ (kJ/kg)

h_{makeup} = เอนทาลปีของน้ำป้อน (kJ/kg)

T = ชั่วโมงการใช้งานไอน้ำ (hr)

2) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากรอยรั่วในท่อส่งไอน้ำ (Leak)

การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากรอยรั่วท่อส่งไอน้ำ เนื่องจากในระบบส่งจ่ายไอน้ำมักจะพบการรั่วไหลของไอน้ำในบริเวณข้อต่อต่างๆ การปล่อยรูรั่วต่างๆ ไว้ขนาดของรูรั่วจะขยายเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยปริมาณไอน้ำที่รั่วนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของรูรั่วแล้วยังขึ้นอยู่กับความดันของไอน้ำในระบบท่อนั้นๆ ด้วย ดังนั้น เมื่อพบว่ามีการรั่วไหลของไอน้ำต้องรีบดำเนินการแก้ไขโดยทันที เพื่อการป้องกันการสูญเสียความร้อนของระบบไอน้ำ การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากรอยรั่วท่อส่งไอน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Steam_{Loss}\ (kg/hr) = 199 \times A \times \left(\frac{P}{V}\right)^{0.5} \times 3600 \times n$$

$$Fuel_{Loss} = \frac{Steam_{Loss}}{(S/F)}$$

$$SL_2 = \frac{Fuel_{Loss} \times T}{GCV\ (kJ/kg) \times \eta_{Boiler}} \times 100$$

โดยที่

SL_2 = เปอร์เซ็นต์ค่าความร้อนสูญเสียจากการรั่วไหลของไอน้ำ

$Steam_{Loss}$ = อัตราการรั่วไหลของไอน้ำ

$Fuel_{Loss}$ = อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่สูญเสียจากการรั่วไหลของไอน้ำ (kg/hr)

S/F = ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง

A = พื้นที่หน้าตัดของรูรั่ว (m^2)

P = ความดันไอน้ำ (barg หรือ บาร์เกจ)

V = ปริมาตรจำเพาะของไอน้ำ (m^3/kg)

n = จำนวนรูรั่ว (จุด)

GCV = ค่าความร้อนเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ (kJ/kg)

T = ชั่วโมงการใช้งานไอน้ำ (hr)

3) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากความดันของไอน้ำ (Steam Pressure Loss)

การออกแบบหรือกำหนดขนาดท่อไอน้ำอย่างเหมาะสมนั้นสำคัญอย่างยิ่งกับการสูญเสียความดัน การสูญเสียความร้อน และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการบำรุงรักษา ความสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการสูญเสียความดัน คำนวณได้ดังสมการ

$$Steam\ rate\ (kg/hr) = 900 \times \pi \times \rho \times D^2 \times V$$

$$Fuel_{Loss} = \frac{Steam\ rate}{S/F}$$

$$SL_3 = \frac{Fuel_{Loss} \times T}{GCV\ (kJ/kg) \times \eta_{Boiler}} \times 100$$

โดยที่

SL_3 = % ค่าความร้อนสูญเสียที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดัน

$Steam\ rate$ = อัตราการไหลของไอน้ำในท่อ (kg/hr)

$Fuel_{Loss}$ = อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่สูญเสียจากความดันไอน้ำ (kg/hr)

S/F = ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (m)

ρ = ความหนาแน่นของไอน้ำ (kg/m^3)

V = ความเร็วของไอน้ำในท่อ (m/s)

N = จำนวนรูรั่ว (จุด)

GCV = ค่าความร้อนเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ (kJ/kg)

T = ชั่วโมงการใช้งานไอน้ำ (hr)

4) การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการไม่หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ (Uninsulated Loss)

การปล่อยท่อไอน้ำให้เปลือยไว้โดยไม่มีการหุ้มฉนวน จะทำให้เกิดความสูญเสียความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณสูง ความร้อนที่สูญเสียไปเทียบได้กับไอน้ำที่จะเกิดการควบแน่นภายในท่อ ความร้อนที่ใช้งานได้จริงจึงลดลงเท่ากับปริมาณความร้อนที่สูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียความร้อนจากผิวท่อเปลือยจะมากกว่าท่อที่หุ้มฉนวนมาก ขึ้นอยู่กับผลต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวนอกของท่อหรือฉนวนกับอากาศภายนอก โดยทั่วไปจะประมาณ 5-10% การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการไม่หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ สามารถคำนวณได้โดยการใช้ค่าคำนวณบางส่วนจากข้อมูลการตรวจวัด ซึ่งข้อมูลตรวจวัดที่ต้องทราบค่า คือ

ข้อมูลจากการตรวจวัด

ชั่วโมงการใช้งานระบบไอน้ำโรงงาน	=	$time$	ชั่วโมง/วัน
วัดอุณหภูมิผิวท่อที่ไม่หุ้มฉนวน	=	T_1	°C
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	=	D	นิ้ว
ความยาวท่อไอน้ำ	=	$L + n(0.4) + a(1.2)$	เมตร

โดยที่

L = ความยาวท่อไอน้ำ (เมตร)

n = จำนวนหน้าแปลนที่มีอยู่ในช่วงท่อความยาว L เมตร (ตัว)

a = จำนวนวาล์วที่มีอยู่ในช่วงท่อความยาว L เมตร (ตัว)

4.1) การหาค่าการสูญเสียความร้อนของท่อก่อนหุ้มฉนวนความร้อน

การสูญเสียความร้อนจากท่อที่ไม่หุ้มฉนวนสามารถหาได้จากการหาค่าในตาราง แสดงการสูญเสียความร้อนของพื้นผิวท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน โดยทำการค่าการสูญเสียจากตารางโดยเทียบจากค่าอุณหภูมิผิวท่อ T_1 °C กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ D นิ้ว ก็จะสามารถหาค่าความร้อนสูญเสียของผิวท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวนเท่ากับ $Q_{no-insu}$ kW/m และนำค่าความร้อนสูญเสียนี้ไปคำนวณได้ดังสมการ

$$Q_{no-insu\ \ total}\ \left(kWh/day\right) = Q_{no-insu}\ \left(kW/m\right) \times L\ \left(m\right) \times time\ \left(hr/day\right)$$

$$SL_4 = \frac{Q_{no-insu\ \ total}}{GCV\ \left(kJ/kg\right) \times \eta_{Boiler}} \times 100$$

โดยที่

SL_4 = เปอร์เซ็นต์ค่าการสูญเสียความร้อนของท่อก่อนหุ้มฉนวนความร้อน

L = ความยาวท่อไอน้ำ (m)

GCV = ค่าความร้อนเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ (kJ/kg)

η_{Boiler} = ประสิทธิภาพหม้อน้ำจากการคำนวณในหัวข้อ การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ

1 watts = 1 joules/sec

4.2) การหาค่าการสูญเสียความร้อนของท่อหลังหุ้มฉนวนความร้อน

การหาค่าการสูญเสียความร้อนของท่อที่ทำการหุ้มฉนวน สามารถหาได้จากค่าสูญเสียโดยเทียบจากค่าอุณหภูมิผิวท่อก่อนหุ้มฉนวน T_1 (°C) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ D เพื่ออ่านค่าการสูญเสียจากตารางโดยทำการเลือกตามชนิดของฉนวน ทำให้ทราบค่าการสูญเสียความร้อนของท่อหลังจากหุ้มฉนวนแล้ว Q_{insu} ซึ่งมีหน่วยเป็น W/m แล้วจึงนำค่า การสูญเสียความร้อนนี้ไปคำนวณในสมการ

$$Q_{insu\ \ total}\ (kWh/day) = Q_{insu}\ (W/m) \times L\ (m) \times time\ (hr/day) \times 10^{-3}$$

$$SL_5 = \frac{Q_{insu\ \ total}}{GCV\ (kJ/kg) \times \eta_{Boiler}} \times 100$$

โดยที่

SL_5 = เปอร์เซ็นต์ค่าการสูญเสียความร้อนของท่อหลังหุ้มฉนวนความร้อน

L = ความยาวท่อไอน้ำ (m)

GCV = ค่าความร้อนเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ (kJ/kg)

η_{Boiler} = ประสิทธิภาพหม้อน้ำจากการคำนวณในหัวข้อ การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของหม้อน้ำ

5) การสูญเสียความร้อนที่เกิดในระบบไอน้ำส่วนอื่น ๆ (Other Loss)

การสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบไอน้ำส่วนอื่นๆ (SL_6) เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบไอน้ำ แต่เป็นการสูญเสียไม่ใช่ประเด็นใหญ่ การสูญเสียส่วนอื่นๆ นี้ ได้แก่

ท่อที่มากเกินความจำเป็น (Pipe Redundancy)

ในการตรวจสอบเพื่อขจัดความสิ้นเปลืองและเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับเครือข่ายการจ่ายไอน้ำในขั้นตอนแรกจะต้องกำจัดท่อที่มากเกินความจำเป็นออกไป เพราะโรงงานที่ดำเนินกิจการมานาน อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการของโรงงานจะมีการเพิ่มท่อไอน้ำขึ้นมากมาย ซึ่งท่อเหล่านี้อาจจะใช้ประโยชน์ไม่ได้เลยหรือใช้ได้น้อยมาก อย่างไรก็ตามท่อที่มากเกินความจำเป็นเหล่านี้จะใช้ที่อุณหภูมิเดียวกันตามที่ได้ประมาณการไว้ ดังนั้นการสูญเสียความร้อนเมื่อเทียบกับความยาวของท่อก็ยังคงเหมือนเดิม และการสูญเสียที่จะเกิดขึ้นยิ่งไปกว่านี้ก็คือ ท่อ ฉนวน และอุปกรณ์กับดักไอน้ำ (Steam Traps) อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ได้รับการเอาใจใส่ในการบำรุงรักษา การสิ้นเปลืองในหลายๆ กรณีเมื่อมีการติดตั้งท่อไว้ในระดับสูงที่อยู่ใต้หลังคาซึ่งไม่มีฉนวนอย่างเพียงพอ และยังมีช่องระบายอากาศอยู่ใต้หลังคาด้วย ดังนั้นความร้อนที่มีประโยชน์รั่วออกทางหลังคาด้วยอัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ภาระการสูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย

จุดระบายน้ำทิ้งและแนวทางการวางท่อ (Drain Points and Layout Guidelines)

ไอน้ำที่จ่ายเข้าท่อความร้อนส่วนหนึ่งจะส่งผ่านท่อฉนวนบางส่วนจะกลั่นตัวควบแน่นเป็นน้ำและขังอยู่ใต้ท้องท่อทำให้ลดหน้าตัดของท่อลง เมื่อใช้ไอน้ำปริมาณคงที่ความเร็วของไอน้ำที่วิ่งในท่อจะเพิ่มมากขึ้น เป็นสาเหตุทำให้ค่าความดันตก (Pressure Drop) สูงขึ้น และเมื่อน้ำใต้ท้องท่อรวมกันมากขึ้นจะกั้นหรืออุดตันการไหลของไอน้ำ ทำให้เกิดการกระแทกของน้ำเนื่องจากไอน้ำพาน้ำที่กลั่นตัววิ่งไปกระแทก (Water Hammer) ตามข้อต่อ ข้องอ อุปกรณ์ วาล์วที่ต่ออยู่ในระบบเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นควรกำหนด

จุดระบายน้ำทิ้งให้มีระยะห่างระหว่าง 30-45 เมตร ตามความยาวของท่อไอน้ำหลัก และการกำหนดจุดระบายน้ำทิ้งอาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสม ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับว่ามีการต่อท่อไอน้ำแยกออกไปจากท่อหลักมากน้อยเพียงใด และมีการเปลี่ยนแปลงของระดับหรือทิศทางของท่อไอน้ำหลักหรือไม่ สำหรับท่อที่วางตรงเพื่อพาไอน้ำแห้งนั้น ควรติดตั้งจุดระบายน้ำทิ้งและอุปกรณ์กับดักไอน้ำแยกจากกันโดยให้มีช่วงระยะห่างประมาณ 45 เมตร

ตัวกรอง (Strainers)

ท่อส่งไอน้ำมีแนวโน้มมีจะเกิดการกัดกร่อนภายใน จึงเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องมีตะกรันและสิ่งสกปรกหลุดออกมาจากท่อส่งและปล่อยออกไป ตะกรันและสิ่งสกปรกเป็นสาเหตุหนึ่งที่เกิดขึ้นได้ง่ายๆ และทำให้อุปกรณ์กับดักไอน้ำทำงานผิดพลาดหรือเกิดความเสียหายได้

การระบายอากาศ (Air Venting)

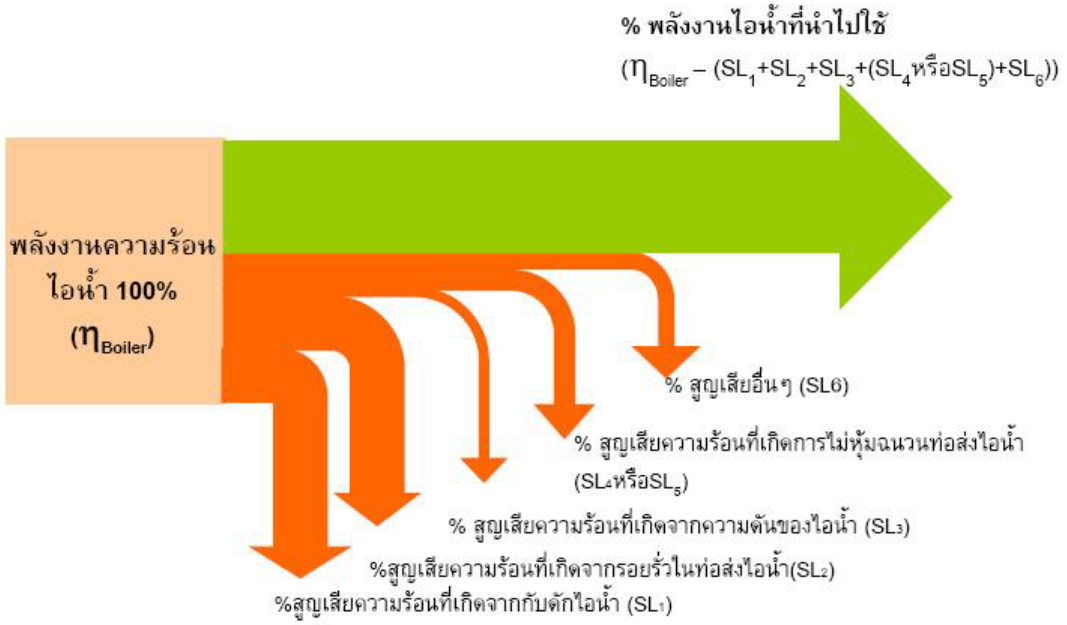
การระบายอากาศที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบไอน้ำทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่ามีการถ่ายเทความร้อนได้อย่างเหมาะสม อากาศหรือแก๊สที่มีอยู่หรือที่เกิดขึ้นก็เพราะเกิดสูญญากาศบางส่วนขึ้นในท่อและในอุปกรณ์ระหว่างที่มีการหยุดเครื่อง ดังนั้นการติดตั้งตัวระบายอากาศควรมีขนาดที่เหมาะสมและทำให้แน่ใจได้ว่าอากาศที่ถูกกักไว้ถูกกำจัดออกไปอย่างรวดเร็ว

การถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำ (Heat Transfer from Steam)

การก่อตัวของฟิล์ม (Film) ที่เกิดขึ้น ณ ด้านใดด้านหนึ่งของพื้นผิวการถ่ายเทความร้อนจะมีกระทบต่อประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำไปสู่กระบวนการต่าง ๆ ในส่วนของไอน้ำก็จะมีฟิล์ม 3 ชนิด คือ ชั้นของฟิล์มที่เกิดการควบแน่น (Condensate Film Layer) อยู่ต่อจากชั้นของฟิล์มที่เกิดจากตะกรันบนผิวโลหะ (Scale Film Layer) และชั้นของฟิล์มที่เกิดจากอากาศ (Air Film Layer) ที่อยู่ด้านล่าง ฟิล์ม 3 ชนิดหลังเป็นตัวนำความร้อนที่มีประสิทธิภาพต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวถ่ายเทความร้อนของโลหะ และในทางปฏิบัติฟิล์มเหล่านี้ก็จะทำหน้าที่เป็นฉนวนน้ำจะมีความต้านทานการถ่ายเทความร้อนมากถึง 60 - 70 เท่าของเหล็ก แต่ถ้าเป็นอากาศก็จะยิ่งมีประสิทธิภาพต่ำกว่านั้น เพราะอาจจะมีความต้านทานมากขึ้นถึง 1,500 เท่า

สมดุลพลังงานความร้อนของระบบส่งจ่ายไอน้ำ

สมดุลพลังงานความร้อนของระบบส่งจ่ายไอน้ำจะแสดงให้เห็นถึงพลังงานที่ใช้ในระบบส่งจ่ายไอน้ำ และความสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยเกิดจากการสูญเสียความร้อนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว (SL_1 ถึง SL_6) ผลแตกต่างระหว่าง ค่าพลังงานเข้า (พลังงานของไอน้ำทั้งหมด) และพลังงานความร้อนสูญเสียในสมดุลพลังงานระบบส่งจ่ายน้ำ จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบไอน้ำ การทำสมดุลพลังงานความร้อนของระบบส่งจ่ายไอน้ำ ดังแสดงใน **รูปที่ 2.2-2** และ **ตารางที่ 2.2-2**



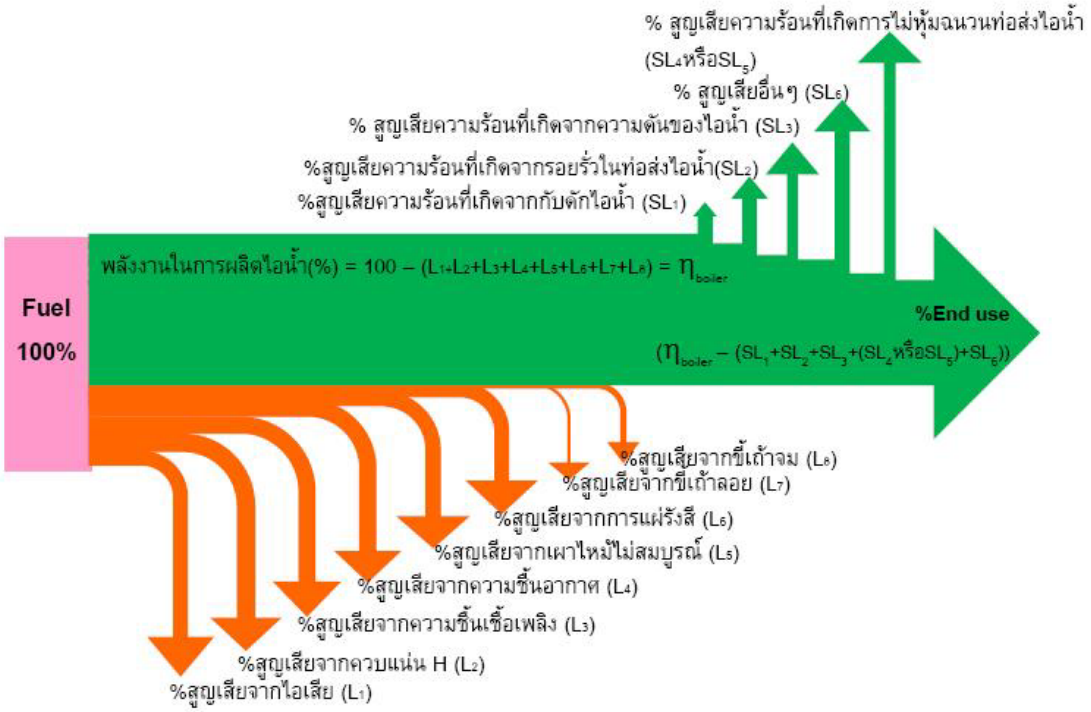
รูปที่ 2.2-2 แผนผังประสิทธิภาพการพลังงานของระบบส่งจ่ายไอน้ำ

ตารางที่ 2.2-2 สมดุลพลังงานความร้อนของระบบส่งจ่ายไอน้ำ

พลังงานเข้า		kCal/kg-fuel	%
1.ค่าพลังงานความร้อนระบบไอน้ำ	=	พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำ	$\eta_{หม้อน้ำ}$
พลังงานออก			
1.การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกับดักไอน้ำ	=	SL_1	
2.การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากรอยรั่วในท่อส่งไอน้ำ	=	SL_2	
3.การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากความดันของไอน้ำ	=	SL_3	
4.การสูญเสียความร้อนที่เกิดการไม่หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ	=	SL_4 หรือ SL_5	
5.การสูญเสียความร้อนที่เกิดในระบบไอน้ำส่วนอื่นๆ	=	SL_6	
ผลรวมค่าการสูญเสียความร้อนระบบไอน้ำ	=		
ประสิทธิภาพระบบไอน้ำ = $\eta_{หม้อน้ำ}$ - (SL_1+SL_2+SL_3+(SL_4หรือSL_5)+SL_6)			

2.3 สรุปการประเมินประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วถึงการวิเคราะห์สมรรถนะหรือประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไอน้ำตามลำดับ การสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละระบบจะเป็นการสูญเสียที่เกี่ยวเนื่องกัน ในการพิจารณาประสิทธิภาพของระบบรวมทั้งหมด จะต้องพิจารณาจนถึงอุปกรณ์ที่นำไอน้ำไปใช้งาน ซึ่งขึ้นกับการเลือกใช้ของแต่ละโรงงาน และเป็นการยากในการประเมิน ด้วยเหตุนี้การประเมินประสิทธิภาพหม้อน้ำและระบบไอน้ำหลัก จะทำการประเมินตั้งแต่การผลิตไอน้ำไปจนถึงก่อนเข้าอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ



รูปที่ 2-12 แผนผังพลังงานในระบบหม้อน้ำ (ก่อนจ่ายไอน้ำไปยังอุปกรณ์การใช้งานในโรงงาน)

เมื่อพิจารณาอุปกรณ์ที่ต้องการพลังงานความร้อนจากไอน้ำ (End use)

$$\eta_{Boiler} = 100 - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8)$$

ประสิทธิภาพหม้อน้ำ ($\eta_{หม้อน้ำ}$) = 100 - การสูญเสียความร้อนในหม้อน้ำ ($L_1+L_2+L_3+L_4+L_5+L_6+L_7+L_8$)

ประสิทธิภาพไอน้ำ = $\eta_{หม้อน้ำ}$ – การสูญเสียความร้อนในระบบไอน้ำ($SL_1 + SL_2 + SL_3 + (SL_4$ หรือ $SL_5) + SL_6$)

%End use = ประสิทธิภาพไอน้ำ($\eta_{ไอน้ำ}$)

เมื่อ

L_1 = % การสูญเสียความร้อนจากไอเสีย

L_2 = % การสูญเสียความร้อนจากควบแน่น H

L_3 = % การสูญเสียความร้อนจากความชื้นเชื้อเพลิง

L_4 = % การสูญเสียความร้อนจากความชื้นอากาศ

L_5 = % การสูญเสียความร้อนจากเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

L_6 = % การสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี

L_7 = % การสูญเสียความร้อนจากขี้เถ้าลอย

L_8 = % การสูญเสียความร้อนจากขี้เถ้าจม

SL_1 = % การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากกับดักไอน้ำ

SL_2 = % การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากรอยรั่วในท่อส่งไอน้ำ

SL_3 = % การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากความดันของไอน้ำ

SL_4 = % การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการไม่หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ

SL_5 = % การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ

SL_6 = % การสูญเสียความร้อนในระบบไอน้ำอื่นๆ

%End use = % ค่าพลังงานความร้อนไอน้ำก่อนผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสู่อุปกรณ์

2.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ จะต้องทำการลดการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบ ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงโอกาสในการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำ โดยการปรับปรุงด้านต่างๆ รวมทั้งการตรวจสอบเพื่อประเมินโอกาสในดำเนินการ

2.4.1 แนวทางในการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพ

การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ เกี่ยวข้องกับด้านต่างๆ เช่น การเผาไหม้ การแลกเปลี่ยนความร้อน คุณภาพของน้ำ เป็นต้น ในที่นี้ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงไว้ทั้งสิ้น 13 หัวข้อ ได้แก่

1) การควบคุมอุณหภูมิปล่องไอเสีย
2) การเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนด้วย Economizer
3) การอุ่นอากาศเข้าเผาไหม้
4) การลดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์
5) การควบคุมปริมาณอากาศส่วนเกิน
6) หลีกเลี่ยงการสูญเสียจากการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน
7) ควบคุมการโบลว์ดาวน์ด้วยการใช้ ระบบโบลว์ดาวน์อัตโนมัติ
8) การลดเขม่าและคราบหินปูนบนพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน
9) การลดความดันผลิตไอน้ำ
10) การใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบสำหรับพัดลม และปั๊ม
11) การควบคุมภาระของหม้อน้ำ
12) การจัดตารางการใช้งานหม้อน้ำที่เหมาะสม
13) การเปลี่ยนหม้อน้ำใหม่

1) การควบคุมอุณหภูมิปล่องไอเสีย

การควบคุมอุณหภูมิปล่องไอเสียให้ต่ำนั้นสามารถทำได้ โดยจะต้องทำการควบคุมไม่ให้ต่ำมากจนกระทั่งไอน้ำในก๊าซไอเสียเกิดการควบแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซไอเสียที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของซัลเฟอร์ เนื่องจากไอน้ำที่กลั่นตัวจะรวมตัวกับซัลเฟอร์ การเป็นกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ก๊าซไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 200 °C เหมาะสมที่จะนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ สิ่งสำคัญในการนำความร้อนทิ้งจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน หรือ อุปกรณ์เก็บคืนความร้อนจะเกิดคราบเขม่าขึ้น ดังนั้นการเลือกอุปกรณ์ต่างๆ จะต้องสอบถามผู้ผลิตให้แน่ใจว่าจะต้องสามารถหยุดการทำงานเพื่อทำความสะอาดคราบเขม่าได้

2) การเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนด้วย Economizer

สำหรับหม้อน้ำมาตรฐานแบบ 3 กลับทั่วไป อุณหภูมิก๊าซไอเสียมีค่าประมาณ 200 – 300 °C ซึ่งมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ โดยทั่วไปแล้วก๊าซไอเสียหลังจากนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว ควรรักษาให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 200 °C เพื่อป้องกันสารซัลเฟอร์ออกไซด์ในก๊าซไอเสียควบแน่น และเป็นสาเหตุของการกัดกร่อนพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน สำหรับก๊าซไอเสียที่ได้จากเชื้อเพลิงสะอาด เช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) อาจไม่มีศักยภาพในการนำความร้อนทิ้งกลับเนื่องจากมีความเป็นไปได้ที่อุณหภูมิก๊าซไอเสียต่ำกว่า 200 °C

ศักยภาพการประหยัดพลังงาน ขึ้นกับความสามารถในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ สำหรับหม้อน้ำแบบเก่าที่มีอุณหภูมิก๊าซไอเสียประมาณ 269 °C เมื่อนำมาอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำด้วย Economizer และมีอุณหภูมิหลังแลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 200 °C จะสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนได้ 15 °C ส่งผลให้ประสิทธิภาพรวมของหม้อน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 3% สำหรับหม้อน้ำมาตรฐานแบบ 3 กลับที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง การใช้ Economizer แบบควบแน่น จะสามารถลดอุณหภูมิก๊าซไอเสียลงเหลือ 65 °C และเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำได้ประมาณ 5 %

การเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อน้ำ อาจทำได้โดยการใช้ Economizer หรือการเก็บเอา Condensate กลับมาผสมน้ำป้อนหม้อน้ำ โดยทุกๆ 6 °C ของอุณหภูมิน้ำป้อนที่เพิ่มขึ้น จะช่วยลดความต้องการเชื้อเพลิงของหม้อน้ำลงได้ 1%

3) การอุ่นอากาศเข้าเผาไหม้

การอุ่นอากาศเข้าเผาไหม้ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งเช่นเดียวกับการอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำ ซึ่งประสิทธิภาพโดยรวมของหม้อน้ำ จะเพิ่มขึ้น 1% ทุกๆ อุณหภูมิอากาศเข้าเผาไหม้เพิ่มขึ้น 20 °C โดยทั่วไปแล้วหัวเผารุ่นเก่าจะไม่ได้ออกแบบมาเพื่อให้ใช้เผาไหม้อากาศอุณหภูมิสูง ในปัจจุบันหัวเผารุ่นใหม่ถูกออกแบบให้รองรับอากาศเข้าเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะพิจารณาติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศแทน Economizer ในกรณีที่มีพื้นที่เพียงพอ หรือน้ำป้อนหม้อน้ำมีอุณหภูมิสูงเพียงพอแล้ว

4) การลดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เกิดจากการที่มีอากาศเข้าเผาไหม้ไม่เพียงพอหรือ มีการป้อนเชื้อเพลิงมากเกินไป รวมทั้งอาจเกิดจากระบบการจ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่ดีพอ ซึ่งการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์นั้นอาจสังเกตได้จากสีของควันที่ออกจากปล่องไอเสีย ซึ่งจะทำให้สามารถแก้ไขได้ในทันที

สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ หรือ การมีอากาศเข้าเผาไหม้สูงเกินไป เป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไป สาเหตุของปัญหาการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ที่พบบ่อยครั้งคือ การผสมที่ไม่ดีของเชื้อเพลิงและอากาศ ในส่วนของการจ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่ดีนั้น มีเหตุจาก ความหนืดของน้ำมันที่สูงเกิน การเกิด Carbonization การเสื่อมสภาพของหัวฉีด หรือ Spinner Plates สำหรับหม้อน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง สามารถเกิดความสูญเสียจากคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ได้จำนวนมาก โดยพบได้บริเวณ Grit หรือที่ไม่เท่ากัน เมื่อนำเข้าเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ จะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กกว่า จะกลายเป็นตัวขวางทางเดินของอากาศเข้าเผาไหม้ ในกรณีที่มีการกระจายอากาศไม่ดี

5) การควบคุมปริมาณอากาศส่วนเกิน

การเผาไหม้ในทางปฏิบัติแล้ว มีความต้องการอากาศส่วนเกิน เพื่อให้มั่นใจว่าเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และสำหรับปริมาณการเผาไหม้ที่อาจปรับเปลี่ยนได้ รวมทั้งเพื่อให้ก๊าซไอเสียอยู่ในสถานะที่เหมาะสม การปรับอากาศส่วนเกินให้อยู่ในสภาวะที่ดีที่สุด เพื่อให้หม้อน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเกิดจากผลรวมที่น้อยที่สุด ของความสูญเสียจากเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และความสูญเสียจากความร้อนทิ้งในก๊าซไอเสีย ซึ่งระดับความสูญเสียนี้ขึ้นกับ การออกแบบห้องเผาไหม้ ชนิดของหัวเผา เชื้อเพลิง และการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถประเมินได้จากความแตกต่างของอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง การควบคุมปริมาณอากาศส่วนเกินส่งผลโดยตรงต่อความสูญเสียในก๊าซไอเสีย โดยทุกๆ 5% ของปริมาณอากาศส่วนเกินที่ลดลง จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 1 % หรือทุกๆ 1% ที่ลดลงของปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสีย จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 1 %

วิธีการควบคุมปริมาณอากาศส่วนเกินสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. การใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ก๊าซไอเสีย เพื่อตรวจสอบปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสีย และการใช้เกจวัด Draft เพื่ออ่านค่าและเป็นแนวทางในการปรับปริมาณอากาศเข้าเผาไหม้ จากประสบการณ์ที่ผ่านมา สามารถลดปริมาณการใช้อากาศส่วนเกินลงได้ถึง 20%
2. การใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ก๊าซไอเสียแบบต่อเนื่อง ร่วมกับเกจวัด Draft เดิมที่ติดตั้งในระบบ วิธีการนี้สามารถลดปริมาณอากาศส่วนเกินลงได้ประมาณ 10 – 15% เมื่อเทียบกับระบบเดิม
3. การใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ก๊าซไอเสีย ร่วมกับการควบคุมปริมาณอากาศแบบอัตโนมัติ โดยควบคุมการเปิด Damper ซึ่งวิธีการนี้ ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมปริมาณอากาศส่วนเกินได้จากห้องควบคุม

6) หลีกเลี่ยงการสูญเสียจากการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน

เนื่องจากอุณหภูมิบริเวณผิวนอกของหม้อน้ำ สูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อม จึงเกิดการถ่ายเทความร้อน โดยหม้อน้ำจะสูญเสียความร้อนให้กับอากาศแวดล้อม

การสูญเสียผ่านผิวหม้อน้ำเป็น 1 ใน 3 ของการสูญเสียหลักของหม้อน้ำ ซึ่งอัตราการสูญเสียจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับการออกแบบหม้อน้ำ หม้อน้ำรุ่นใหม่ขณะที่หม้อน้ำรับภาระเต็มขนาดพิกัด จะมีการสูญเสียเฉลี่ย 1.5 % ของปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ แต่ถ้าหม้อน้ำทำงานที่ 25% ของพิกัด ความสูญเสียผ่านผนังหม้อน้ำจะสูงขึ้นเป็น 6% ของปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ ซึ่งการลดการสูญเสียนี้ สามารถทำได้โดยซ่อมแซม และบำรุงรักษาฉนวนที่ตัวหม้อน้ำ และท่อส่งจ่ายไอน้ำอย่างสม่ำเสมอ

7) ควบคุมการโบลว์ดาวน์ด้วยการใช้ ระบบโบลว์ดาวน์อัตโนมัติ

การโบลว์ดาวน์อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการควบคุมนั้น ถือเป็นความสูญเสียอย่างมากของระบบหม้อน้ำ ถ้าหม้อน้ำที่ผลิตไอน้ำความดัน 15 kg/cm2 มีการโบลว์ดาวน์ประมาณ 10% จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงถึง 3% ดังนั้นการใช้อุปกรณ์ควบคุมการโบลว์ดาวน์แบบอัตโนมัติ ซึ่งทำการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในหม้อน้ำ ก่อนสั่งให้วาล์วเปิดเพื่อทำการโบลว์ดาวน์น้ำออกจากหม้อน้ำ และรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายในน้ำให้อยู่การควบคุม และลดการโบลว์ดาวน์ลงได้อย่างเหมาะสม

8) การลดเขม่าและคราบหินปูนบนพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน

ในหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงนั้น มักจะเกิดเขม่าจับตัวกันที่บริเวณผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของด้านไฟ (Fireside) ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายฉนวน ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนลดลง ในขณะเดียวกัน เหตุการณ์เช่นนี้ก็จะเกิดขึ้นกับผิวแลกเปลี่ยนความร้อนด้านน้ำ (Waterside) โดยจะเกิดตะกรันคราบหินปูนจับตัวกันบริเวณผิวแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งประสิทธิภาพที่ลดลงนี้ สามารถสังเกตได้จากอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่สูงขึ้น ทั้งที่ปริมาณอากาศส่วนเกินเท่าเดิม เนื่องจากความร้อนจากการเผาไหม้ไม่สามารถแลกเปลี่ยนให้กับน้ำเผื่อผลิตเป็นไอน้ำได้ จึงส่งผลให้อุณหภูมิของก๊าซไอเสียสูงขึ้น การปรับปรุงในด้านน้ำ ต้องพิจารณาการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำ รวมทั้งทำความสะอาดผิวแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อกำจัดตะกรันออก เนื่องจากทุกๆ 22 °C ของอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของระบบจะลดลง 1% ในส่วนของด้านไฟ ให้ทำการตรวจสอบเขม่าที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อพบว่าอุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงขึ้นเกิน 20 °C เทียบกับอุณหภูมิหลังทำความสะอาดท่อไฟครั้งล่าสุด ทั้งนี้ควรติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียเพื่อใช้ในการตรวจสอบ

จากการประเมินพบว่า หากเกิดเขม่าความหนา 3 mm. จะทำให้ความต้องการใช้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 2.5 % รวมถึงส่งเพิ่มอุณหภูมิก๊าซไอเสียด้วย ในส่วนนี้ควรทำการหยุดเพื่อทำความสะอาดทั้งในส่วนของท่อน้ำ ท่อไฟ ห้องเผาไหม้ รวมไปถึง economizer และ air preheater ด้วย

9) การลดความดันผลิตไอน้ำ

การลดความดันผลิตไอน้ำส่งผลโดยตรงต่อความต้องการเชื้อเพลิง โดยอาจปรับลดลงเพียง 1-2% ที่ความดันต่ำ ไอน้ำอิ่มตัวจะมีอุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้อุณหภูมิของก๊าซไอเสียต่ำลงด้วย มีผลต่อประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการลดอุณหภูมิก๊าซไอเสีย ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ความดันในการผลิตไอน้ำ ถูกกำหนดโดยความดันหรืออุณหภูมิสูงสุดที่กระบวนการผลิตต้องการ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวอาจไม่ได้มีการทำงานตลอดเวลา ช่วงเวลานั้นจึงสามารถลดความดันใน

การผลิตไอน้ำลงได้ อย่างไรก็ดี การลดความดันผลิตไอน้ำลง จะทำให้ปริมาณไอน้ำในระบบลดลง หากช่วงเวลาใดที่มีความต้องการใช้ไอน้ำมาก อาจทำให้เกิด Carry Over ขึ้นในระบบได้ ทั้งนี้ผู้จัดการพลังงานจะต้องทำการพิจารณา ความเป็นไปได้ในการลดความดันก่อนดำเนินการ โดยทั่วไปแล้วความดันผลิตไอน้ำสามารถลดลงได้ แต่ไม่ควรต่ำกว่า 20 % ของความดันที่ใช้เดิม

10) การใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบสำหรับพัดลม และปั๊ม

อุปกรณ์ปรับความความเร็วรอบของพัดลมและปั๊มของหม้อน้ำ มีความสำคัญในการลดการใช้พลังงาน เนื่องจากอากาศที่เข้าเผาไหม้ในหม้อน้ำ ถูกควบคุมผ่านแดมเปอร์ของพัดลมเป่าและดูด ของหม้อน้ำ (Draft Fan & Induced Draft Fan) ซึ่งแดมเปอร์เหล่านี้ใช้ลักษณะการควบคุมอย่างง่าย ทำให้มีความแม่นยำน้อย ซึ่งหากภาระของหม้อน้ำมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยตามกระบวนการผลิต การติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของพัดลม จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ

11) การควบคุมภาระของหม้อน้ำ

ประสิทธิภาพของหม้อน้ำ โดยมากจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในช่วงภาระ 2/3 ของพิกัด ถ้าภาระของหม้อน้ำลดลง ประสิทธิภาพของหม้อน้ำก็มีแนวโน้มที่จะลดลงด้วย ซึ่งตัวแปรที่ส่งผลกับประสิทธิภาพของหม้อน้ำคือ

1. ปริมาณก๊าซไอเสียที่ไหลผ่านท่อไฟ การลดอัตราการไหลของก๊าซไอเสียลง ในขณะที่พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเท่าเดิม อุณหภูมิของก๊าซไอเสียจะลดลง และลดความร้อนสูญเสียจากความร้อนสัมผัสลงได้
2. ที่ภาระต่ำว่า 50% ของพิกัด โดยส่วนมากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะต้องการอากาศส่วนเกินมากขึ้น เพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นการเพิ่มการสูญเสียความร้อนทางก๊าซไอเสีย

โดยทั่วไปประสิทธิภาพของหม้อน้ำจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ ภาระต่ำกว่า 25% ของพิกัด และการทำงานที่ภาระต่ำกว่า 25% ของพิกัด แทบจะไม่มีความเป็นไปได้

12) การจัดตารางการใช้งานหม้อน้ำที่เหมาะสม

ช่วงการเดินหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด อยู่ในช่วงภาระ 65 – 85% ของพิกัด และเพื่อให้ได้ภาระในช่วงดังกล่าว ควรทำการเดินหม้อน้ำจำนวนน้อยเครื่อง โดยให้แต่ละเครื่องมีภาระสูง ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของหม้อน้ำสูงกว่าการเดินหม้อน้ำจำนวนหลายเครื่องแต่ภาระต่ำ

13) การเปลี่ยนหม้อน้ำใหม่

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานจากการเปลี่ยนหม้อน้ำใหม่ ขึ้นกับความคาดหมายที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพรวมทั้งหมดของหม้อน้ำได้ สาเหตุที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนเปลี่ยนหม้อน้ำใหม่ มีดังนี้

1. หม้อน้ำเดิมเก่าและไร้สมรรถภาพ
2. หม้อน้ำเดิมไม่สามารถใช้งานร่วมกับเชื่อเพลิงอื่นๆ ที่มีราคาถูกกว่าได้

3. หม้อน้ำเดิมมีขนาดใหญ่ หรือ เล็กกว่าความต้องการในปัจจุบัน
4. หม้อน้ำเดิมไม่สามารถทำงานที่ภาระที่ต้องการได้

การศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนหม้อน้ำใหม่ ต้องพิจารณาถึงแนวโน้มของราคาเชื้อเพลิง และอัตราการเติบโตของหน่วยงานในระยะยาว ซึ่งต้องทำการพิจารณาทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และด้านวิศวกรรมศาสตร์ จากที่ผ่านมา หม้อน้ำที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 25 ปี การเปลี่ยนหม้อน้ำใหม่จะมีความคุ้มค่าในการลงทุน

2.4.2 สรุปศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

จากแนวทางการดำเนินการข้างต้น สามารถสรุปเป็นเกร็ดการประเมินศักยภาพเบื้องต้นได้ดังนี้

- 22 °C ของอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่ลดลง ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำเพิ่มขึ้น 1%
- 6 °C ของอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อน้ำที่เพิ่มขึ้น จะลดความต้องการเชื้อเพลิงลงได้ 1%
- 20 °C ของอุณหภูมิอากาศเข้าเผาไหม้ที่เพิ่มขึ้น จะลดความต้องการเชื้อเพลิงลงได้ 1%
- 5% ของอากาศเข้าเผาไหม้ส่วนเกิน หรือ ทุกๆ 1% ของปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียที่ลดลง ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำเพิ่มขึ้น 1%
- 10% ของการโบลว์ดาวน์ในหม้อน้ำที่ผลิตไอน้ำความดัน 15 kg/cm^2 ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำลดลง 3%
- 3 mm. ของความหนาเขม่าที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของท่อไฟ จะเพิ่มความต้องการเชื้อเพลิงขึ้นอีก 2.5%
- 1 mm. ของความหนาตะกรันที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของท่อน้ำ จะเพิ่มความต้องการเชื้อเพลิงขึ้นอีก 5 – 8 %
- 0.25 mm. ของช่องว่างอากาศ มีความต้านทานการถ่ายเทความร้อน เทียบเท่าแผ่นทองแดงหนา 330 mm.
- รูรั่วขนาด 3 mm. ของท่อไอน้ำที่มีไอน้ำความดัน 7 kg/cm^2 ทำให้สูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 32,650 ลิตรต่อปี
- ท่อเปลือยของไอน้ำความดัน 8 kg/cm^2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 mm. ยาว 100 m. จะสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 25,000 ลิตรต่อปี
- การใช้ลูกบอกพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 mm. ลอยบนผิวหน้าของน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 °C จะช่วยลดการสูญเสียจากการระเหยลงได้ 70%

2.4.3 การประเมินโดยใช้แบบตรวจสอบ (Check List)

เพื่อความสะดวกในการประเมินศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไปน้ำ การใช้แบบตรวจสอบจะช่วยให้ทราบว่า ควรทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนใด และใช้มาตรการใดในการปรับปรุง รวมทั้งเมื่อปรับปรุงแล้วจะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างไร ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในบทที่ 3

ตารางที่ 2.4-1 แสดงแบบตรวจสอบศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำและระบบไอน้ำ

มาตรการที่	ชื่อมาตรการ	ผลการตรวจสอบ	
		ใช่	ไม่ใช่
มาตรการด้านการจัดการ (House Keeping)			
1	ลดช่วงเวลาการทำงานของหม้อน้ำ		
	• ไม่มีการจัดตารางเวลาการใช้งานหม้อน้ำ		
	• ไม่มีแผนการทำงานที่สัมพันธ์กับแผนการผลิต		
2	การเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์โดยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการทำงานสำหรับหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด		
	• ไม่มีการตรวจสอบแนวโน้มของราคาเชื้อเพลิง		
	• ไม่สามารถเปลี่ยนเชื้อเพลิงได้		
3	การใช้งานอุปกรณ์ข้างเคียงหม้อน้ำให้เหมาะสมกับการทำงานและภาระของหม้อน้ำ		
	• ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ข้างเคียง		
	• หม้อน้ำไม่มีการควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ		
	• ไม่มีการบำรุงรักษาปั๊มและวาล์วตามผู้ผลิตแนะนำ		
4	การกระจายภาระการทำความร้อนในแต่ละหม้อน้ำ ให้ภาพรวมของการใช้เงินลงทุนในการดำเนินการลดลง		
	• ไม่มีการตรวจสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำแต่ละเครื่อง		
	• ไม่มีการวางแผนการเดินหม้อน้ำแต่ละลูก		
	• มีการอุ่นหม้อน้ำสำรองตลอดเวลา		
5	การรักษาความดันของไอน้ำในระบบไอน้ำให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเพียงพอต่อความต้องการของอุปกรณ์และระบบกระจายไอน้ำ		
	• ไม่มีการสำรวจแรงดันที่ต้องการใช้งานในแต่ละอุปกรณ์		
	• ไม่มีแผนการเดินเครื่องจักรที่ใช้ไอน้ำแต่ละเครื่อง		
6	ตรวจสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำอย่างต่อเนื่อง		
	• ไม่มีการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำ		
	• ไม่มีการตรวจสอบระบบควบคุมหม้อน้ำ		
	• ไม่มีการตรวจวัดปริมาณการเชื้อเพลิง		

มาตรการที่	ชื่อมาตรการ	ผลการตรวจสอบ	
		ใช่	ไม่ใช่
7	การปรับสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสม		
	• ไม่มีการตรวจวัดและปรับปริมาณอากาศเข้าเผาไหม้		
	• ไม่มีการจดบันทึกผลการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้		
8	การทำความสะอาดปรับตั้งและซ่อมแซมส่วนประกอบของหัวเผาในช่วงเวลาที่เหมาะสม		
	• ไม่มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด		
	• ไม่มีการทำความสะอาดหัวฉีด		
	• ไม่มีการปรับตั้งตำแหน่งหัวฉีด		
9	กำจัดการรั่วไหลของอากาศในผนังอากาศตัวเรือนของพัดลมและท่อส่งต่างๆ		
	• มีการรั่วไหลของอากาศที่ประตูหม้อน้ำ		
	• มีการรั่วไหลระหว่างหม้อน้ำและปล่องไอเสีย		
10	การควบคุม Draft ให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด		
	• ไม่มีการปรับความเร็ว หรือ แดมเปอร์ของพัดลม		
	• พัดลมไม่สามารถเลือกช่วงการทำงานได้		
11	แก้ไขข้อผิดพลาดในระบบก๊าซไอเสียและการหมุนเวียนอากาศภายในหม้อน้ำซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ Draft		
	• มีการรั่วไหลของอากาศที่ประตูหม้อน้ำ		
	• มีการรั่วไหลของอากาศระหว่างหม้อน้ำและปล่องไอเสีย		
12	การลดการสูญเสียจาก Draft ในขณะเดินตัวเปล่า		
	• ไม่มีระบบควบคุมพัดลมขณะที่หม้อน้ำไม่ทำงาน		
	• ไม่มีการตรวจสอบระบบควบคุมการทำงานของพัดลม		
13	การควบคุมปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์		
	• ไม่มีการตรวจสอบค่า TDS ของน้ำโบลว์ดาวน์		
	• น้ำโบลว์ดาวน์มีแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) อยู่ระหว่าง 50 – 150 ppm ที่ pH 8.3		
	• น้ำโบลว์ดาวน์มีสภาพเป็นด่าง และค่า pH ไม่เกิน 12		
	• น้ำโบลว์ดาวน์มีค่าฟอสเฟตไม่เกิน 25 ppm		
	• น้ำโบลว์ดาวน์มีซิลิก้าไม่เกิน 40 ppm		

มาตรการที่	ชื่อมาตรการ	ผลการตรวจสอบ	
		ใช่	ไม่ใช่
14	การปรับความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม		
	● ไม่มีการควบคุมความชื้นของเชื้อเพลิงแข็ง		
	● ไม่มีการควบคุมความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิง		
15	การใช้สารเติมแต่งในเชื้อเพลิงเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของเชื้อเพลิง		
	● ไม่มีการตรวจสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง		
	● ไม่มีการปรับปรุงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงก่อนเข้าเผาไหม้		
16	การใช้กับดักไอน้ำที่เหมาะสม		
	● ไม่มีการสำรวจชนิดกับดักไอน้ำที่ใช้งานว่าเหมาะสมหรือไม่		
17	การซ่อมบำรุงกับดักไอน้ำ		
	● ไม่มีการตรวจสอบรอยรั่วของกับดักไอน้ำ		
	● ไม่มีการตรวจสอบการทำงานของกับดักไอน้ำ		
18	การปรับปรุงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหม้อน้ำ		
	● ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนหม้อน้ำ		
	● ไม่มีการใช้เคมีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ		
	● ไม่มีการบำรุงรักษา Softener ตามระยะเวลาที่เหมาะสม		
	● ไม่มีการทำความสะอาดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนด้านท่อน้ำ		
	● ไม่มีการทำความสะอาดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนด้านท่อไฟ		

มาตรการที่	ชื่อมาตรการ	ผลการตรวจสอบ	
		ใช่	ไม่ใช่
มาตรการด้านการปรับปรุงกระบวนการ (Process Improvement)			
19	การติดตั้งเครื่องควบคุมเวลาการใช้งานของหม้อน้ำ		
	• ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเวลาการทำงานของหม้อน้ำ		
	• ไม่มีการติดตั้งระบบแจ้งเตือนการหยุดทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ		
20	การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ข้างเคียงของหม้อน้ำ		
	• ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ข้างเคียงของหม้อน้ำ		
21	การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของหม้อน้ำแบบอัตโนมัติ เพื่อกระจายภาระของหม้อน้ำ		
	• ไม่มีการตรวจสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำแต่ละเครื่อง		
	• ไม่มีการวางแผนการเดินหม้อน้ำแต่ละลูก		
	• มีการอุ่นหม้อน้ำสำรองตลอดเวลา		
	• ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของหม้อน้ำหลายเครื่อง		
	• อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของหม้อน้ำไม่สามารถเปลี่ยนรอบได้		
22	การติดตั้งระบบควบคุมส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงแบบอัตโนมัติ		
	• ไม่มีการตรวจวัดและปรับปริมาณอากาศเข้าเผาไหม้		
	• ไม่มีการจดบันทึกผลการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้		
	• ไม่มีบุคลากรที่สามารถปรับส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงได้เอง		
23	การติดตั้งตัวอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบในพัดลม Forced-draft และ Induce-draft ขนาดใหญ่		
	• ไม่มีการปรับความเร็ว หรือ แดมเปอร์ของพัดลม		
	• พัดลมไม่สามารถเลือกช่วงการทำงานได้		
24	การติดตั้งระบบระบายน้ำโบลว์ดาวน์อัตโนมัติ		
	• ไม่มีการควบคุมปริมาณการโบลว์ดาวน์		
	• ไม่มีการตรวจสอบค่า TDS ในน้ำโบลว์ดาวน์		

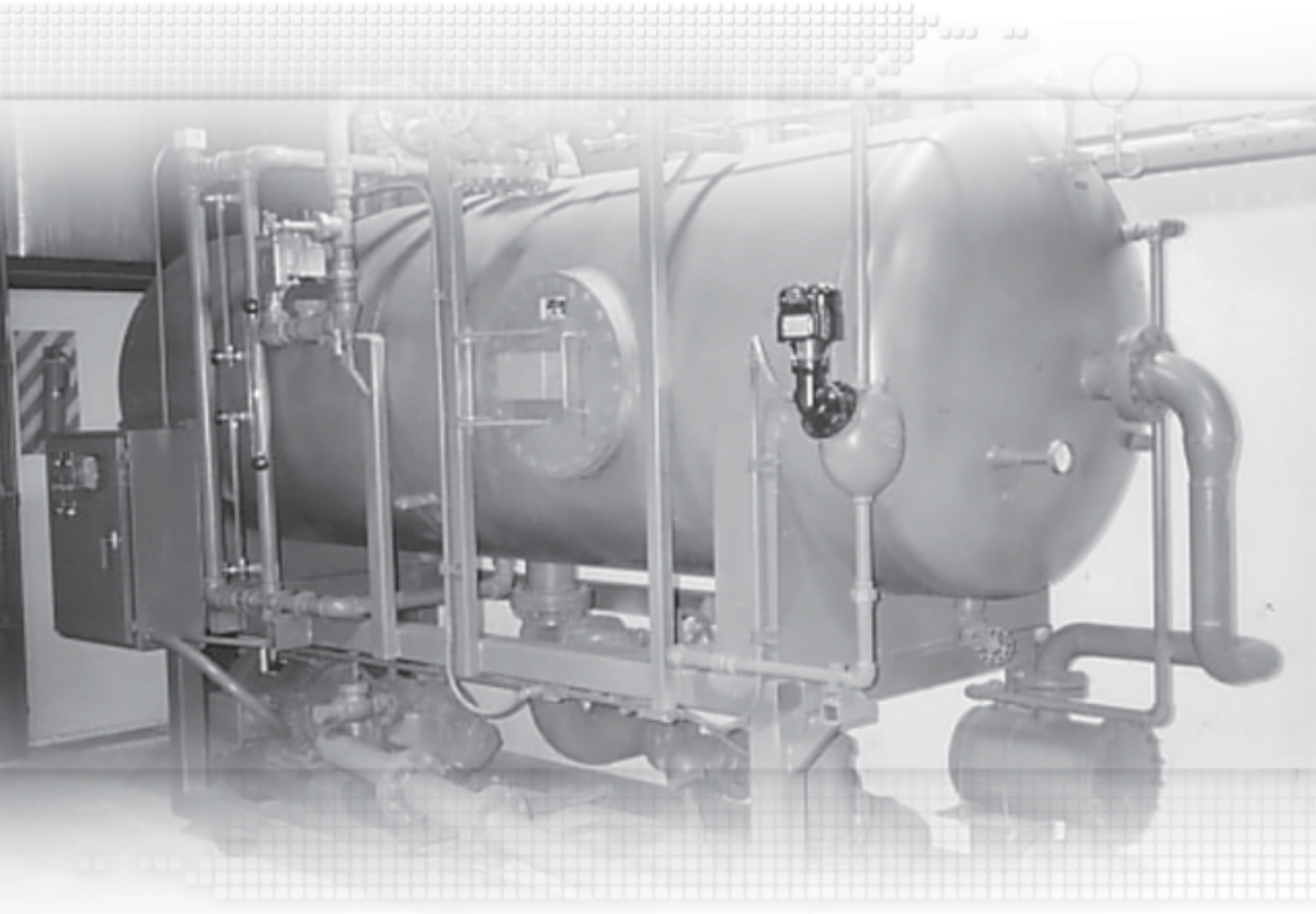
มาตรการที่	ชื่อมาตรการ	ผลการตรวจสอบ	
		ใช่	ไม่ใช่
25	การหุ้มฉนวนหม้อไอน้ำ		
	• ฉนวนหม้อน้ำชำรุดเสียหาย		
	• ฉนวนหม้อน้ำบางเกินไป		
26	การลดการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว		
	• อุณหภูมิผิวหม้อน้ำหลังหุ้มฉนวนสูงเกิน 50 °C		
	• มีอากาศไหลผ่านบริเวณโรงหม้อไอน้ำ		
	• ฉนวนหม้อน้ำบางหรือชำรุด		
27	การหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ และท่อคอนเดนเสท		
	• ฉนวนหม้อน้ำชำรุดเสียหาย		
	• ฉนวนหม้อน้ำบางเกินไป		
	• ไม่มีการหุ้มฉนวนท่อส่งความร้อนอื่นๆ		
28	การอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำด้วยความร้อนจากคอนเดนเสท		
	• ไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อน้ำ		
	• ไม่มีการนำความร้อนทิ้งจากคอนเดนเสทมาใช้งาน		

มาตรการที่	ชื่อมาตรการ	ผลการตรวจสอบ	
		ใช่	ไม่ใช่
มาตรการด้านการเปลี่ยนเครื่องจักร (Machine Change)			
29	การติดตั้งระบบการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงอัตโนมัติ		
	● ไม่สามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงหลายชนิดได้		
	● ไม่มีระบบการเปลี่ยนเชื้อเพลิงอัตโนมัติ		
30	การติดตั้งระบบหัวเผาที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความสามารถหลากหลาย		
	● ไม่มีการบำรุงรักษาหัวเผาตามความเหมาะสม		
	● หัวเผาไม่สามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงหลายชนิดได้		
31	ติดตั้ง Economizer		
	● ไม่มีการนำความร้อนจากก๊าซไอเสียมาใช้		
	● ไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อน้ำ		
	● ไม่ความร้อนทิ้งจากคอนเดนเสทกลับมายังหม้อน้ำ		
32	การติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ		
	● ไม่มีการนำความร้อนจากก๊าซไอเสียมาใช้		
	● ไม่มีการอุ่นอากาศก่อนเข้าเผาไหม้		
33	การติดตั้งเครื่องเก็บคืนความร้อนชนิดพ่นฝอยน้ำ		
	● ไม่มีการนำความร้อนจากก๊าซไอเสียมาใช้		
34	การติดตั้ง Tabulator ในหม้อน้ำแบบท่อไฟ		
	● อุณหภูมิของก๊าซไอเสียสูงเกินกว่าปกติ ในขณะที่อากาศเผาไหม้ส่วนเกินไม่เกินมาตรฐาน		
	● ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในหม้อน้ำ		
35	การเก็บคืนความร้อนกลับจากการโบลว์ดาวน์		
	● มีการโบลว์ดาวน์อย่างต่อเนื่อง		
	● มีถังรองรับน้ำโบล์ดาวน์		
	● ไม่มีการนำความร้อนจากน้ำโบลว์ดาวน์กลับมาใช้		



บทที่ 3

แนวทางการปฏิบัติงานที่ดี สำหรับหม้อน้ำและอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ



บทที่ 3
แนวทางการปฏิบัติงานที่ดี สำหรับหม้อน้ำและอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ

ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงความสูญเสียของหม้อน้ำในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งส่งผลกับประสิทธิภาพของหม้อน้ำและระบบไอน้ำ ซึ่งในบทนี้จะได้กล่าวถึงแนวทางการลดการใช้พลังงานในหม้อน้ำ ทั้งด้านการใช้งานอย่างเหมาะสม รวมไปถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ โดยอาศัย “แนวทางการปฏิบัติงานที่ดี” เพื่อใช้ในการประเมิน ตรวจสอบ รวมถึงวิเคราะห์ผลประหยัดที่จะเกิดขึ้น เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ โดยในบทนี้ได้แบ่งแนวทางออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่

3.1 มาตรการด้านการจัดการ (House Keeping)

3.2 มาตรการด้านการปรับปรุงกระบวนการ (Process Improvement)

3.3 มาตรการด้ารการเปลี่ยนเครื่องจักร (Machine Change)

3.1 มาตรการด้านการจัดการ (House Keeping)

มาตรการด้านการจัดการ เป็นแนวทางในลดการใช้พลังงาน โดยเน้นด้านการใช้งานให้เหมาะสม ลดการใช้พลังงานส่วนเกิน รวมถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพ ที่สามารถดำเนินการได้ทันที ไม่มีการลงทุน และได้ผลชัดเจน โดยได้เสนอไว้จำนวนทั้งสิ้น 18 มาตรการดังนี้

3.1.1 การลดช่วงเวลาการทำงานของหม้อน้ำ

3.1.2 การเลือกเชื้อเพลิงที่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์โดยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการทำงาน สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด

3.1.3 การใช้งานอุปกรณ์ข้างเคียงหม้อน้ำให้เหมาะสมกับการทำงานและภาระของหม้อน้ำ

3.1.4 การกระจายภาระการทำความร้อนในแต่ละหม้อน้ำ ให้ภาพรวมของการใช้เงินลงทุนในการดำเนินการลดลง

3.1.5 การรักษาความดันของไอน้ำในระบบไอน้ำให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเพียงพอต่อความต้องการของอุปกรณ์และระบบกระจายไอน้ำ

3.1.6 การตรวจสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำอย่างต่อเนื่อง

3.1.7 การปรับสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม

3.1.8 การบำรุงรักษาส่วนประกอบของหัวเผาในช่วงเวลาที่เหมาะสม

3.1.9 การลดการรั่วไหลของอากาศบริเวณตัวเรือนของพัดลมและท่อส่งต่างๆ

3.1.10 การควบคุม Draft ในหม้อน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

3.1.11 การลดปัญหาเกี่ยวกับ Draft โดยการปรับปรุงการหมุนเวียนอากาศภายในหม้อน้ำ

3.1.12 การลดความสูญเสียจาก Draft ในขณะเดินตัวเปล่า

3.1.13 การควบคุมปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์

3.1.14 การปรับความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม

3.1.15 การเลือกใช้กับดักไอน้ำที่เหมาะสม

3.1.16 การซ่อมบำรุงกับดักไอน้ำ

3.1.17 การปรับปรุงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหม้อน้ำ

3.1.18 การลดการรั่วไหลของไอน้ำ

3.1.19 การจดบันทึก และวิเคราะห์ข้อมูลการเดินเครื่องหม้อน้ำ

มาตรการที่ 3.1.1
ลดช่วงเวลาการทำงานของหม้อน้ำ

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

หลักที่สำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน คือ การลดการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อไม่ต้องการใช้ ให้พยายามลดการใช้งานหม้อน้ำ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเมื่อไม่ต้องการใช้งาน ต่อไปนี้จะกล่าวถึงมาตรการย่อยๆ ซึ่งอาศัยเทคนิคง่ายๆ ให้ผู้อ่านเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับสถานการณ์ หรือผู้อ่านสามารถผสมวิธีการต่างๆ ได้ตามความเหมาะสม

- **ศักยภาพของการประหยัดพลังงาน**

ถ้าเราสามารถลดระยะเวลาการทำงานของหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำต่างๆ เราจะสามารถประหยัดพลังงานได้ดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียที่ตัวหม้อน้ำและระบบส่งจ่าย การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน นั้นเกิดขึ้นเสมอ ตราบเท่าที่หม้อน้ำกำลังทำงานอยู่และการสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหลเกิดขึ้นเมื่อหม้อน้ำยังทำงานอยู่ภายใต้ความดันที่สูง การสูญเสียที่มากที่สุดที่เกิดในกระบวนการผลิตไอน้ำนั้น อาจเกิดขึ้นเนื่องจากระบบการส่งจ่ายที่มีความยาวมากประกอบกับการดูแลรักษาที่ไม่ดีเพียงพอ

2. การบริโภค หรือการใช้งานพลังงานที่ไม่จำเป็นโดยอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ แม้ว่าความต้องการในการใช้ความร้อนของหม้อน้ำนั้นจะน้อย แต่ในความเป็นจริงอุปกรณ์ที่อยู่รอบข้างหม้อน้ำที่ยังคงทำงานอยู่นั้น เช่น น้ำร้อนที่ถูกจ่ายไปยังปั๊มเพื่อสำหรับจ่ายหม้อน้ำที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งพลังงานที่สูญเสียเหล่านี้จะมีปริมาณมากแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบของหม้อน้ำนั่นเอง

3. การทำงานที่ไม่จำเป็นของอุปกรณ์ต่างๆ โดยที่ไม่ได้มีการควบคุมให้แยกออกจากกัน ยกตัวอย่างเช่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของไอน้ำในรุ่นเก่าๆ ที่มีการควบคุมระบบวาล์วโดยใช้การควบคุมจากผู้ปฏิบัติงาน อุปกรณ์นี้จะทำงานโดยตลอดเวลาตราบใดก็ตามที่อุปกรณ์นี้ยังจ่ายไอน้ำอยู่ แม้ว่าจะไม่มีการต้องการไอน้ำก็ตาม ซึ่งปริมาณของพลังงานที่สูญเสียไปนั้นก็จะขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์เหล่านี้จะทำงานโดยไม่มีการควบคุมเป็นระยะเวลานานเท่าใด

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **พิจารณาการควบคุมระบบที่เหมาะสม**

ขั้นตอนแรกของการพัฒนาแผนการควบคุมสำหรับควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ความร้อน คือการตัดสินใจว่าควรจะควบคุมการทำความร้อนที่ตัวหม้อน้ำ ที่อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำหรือว่าทั้งสองแบบ ทั้งสองวิธีนี้ต่างมีข้อดีและข้อเสียที่ต่างกัน ดังต่อไปนี้

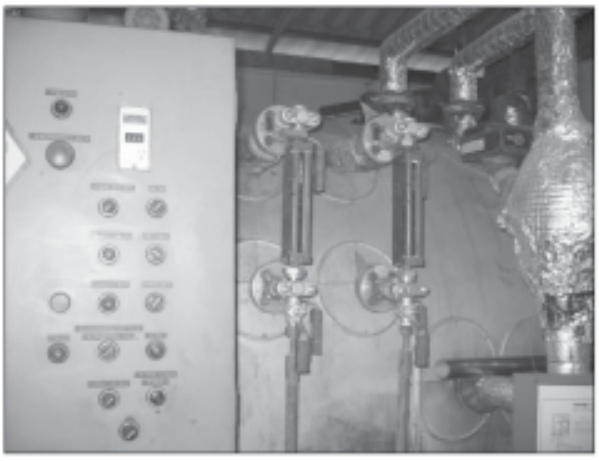
1. ลดการใช้ไอน้ำโดยการปิดอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ เราสามารถติดตั้งระบบการปิด - เปิดที่แต่ละอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ หรืออุปกรณ์ปลายทาง วิธีนี้มีข้อดี คือ อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำแต่ละชิ้นสามารถปิดได้โดยอิสระขึ้นอยู่กับความต้องการไอน้ำของอุปกรณ์นั้นๆ ข้อเสียของวิธีนี้ คือ มีราคาแพงและต้องอาศัยการดูแลที่มากขึ้น เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานต้องดูแลอุปกรณ์จำนวนมากที่ติดตั้งอยู่ในอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำหลายๆชิ้น นอกจากนี้เมื่ออุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำถูกปิด หม้อไอน้ำก็ยังคงทำงานอยู่ ดังนั้นวิธีนี้ ตัวหม้อน้ำก็ยังคงต้องใช้

พลังงานอยู่อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นถ้าหากต้องการจะลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากตัวหม้อน้ำ ต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเพิ่มเติมเข้าไป เพื่อที่จะสามารถปิดการทำงานของหม้อน้ำได้ด้วยตัวเอง



รูปที่ 3.1.1-1 การลดการใช้ไอน้ำโดยการปิดอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ

2. ลดการใช้ไอน้ำ โดยการปิดที่ตัวหม้อน้ำ วิธีนี้ทำได้โดยการปิดระบบหม้อน้ำ ซึ่งจะถือเป็นการปิดอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในระบบไปด้วย วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีเนื่องจากมีการลงทุนที่น้อยกว่าวิธีการติดตั้งระบบควบคุมแรกตามอุปกรณ์ปลายทางเป็นอย่างมาก วิธีนี้เป็นวิธีที่สูญเสียพลังงานน้อยมาก โดยเฉพาะในกรณีที่อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำมีตารางการทำงานอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น ระบบหม้อน้ำที่ผลิตไอน้ำส่งไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ถ้าหากหม้อน้ำมีการส่งจ่ายไอน้ำไปยังอุปกรณ์ชิ้นแรก จะทำให้อุปกรณ์ชิ้นต่อๆ ไปที่อยู่ในเส้นทางการส่งจ่ายเดียวกันทำงานได้อย่างพร้อมๆ กัน แต่ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ ไม่สามารถลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในโรงงานที่ไม่ต้องการใช้ไอน้ำ ยกตัวอย่างเช่น พัดลมที่อยู่ใน Fan coil unit ของระบบปรับอากาศ



รูปที่ 3.1.1-2 การลดการใช้ไอน้ำ โดยการปิดที่ตัวหม้อน้ำ

3. ลดการใช้ไอน้ำ เมื่ออุปกรณ์ปลายทางที่ใช้ไอน้ำมีตารางการทำงานที่แตกต่างกัน ในสถานการณ์ที่บางอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ไอน้ำ มีตารางการทำงานที่สั้นกว่าตารางการทำงานของตัวหม้อน้ำ เราสามารถติดตั้งระบบควบคุมปิด – เปิด เฉพาะอุปกรณ์ที่มีตารางการทำงานสั้นกว่า ยกตัวอย่างเช่น เราสามารถติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการส่งจ่ายไอน้ำในโรงแรม ซึ่งสามารถควบคุมได้ว่า ในช่วงหนึ่งๆแขกของโรงแรมต้องการใช้ความร้อนจากไอน้ำอย่างต่อเนื่องหรือว่าเฉพาะเวลาสั้นๆ

4. ลดการใช้ไอน้ำโดยใช้วิธีการควบคุมแบบต่างๆ กัน เราสามารถใช้วิธีการปิดหม้อน้ำ และอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ ได้อย่างหลากหลาย ได้หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น อาจทำการปิดอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำด้วยนาฬิกาตั้งเวลา และปิดตัวหม้อน้ำด้วยการใช้เซนเซอร์ที่วัดอุณหภูมิอากาศด้านนอก

จะเห็นได้ว่า มีวิธีในการลดการใช้ไอน้ำ โดยการปิดอุปกรณ์ต่างๆ อย่างหลากหลายวิธี แต่ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของการควบคุมดังกล่าว คือ หม้อน้ำ ยังคงต้องตอบสนองต่อความต้องการใช้ไอน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- **พิจารณาผลกระทบที่เกิดจากการปิดหม้อน้ำ**

การปิดหม้อน้ำ หรือการ Shut down หม้อน้ำ ก่อให้เกิดความเครียดทางความร้อน ในตัวหม้อน้ำเองและในอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ ส่งผลให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง และ เป็นการกระตุ้นทำให้เกิดการรั่วไหลของระบบ ในระบบไอน้ำ การทำให้ระบบ หรือการทำให้หม้อไอน้ำเย็นลงจะทำให้ไอน้ำที่อยู่ในระบบทั้งหมดเกิดการควบแน่นส่งผลทำให้เกิดสุญญากาศภายในระบบ ดังนั้น จึงมีโอกาสที่อากาศภายนอกจะถูกดูดเข้าไปในระบบ ซึ่งระดับความรุนแรงดังกล่าวนั้น มีตั้งแต่น้อยจนถึงมาก ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบนั้นเอง โดยทั่วไปแล้วเราสามารถปิดหม้อน้ำที่มีขนาดเล็ก โดยใช้เวลาเพียงช่วงเวลาสั้นๆ แต่การเริ่มเดินเครื่องและการปิดหม้อน้ำที่มีขนาดใหญ่นั้นเป็นวิธีการที่สำคัญและต้องการระยะเวลาในการทำงานค่อนข้างมาก ในการ Shut down หรือ ในการปิดหม้อน้ำในแต่ละครั้งอาจจะทำในตอนกลางคืนหรือช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจระหว่างค่าใช้จ่ายที่ให้ระบบยังคงทำงานอยู่กับค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียไปกับการปิดระบบหม้อน้ำ ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียไปในการปิดระบบหม้อน้ำนั้นจะต้องรวมถึงค่าแรงและค่าบำรุงรักษาเช่นเดียวกับค่าพลังงานที่ต้องสูญเสียไปด้วย

การจำกัดการทำงานของอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ ให้จำกัดการทำงานของอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำไปพร้อมๆ กับการจำกัดการทำงานของตัวหม้อน้ำเอง สามารถยกตัวอย่างอุปกรณ์ดังกล่าวได้เช่น ปั๊มน้ำ ปั๊มน้ำป้อน ปั๊ม Condensate เครื่องอัดอากาศ หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่มีความต้องการใช้พลังงานไม่มากนัก โดยรายละเอียดนั้นสามารถดูได้จากมาตรการที่ 3.1.3

- **พิจารณาการใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ**

โดยปกติแล้ว คนเราไม่สามารถเริ่มและหยุดการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้ในเวลาที่แม่นยำ นอกจากนี้ หากช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานเปลี่ยนแปลงไป หรือ มีสภาวะในการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของการปฏิบัติของผู้ปฏิบัติงานได้ ด้วยเหตุนี้จึงควรใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติในอุปกรณ์ที่สามารถทำได้ มาตรการย่อยต่างๆ ที่จะนำเสนอต่อจากมาตรการนี้ จะมุ่งเน้นการเปิดและปิดหม้อน้ำและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างอัตโนมัติ สำหรับสถานการณ์ที่ไม่สามารถใช้การควบคุมอย่างอัตโนมัติได้ ให้ดูมาตรการที่ 3.2.4 ที่จะกล่าวถึงระบบซึ่งเป็นระบบผสม ที่ทำให้ระบบควบคุมแบบธรรมดาหรือระบบควบคุมโดยผู้ปฏิบัติงานยังคงสามารถทำงานได้อย่างน่าเชื่อถือ

- **จัดทำคำอธิบายการทำงานของระบบ**

ควรมีการทำความเข้าใจกับผู้ปฏิบัติงานให้มีการเข้าใจเกี่ยวกับตารางการทำงานและการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติต่างๆ โดยวิธีง่ายๆ เช่น ติดตั้งแผนงาน หรือคำอธิบายการใช้อุปกรณ์ในตำแหน่งที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ในขณะทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านั้น

การวิเคราะห์ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การวิเคราะห์ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการลดเวลาการใช้งานหม้อน้ำ สามารถพิจารณาได้จากค่าพลังงานที่เกิดขึ้น หากยังคงเปิดใช้งานหม้อน้ำอยู่ โดยในตารางที่ 3-1 แสดงอัตราการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำที่ความดันต่างๆ ต่อ 1 กิโลกรัมไอน้ำ

ตารางที่ 3.1.1-1 อัตราการใช้พลังงานต่อการผลิตไอน้ำอิ่มตัว 1 กิโลกรัม (kJ)

ความดันไอน้ำใช้งาน (bar)	อุณหภูมิน้ำป้อน (°C)				
	30	40	50	60	70
5.0	2,623	2,581	2,539	2,498	2,456
6.0	2,631	2,589	2,547	2,506	2,464
7.0	2,638	2,596	2,554	2,512	2,471
8.0	2,643	2,602	2,560	2,518	2,476
10.0	2,652	2,611	2,569	2,527	2,485

*คำนวณจากตารางไอน้ำอิ่มตัว เป็นผลต่างระหว่างเอนทาลปีของไอน้ำอิ่มตัวกับน้ำป้อนหม้อน้ำ

ตัวอย่างการคำนวณ

หม้อน้ำผลิตไอน้ำ 5 ตันต่อชั่วโมง ความดันใช้งาน 7.0 bar อุณหภูมิน้ำป้อน 40 °C ใช้น้ำมันเตา A เป็นเชื้อเพลิง หม้อน้ำประสิทธิภาพการเผาไหม้ 85% ถ้าสามารถลดการทำงานลงได้ 1 ชั่วโมงต่อวัน จะสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้เท่าใด ถ้าหม้อน้ำทำงานปกติ 300 วันต่อปี ค่าความร้อนของน้ำมันเตา 38.18 MJ/ลิตร

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (l/h)} = \frac{\text{อัตราการผลิตไอน้ำ (kg/h) x พลังงานที่ใช้ผลิตไอน้ำ 1 kg (kJ/kg)}}{\text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง(MJ/l)x ประสิทธิภาพการเผาไหม้ x 1,000}}$$

จากตารางที่ 1 ที่ความดัน 7.0 bar อุณหภูมิน้ำป้อน 40°C จะใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำ 2,596 kJ/kg

ดังนั้นจะใช้ปริมาณเชื้อเพลิง = [(5 x 1,000) x 2,596] / [38.18. x 0.85 x 1,000]

= 400.00 l/h

ถ้าหยุดหม้อไอน้ำได้วันละ 1 ชั่วโมงสามารถลดการใช้น้ำมันเตา A ลงได้ = 400.00 x 1 x 300

= 120,000.00 ลิตรต่อปี

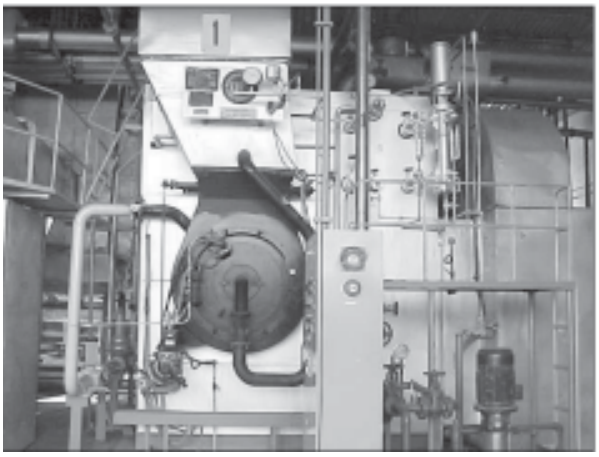
กรณีศึกษา: มาตรการลดเวลาการเดินหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีหม้อไอน้ำ 3 ลูก ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง มีการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำเป็นจำนวนมากในกระบวนการฟอกย้อม ใน 1 สัปดาห์จะหยุดหม้อไอน้ำ 1 ครั้ง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

โรงงานมีการทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา 24 ชั่วโมง โดยในตอนกลางคืนจะใช้หม้อไอน้ำ 2 ลูก หม้อไอน้ำลูกสุดท้ายจะกำหนดปิดเวลา 7.45 น. และไม่ได้มีการตรวจสอบเวลาการปิดกับเครื่องจักรที่ใช้ไอน้ำเครื่องสุดท้าย ทำให้มีการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากการเดินตัวเปล่าของหม้อ ไอน้ำ



รูปที่ 3.1.1-3 หม้อไอน้ำของโรงงาน

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

การประหยัดพลังงานควรลดการสูญเสียเนื่องจากการเดินตัวเปล่าของหม้อไอน้ำ ทีมอนุรักษ์พลังงานจึงได้สำรวจเวลาการปิดเครื่องจักรที่ใช้ไอน้ำทั้งหมด และสามารถกำหนดเวลาหยุดหม้อไอน้ำที่แน่นอนได้คือ 7.25 น. จากเดิมที่หม้อไอน้ำจะหยุดเวลา 7.45 น.โดยไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

สภาพหลังปรับปรุง

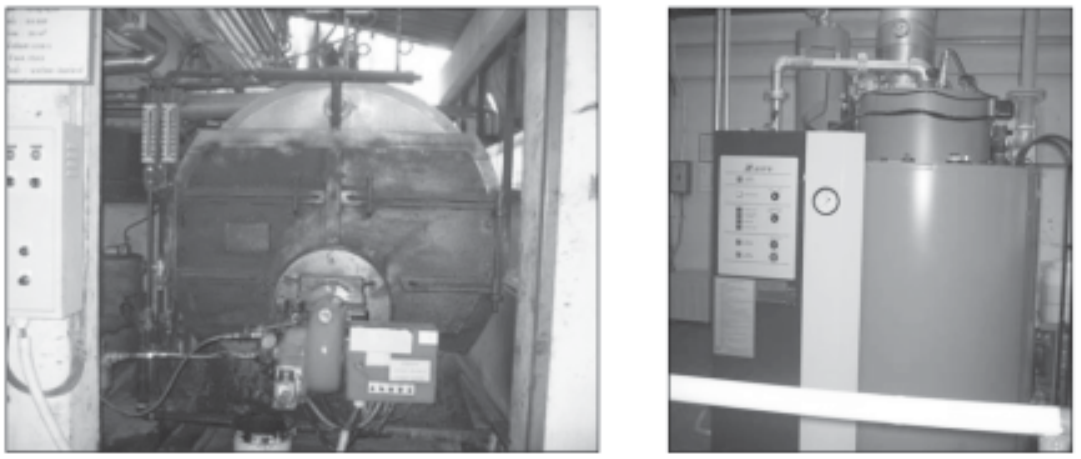
หลังจากทำการหยุดการเดินหม้อไอน้ำเร็วขึ้นลดเวลาการใช้งานหม้อไอน้ำขนาด 16 ตัน ได้สัปดาห์ละ 20 นาที ทำให้ประหยัดพลังงานได้ 0.0149 ktoe/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 150,282 บาท/ปี โดยไม่มีการลงทุน

มาตรการที่ 3.1.2
การเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์โดยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการทำงานสำหรับหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ถ้าระบบหม้อน้ำที่ใช้นั้นรองรับเชื้อเพลิงหรือแหล่งพลังงานได้มากกว่า 1 ชนิด ให้เลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ตลอดระยะเวลาการทำงาน เนื่องจากมาตรการนี้จะช่วยทำให้เกิดผลประหยัดอย่างมีนัยสำคัญโดยมีการลงทุนที่น้อยมาก โดยทั่วไปแล้วเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งจะมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์มากในเวลาหนึ่ง และจะมีความเหมาะสมน้อยในอีกเวลาหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น ในระบบการใช้เชื้อเพลิงร่วมกันระหว่าง น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติจะถูกกว่าน้ำมันในช่วงฤดูร้อนแต่จะแพงกว่าในช่วงฤดูหนาว

ทางโรงงานควรมีการอธิบายหรือให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงาน เกี่ยวกับการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมในช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งเราไม่จำเป็นต้องแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับราคาของเชื้อเพลิงให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบ สิ่งที่ควรทำคือทำการแปลงค่าราคาของพลังงานและมูลค่าของการลงทุนในการเลือกใช้เชื้อเพลิงเป็นข้อปฏิบัติในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำตามได้โดยง่าย ซึ่งการแปลงของข้อมูลดังกล่าวนั้นมีอยู่ 4 ขั้นตอนด้วยกันซึ่งจะอธิบายในหัวข้อถัดไป สำหรับมาตรการนี้จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อใดควรตัดสินใจที่จะเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากชนิดที่หนึ่งเป็นชนิดที่สอง ส่วนมาตรการย่อยที่จะแสดงต่อจากมาตรการนี้จะเป็นการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงอย่างอัตโนมัติซึ่งจะมีความเหมาะสมภายใต้สภาวะการใดๆ



รูปที่ 3.1.2-1 แสดงหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเตา และ หม้อน้ำที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาราคาเชื้อเพลิง ณ เวลานั้น ๆ**

คำนวณราคาของเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ระบบหม้อน้ำใช้เทียบกับปริมาณพลังงาน เช่น บาทต่อความร้อน 1 ล้าน BTU หรือ บาทต่อเมกกะจูล เป็นต้น การทำแบบนี้จะทำให้เราทราบอัตราการใช้เชื้อเพลิงในหน่วยของมูลค่าเงินได้อย่างชัดเจน

สำหรับน้ำมันที่ส่วนใหญ่แล้วโรงงานมักจะซื้อและเก็บสต็อกไว้ใช้ในระยะยาวจะมีวิธีการคำนวณหาราคาที่ง่ายที่สุด ในการเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับว่า จะขึ้นอยู่กับราคาในสต็อกของ อนาคตในกรณีที่เราใช้น้ำมันในสต็อก คราวนี้หมดไป เพราะฉะนั้นราคาในการซื้อรอบต่อไป จะนำมาใช้เป็นเหตุผลในการตัดสินใช้เลือกใช้เชื้อเพลิง

ราคาของก๊าซที่มาตามท่อส่งนั้นโดยปกติแล้วจะเป็นราคาที่คงที่ในช่วงระยะเวลาที่ค่อนข้างยาวมาก อย่างไรก็ตามเราควรตรวจสอบอัตราการขึ้นลงของราคาเพื่อความแน่ใจ

ส่วนราคาค่าไฟฟ้านั้นค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นเพื่อเป็นการง่ายควรติดต่อบริษัทหรือผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อความกระจ่างชัด

หลังจากที่ทางโรงงานดำเนินการในขั้นตอนที่ 1 เสร็จแล้วจะทำให้โรงงานได้ทราบว่าควรจะทำการจัดซื้อพลังงานหรือเชื้อเพลิงใดเพื่อให้เกิดการคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด

- **ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาเงินลงทุนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง**

การเลือกชนิดของเชื้อเพลิงนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับราคาของเชื้อเพลิงโดยตรงเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับ จำนวนเงินลงทุนที่เกิดขึ้นจากเชื้อเพลิงนั้นๆ อีก เช่น

1. ค่าบำรุงรักษา เช่น การใช้น้ำมันแทนที่การใช้ก๊าซจะต้องการการทำความสะอาดในผนังห้องเผาไหม้ หัวเผา และก็ต้องมีการใช้ขดลวดให้ความร้อนแก่น้ำมัน เป็นต้น

2. ผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของหม้อน้ำ เชื้อเพลิงต่างชนิดกันจะมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรศึกษามาตรการที่ 3.1.6 สำหรับการเลือกใช้ชนิดพลังงานที่มีประสิทธิภาพ

3. การทำงานของอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ เช่น การใช้น้ำมันที่มีความหนักกว่าน้ำมันเบาอีกชนิดหนึ่ง จะต้องก่อให้เกิดมูลค่าการลงทุนเกี่ยวกับค่าการกำจัดเขม่าและระบบการทำความร้อนให้กับถังเก็บน้ำมันหนักมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การใช้น้ำมันแทนที่ก๊าซก็ยังต้องการการลงทุนเกี่ยวกับการทำงานของระบบปั๊มเชื้อเพลิงอีกด้วย

ในการพิจารณาการเลือกใช้เชื้อเพลิงไม่ควรทำการรวมเงินลงทุนสำหรับอุปกรณ์เข้าไปในการพิจารณาด้วย ยกตัวอย่างเช่น เชื้อเพลิงแบบน้ำมัน นั้นต้องการแท็งก์สำหรับกักเก็บแต่เมื่อใดก็ตามที่เราทำการซื้อแท็งก์ในการกักเก็บมาติดตั้งแล้ว ราคาของแท็งก์นี้จะไม่มีผลต่อการตัดสินใจของการเลือกใช้ชนิดของเชื้อเพลิง เนื่องจากเงินที่เราลงทุนไปกับค่าแท็งก์กักเก็บน้ำมันนั้น เป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียวซึ่งจะไม่มีผลต่อการตัดสินใจเกี่ยวกับราคาของเชื้อเพลิงในอนาคต

ในการแสดงมูลค่าลงทุนเกี่ยวกับค่าเชื้อเพลิงนั้น ให้แสดงในเชิงเปรียบเทียบกับหน่วยของพลังงานดังที่กล่าวมา ยกตัวอย่างเช่น บาทต่อพลังงาน 1 เมกกะจูล (MJ)

- **ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาเงื่อนไขในการเปลี่ยนใช้เชื้อเพลิง**

ในกรณีทั่วไปเราจะเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงเป็นชนิดใดก็ตามที่มีราคาต่ำที่สุด การตัดสินใจเกี่ยวกับปัจจัยทางราคานี้เราได้คำนวณมาแล้วในขั้นตอนที่ 1 และ 2 ในขั้นตอนนี้ เราจะต้องตัดสินใจว่าเมื่อใดที่ต้องทำการเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิง

ถ้าหากราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ค่อนข้างยาว ให้ทำการพิจารณาการเลือกใช้เชื้อเพลิงเมื่อใดก็ตามที่ราคาของเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่หม้อน้ำสามารถใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเบา และก๊าซธรรมชาติได้เราควรเลือกใช้น้ำมันเมื่อราคาของน้ำมันถูกกว่าราคาของก๊าซธรรมชาติ อย่างน้อย16.50 บาทต่อ 1 กิกะจูล (1,000 MJ) การคำนวณผลต่างสำหรับค่าต่างๆ ที่แตกต่างกันนั้น เช่น ประสิทธิภาพ มูลค่าการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์รอบข้างนั้นควรจะต้องทำการพิจารณาด้วย นอกจากนี้เราควรพิจารณาความสัมพันธ์ของราคาเมื่อใดก็ตามที่เราทำการซื้อเชื้อเพลิงเพื่อเก็บเข้าไว้ในสต็อก หรือราคาของก๊าซมีการเปลี่ยนแปลง ถ้าหากราคาของเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนแปลงโดยขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆ เช่น เวลาใน 1 วัน ใน 1 เดือน หรือใน 1 ปี เราควรจะมีการพิจารณาถึงราคาเชื้อเพลิงเมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ถ้ากระแสไฟฟ้ามีมูลค่าหรือมีราคาต่ำที่สุดแล้วในช่วงกลางคืนให้ทำการเลือกใช้กระแสไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานของหม้อไอน้ำในเวลาดังกล่าว สำหรับการคาดการณ์ในการเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวมานี้สามารถพิจารณาการเปลี่ยนแบบอัตโนมัติได้ โดยให้ดูที่มาตรการย่อยที่ 3.2.5

- **ขั้นตอนที่ 4 การอธิบายให้ผู้ปฏิบัติงานทราบ**

วิธีการในขั้นตอนที่ 4 นี้คือการเขียนคำอธิบายให้มีประสิทธิผล ควรเขียนคำอธิบายในการเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดหนึ่งถ้าเป็นไปได้ควรจะมีการทำรายการคำนวณที่สำคัญร่วมไว้ด้วย

ถ้าหากทางโรงงานมีการแต่งตั้งหรือมอบความรับผิดชอบในการตัดสินใจเลือกใช้ชนิดเชื้อเพลิงให้แก่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำให้ระลึกไว้เสมอว่าผู้ปฏิบัติงานมักจะมีความคิดเข้าข้างเชื้อเพลิงชนิดที่ต้องการการบำรุงรักษาน้อยหรือว่ามีมูลค่าการลงทุนน้อย ยกตัวอย่างเช่น ผู้ปฏิบัติการมักเลือกใช้ก๊าซมากกว่าน้ำมัน หรือเลือกใช้น้ำมันเบามากกว่าน้ำมันหนัก ซึ่งปกติแล้วเชื้อเพลิงที่ต้องการการบำรุงรักษาต่ำนั้นมักจะเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาแพง เพราะฉะนั้นจึงควรอธิบายความสำคัญในเชิงเศรษฐศาสตร์ให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจด้วย

ควรทำการพิจารณาราคาของเชื้อเพลิงในระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อที่จะมั่นใจว่าราคาของเชื้อเพลิงที่มีอยู่นั้นเป็นราคาที่ล่าสุดจริงๆ นอกจากนี้ควรจะกำหนดการพิจารณาเกี่ยวกับราคาของเชื้อเพลิงให้เป็นแผนปฏิบัติงานประจำปีด้วย

การวิเคราะห์ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การเปรียบเทียบต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น ราคาของเชื้อเพลิง, ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ, อุณหภูมิของน้ำป้อนและความดันที่ใช้ การคำนวณดังกล่าวนี้เป็นการประมาณการต้นทุนในการผลิตไอน้ำโดยทำการเปรียบเทียบกับชนิดของเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ใช้กับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ อ้างถึงตารางที่ 3-1 ในมาตรการที่ 3.1.1 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ 1 kg ที่ความดันและอุณหภูมิของน้ำป้อนต่างๆ เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับ**ตารางที่ 3.1.2-1**

ที่แสดงค่าความร้อนและประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ จะทำให้สามารถประเมินราคาต้นทุนของไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆได้

ตารางที่ 3.1.2-1 แสดงค่าความร้อนต่อหน่วยและค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ชนิดเชื้อเพลิง (หน่วย)	ค่าความร้อนต่อหน่วย (MJ)	ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%)
น้ำมันเตาเกรด A (ลิตร)	38.18	86 %
น้ำมันเตาเกรด C (ลิตร)	41.28	85%
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	36.42	87%
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว,LPG (กิโลกรัม)	46.70	85%
ก๊าซธรรมชาติ (ล้านบีทียู)	1,055	83%
ถ่านหินบิทูมินัส (กิโลกรัม)	26.37	88%

Note: ประสิทธิภาพการเผาไหม้ประเมินจากอุณหภูมิปล่อง 200 °C และปริมาณออกซิเจนในไอเสีย 4%

ตัวอย่างการคำนวณ

หม้อไอน้ำตามมาตรการที่ 3.1.1 ผลิตไอน้ำ 5 ตันต่อชั่วโมง ความดันใช้งาน 7.0 bar อุณหภูมิน้ำป้อน 40 °C ใช้น้ำมันเตา A เป็นเชื้อเพลิง หม้อน้ำประสิทธิภาพการเผาไหม้ 85% ถ้าน้ำมันเตาเกรด A ราคา 17 บาทต่อลิตร การคำนวณหาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตไอน้ำได้ดังนี้

จากตารางที่ 1 ที่ความดัน 7.0 bar อุณหภูมิน้ำป้อน 40°C จะใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำ 2,596 kJ/kg

$$\text{ราคาไอน้ำ ฿/kg}_{\text{ไอน้ำ}} = \frac{\text{ราคาเชื้อเพลิง (฿/l) x พลังงานที่ใช้ผลิตไอน้ำ 1 kg (kJ)}}{\text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (MJ/l) x 1,000 x ประสิทธิภาพการเผาไหม้}}$$

$$= [\ 17\ (฿/l) \times 2{,}596\ (kJ/kg)\ ] / [38.18\ (MJ/l) \times 1000 \times 0.85]$$

$$= 1.36\ ฿/kg_{\text{ไอน้ำ}}$$

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลการประหยัด : *สูงถึง 30% ของราคาเชื้อเพลิงซึ่งขึ้นอยู่กับราคาของเชื้อเพลิงชนิดนั้น*

ต้นทุน : *มูลค่าการลงทุน น้อยมาก การลงทุนใช้เงินเพียงเล็กน้อยซึ่งเกี่ยวข้องกับการคำนวณและการจัดการวิเคราะห์ราคาน้ำมันและการเลือกหาชนิดของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด*

ระยะเวลาคืน : *ทันทันทีทันใด*

กลเม็ดของมาตรการ

การทำงาน : *จุดอ่อนที่สำคัญของมาตรการนี้คือ การให้ความสนใจอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับกระบวนการ การเลือกใช้เชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบเป็นระยะว่าได้มีการปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ เป็นอย่างดี*

กรณีศึกษา : มาตรการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาเกรด A เป็น C

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานใช้หม้อไอน้ำขนาด 1.6 ตัน จำนวน 1 เครื่อง โดยใช้เชื้อเพลิงคือน้ำมันเตาเกรด A มีปริมาณการใช้ 27,000 ลิตร/เดือน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

น้ำมันเตาเกรด A มีราคาสูงขึ้นอย่างมากทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 3.1.2-2 หม้อไอน้ำขนาด 1.6 ตัน

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

คณะทำงานอนุรักษ์พลังงานมีความเห็นร่วมกันว่าควรยกเลิกการใช้น้ำมันเกรด A และเปลี่ยนมาเป็นเกรด C ซึ่งถูกกว่า และค่าพลังงานต่อหน่วยใกล้เคียงกัน (หาข้อมูลการใช้น้ำมันเตาเกรด C จากบริษัทในเครือเพื่อความมั่นใจแล้วจึงทำการเปลี่ยนน้ำมัน)

สภาพหลังปรับปรุง

หม้อไอน้ำสามารถใช้น้ำมันเตาเกรด C ได้โดยไม่มีผลต่อหม้อไอน้ำและงานการผลิต ทำให้สามารถค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันและลดต้นทุนการผลิตลงได้ จากการดำเนินการสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ 292,560 บาท/ปี

มาตรการที่ 3.1.3
การใช้งานอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำให้เหมาะสมกับการทำงานและภาระของหม้อน้ำ

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ในระบบหม้อน้ำโดยทั่วไป เราสามารถประหยัดพลังงานได้เพียงแค่ให้ความสนใจหรือให้ความใส่ใจกับการทำงานของอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ

อุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ จะสูญเสียหรือใช้พลังงานโดยเปล่าประโยชน์เมื่ออุปกรณ์เหล่านี้ใช้พลังงานมากกว่าที่ต้องการเพื่อที่จะรักษาระดับผลรวมของผลผลิตไอน้ำจากหม้อไอน้ำในเวลานั้นๆ สาเหตุหลักที่สำคัญของการสูญเสียมีอยู่ 2 สาเหตุด้วยกันดังนี้

1. การทำงานของอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำที่ไม่จำเป็น ระบบหม้อน้ำโดยปกติแล้วจะมีปั๊มน้ำหลายตัว ทั้งนี้อาจจะมีอุปกรณ์อีกหลายชิ้นที่เหมือนกันและมีหลายตัว อุปกรณ์เหล่านี้มีการติดตั้งหลายตัวเพื่อเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ หรือเพื่อทำให้ระบบหม้อน้ำสามารถรับภาระได้หลากหลายระดับ ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำสั่งให้อุปกรณ์เหล่านี้ทำงานมากกว่าความจำเป็น ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานได้ เราสามารถแก้ไขการสูญเสียพลังงานได้โดยการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานโดยการติดตั้งระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ

2. การควบคุม Output ของอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม อุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำบางตัวถูกขับที่ความเร็วคงที่ไม่ว่าเงื่อนไขการทำงานจะเป็นอย่างไร ยกตัวอย่างเช่น พัดลมอากาศที่ใช้สำหรับการเผาไหม้ของหม้อน้ำขนาดเล็กและปั๊มน้ำป้อน สำหรับหม้อน้ำขนาดใหญ่ เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียพลังงานในวิธีดังกล่าวนี้ เราสมควรที่จะต้องมีการปรับปรุงอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ หรือมีการเปลี่ยนอุปกรณ์เป็นอุปกรณ์ชนิดใหม่

มาตรการนี้และมาตรการย่อยอีก 2 มาตรการ เป็นมาตรการที่ช่วยลดพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุแรก มาตรการนี้จะแนะนำขั้นตอนการดำเนินงานโดยทั่วไปและมาตรการย่อยจะแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงการควบคุม

- **ศักยภาพในการประหยัดพลังงาน**

ปริมาณของพลังงานที่สามารถประหยัดไปได้และศักยภาพของพลังงานสูญเสียจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยขึ้นอยู่กับ ชนิดของหม้อน้ำ ปัจจัยนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของพลังงานที่อุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำใช้ไป และขึ้นอยู่กับว่าจะสามารถควบคุมอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าไร

ยกตัวอย่างเช่น ในระบบหม้อน้ำขนาดใหญ่ที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันหนัก ปกติแล้วจะสูญเสียพลังงานไปกับอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำประมาณ 5 - 10% ของพลังงานที่ใช้ในการเดินระบบทั้งหมด และจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อภาระของระบบต่ำกว่าค่าๆ หนึ่ง แต่ในทางกลับกัน กรณีที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง และมีหัวเผาแบบความดันบรรยากาศนั้น แทบจะไม่มีการบริโภคพลังงานจากอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำเลย

ด้วยเหตุนี้ การสูญเสียด้วยพลังงานจะไม่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ที่ได้รับการควบคุมในลักษณะเปิดหรือปิด โดยมีการตอบสนองมาจากภาระของหม้อน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีของปั๊มน้ำป้อนที่สามารถเปิด - ปิดได้ โดยขึ้นอยู่กับระดับน้ำที่อยู่ภายในหม้อน้ำ ดังนั้นถ้าหากหม้อน้ำหยุดการทำงาน ระดับน้ำในหม้อน้ำก็คงที่ ดังนั้นปั๊มน้ำป้อนก็จะปิดตัวอย่างอัตโนมัติจึงเป็นเหตุให้ไม่มีพลังงานสูญเสียในปั๊มน้ำป้อน

ในทางตรงกันข้าม ในบางระบบมีปั๊มน้ำป้อนหนึ่งตัวทำหน้าที่ป้อนน้ำป้อนสู่หม้อน้ำหลายๆ ตัว โดยผ่านโซลินอยด์วาล์ว ซึ่งในการติดตั้งลักษณะนี้ ปั๊มน้ำจะทำงานอย่างต่อเนื่องโดยไม่ขึ้นอยู่กับว่า ความต้องการน้ำของหม้อน้ำแต่ละตัวจะเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงเป็นการง่ายที่จะพิจารณาดูว่าปั๊มน้ำดังกล่าวมีการทำงานในช่วงเวลาที่หม้อน้ำหยุดการทำงานหรือไม่

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **พิจารณาการควบคุมอุปกรณ์ทั้งหลาย**

  เริ่มต้นโดยการพิจารณาอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วย

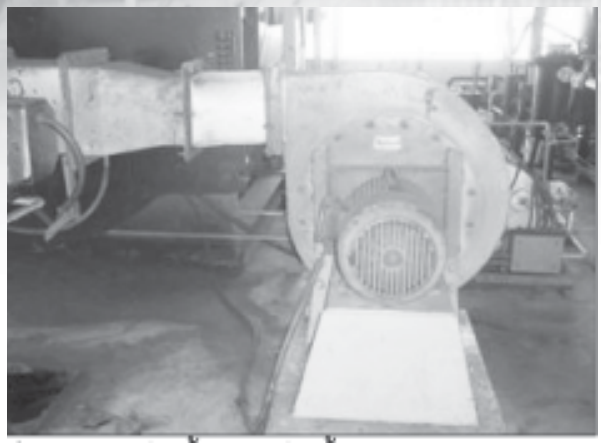
  1. ปั๊มน้ำร้อน
  2. ปั๊มน้ำป้อน
  3. ปั๊ม Condensate
  4. ปั๊มเชื้อเพลิง
  5. ระบบทำความร้อนเชื้อเพลิง
  6. ระบบการส่งจ่ายเชื้อเพลิงแข็ง
  7. พัดลมเป่า
  8. พัดลมดูด
  9. เครื่องอัดอากาศสำหรับกำจัดเขม่า
  10. เครื่องอัดอากาศสำหรับควบคุมอากาศ
  11. ปั๊มสำหรับการปรับแต่งน้ำทางเคมี
  12. และระบบเฉพาะอย่างอื่นๆ

ทำการหาเงื่อนไขที่ต้องการและดูว่าอุปกรณ์ชนิดใดสามารถทำการควบคุมให้ตอบสนองต่อภาระของหม้อน้ำได้ ในกรณีที่มีอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำที่ทำงานโดยไม่จำเป็น ให้ตัดสินใจว่าจะเลือกใช้วิธีการควบคุมอุปกรณ์เหล่านี้โดยอาศัยผู้ปฏิบัติงานหรือระบบอัตโนมัติ ซึ่งการควบคุมโดยอาศัยผู้ปฏิบัติงานนั้นจะเหมาะสมกับในบางโรงงานที่มีผู้ปฏิบัติงานที่ผ่านการอบรมและเข้าใจเป็นอย่างดี แต่การควบคุมโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานนั้นอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นในบางสภาวะการทำงาน แต่ถ้าหากเราตัดสินใจที่จะเลือกใช้ระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติให้ดูรายละเอียดได้จาก มาตรการย่อยต่อไป

- **การจัดทำแผนงานและให้คำแนะนำแก่ผู้ปฏิบัติ**

หากโรงงานตัดสินใจที่จะควบคุมโดยอาศัยผู้ปฏิบัติงาน ควรมีการให้คำแนะนำหรือขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมในแต่ละอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ ซึ่งคำแนะนำหรือข้อควรปฏิบัตินี้ควรจะชัดเจนและได้รับการติดตั้งถาวรในบริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย ซึ่งอาจจะเป็นป้ายที่ติดไว้ในบริเวณใกล้เคียงกับทุกอุปกรณ์

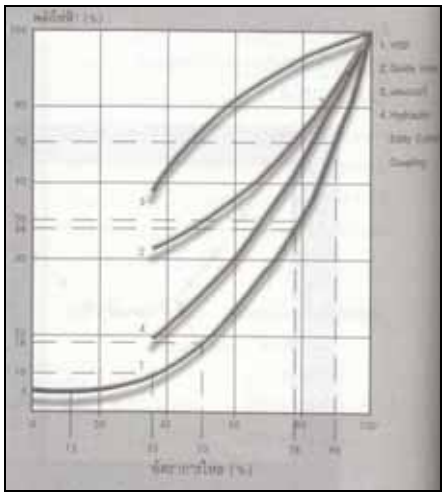




รูปที่ 3.1.3-1 แสดงอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำของหม้อน้ำ

การวิเคราะห์ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

อุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน ดังนั้นในการประเมินหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน มีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์ รวมทั้งชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำมักมีการใช้มอเตอร์ในการขับ ซึ่งการลดการใช้กำลังไฟฟ้าในมอเตอร์มีหลายวิธี ในที่นี้จะทำการยกตัวอย่างการลดกำลังไฟฟ้าในพัดลม ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลด้วยวิธีต่างๆ



รูปที่ 3.1.3-2 สัดส่วนการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อควบคุมการไหลด้วยวิธีต่าง ๆ

จาก**รูปที่ 3.1.3-2** จะเห็นได้ว่าการติดตั้งอุปกรณ์คบคุมอัตราไหลแบบ VSD จะช่วยลดการใช้พลังงานได้ดีกว่าการหรี่ด้วย Damper มาก รวมทั้งยังสามารถลดปริมาณลมลงได้มาก ซึ่งการติดตั้งระบบ VSD นี้สามารถใช้ได้ทั้งในพัดลม และ ปั๊มน้ำ

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *สูงถึง 40% ของค่าใช้จ่ายในการทำงานของอุปกรณ์รอบข้างของหม้อน้ำ*

ต้นทุน : *การลงทุนน้อยมาก ถ้าหากขั้นตอนการทำงานนั้นทำโดยผู้ปฏิบัติงาน*

ระยะคืนทุน : *ทันทีทันใด*

กลเม็ดของมาตรการ

การฝึกอบรมและการสื่อสาร *: วิธีดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับการได้รับการฝึกอบรมและการแนะนำของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ควรมีการติดตั้งแผ่นป้ายแสดงขั้นตอนในการปฏิบัติงานอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม*

กรณีศึกษา : มาตรการเลื่อนเวลาการเปิดใช้หม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการทำงาน

โรงงานมีการผลิตไอน้ำสำหรับจ่ายให้กับกระบวนการผลิตเป็นหลักโดยใช้หม้อไอน้ำชนิดเชื้อเพลิงไม้ฟืนขนาด 10 ตัน/ชั่วโมง อุปกรณ์เครื่องจักรที่เป็นส่วนประกอบของหม้อไอน้ำประกอบด้วย Draft Fan ขนาด 15 kW ทำงานพร้อมกัน 2 ชุด Induced Fan ขนาด 55 kW จำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำป้อนขนาด 5.5 kW จำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำสเปรย์ขี้เถ้าลอยขนาด 5.5 kW จำนวน 1 ชุด อุปกรณ์ผลิตไอน้ำทำงาน 20 ชั่วโมง/วัน โดยเริ่มเดินเครื่องตั้งแต่เวลา 03.00 – 23.00 น.

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ควบคุมหม้อไอน้ำพบว่าจะเดินเครื่องล่วงหน้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง/วัน (03.00-04.00 น.) หากทำการปรับแผนการเดินเครื่องใหม่เป็นเริ่มทำงานเวลา 04.00 น. (กระบวนการผลิตมีความต้องการใช้ไอน้ำตั้งแต่เวลา 05.00 น.) จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้



รูปที่ 3.1.3-3 หม้อไอน้ำของโรงงาน

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1. สำรวจการทำงานของหม้อไอน้ำ และการใช้ไอน้ำของฝ่ายผลิต
2. วิเคราะห์ปัญหาและทำความเข้าใจร่วมกันของเจ้าหน้าที่ควบคุมหม้อไอน้ำและเจ้าหน้าที่ ฝ่ายผลิต
3. ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ที่เกี่ยวข้อง
4. วางแผนดำเนินการ
5. วิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

ทำการเริ่มเดินเครื่องหม้อไอน้ำเวลา 04.00 น. สามารถลดชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องลงได้ 1 ชั่วโมง/วัน ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 0.00084 ktoe/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 33,080.58 บาท/ปี โดยไม่มีการลงทุน

มาตรการที่ 3.1.4
การกระจายภาระการทำความร้อนในแต่ละหม้อน้ำ ให้ภาพรวมของการใช้เงินลงทุนในการดำเนินการลดลง

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

ถ้าโรงงานมีหม้อน้ำมากกว่าหนึ่งตัว เราสามารถลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการดำเนินการ โดยการให้ความสนใจในลำดับของการเริ่มต้นทำงานของหม้อน้ำ โดยทำการกระจายภาระการทำงานให้ทั่วถึงในแต่ละหม้อน้ำ ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1. หม้อน้ำต่างชนิดกัน ต่างรุ่น ต่างขนาด จะมีประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกันสูงถึง 30%

2. ประสิทธิภาพของหม้อน้ำแต่ละตัว สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญโดยขึ้นอยู่กับระดับของภาระที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น พิจารณาหม้อน้ำที่เหมือนกันคู่หนึ่งซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดของแต่ละตัวอยู่ที่ 60% โดยที่ประสิทธิภาพจะลดลง ถ้าหากภาระการให้ความร้อนสูงขึ้นหรือว่าต่ำลง ดังนั้นถ้าหากภาระความต้องการความร้อนของทั้งโรงงานมีค่าเท่ากับ 120% ของภาระสูงสุดของหม้อน้ำ 1 ตัว ดังนั้นหมายความว่า หากกระจายภาระนี้ให้เท่าๆกัน ในทั้งสองหม้อน้ำ จะเห็นได้ว่าทั้งสองหม้อน้ำจะทำงานที่จุดที่ให้ประสิทธิภาพที่สูงสุด ก็คือ 60% แต่ในทางกลับกัน หากให้หม้อน้ำตัวหนึ่งทำงานที่ 100% หม้อน้ำอีกตัวจะทำงานที่ 20 % จะพบว่าหม้อน้ำทั้งสองตัว ทำงานอยู่ในจุดที่ห่างจากจุดที่เป็นประสิทธิภาพสูงสุด ในการทำงานของแต่ละเครื่อง

3. หม้อน้ำแต่ละตัวจะมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทำงานของอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำที่แตกต่างกัน

4. หม้อน้ำที่แตกต่างกันอาจใช้เชื้อเพลิงที่ต่างชนิดกัน ทั้งนี้ให้ดูที่มาตรการที่ 3.1.2 ประกอบ โดยปกติแล้วเราต้องการที่จะให้การรวมกันของการทำงานของหม้อน้ำมีมูลค่าการดำเนินงานที่ต่ำที่สุด ภายใต้ระดับของภาระงานที่แตกต่างกันในทุกๆ ค่า การทำแบบนี้มีอยู่ 3 ขั้นตอนคือ

1. คำนวณค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการดำเนินการของแต่ละหม้อน้ำในทุกๆ ระดับภาระการทำงาน

2. หาจุดรวมกันที่เหมาะสมที่สุดของการทำงานของแต่ละหม้อน้ำ และภาระการทำงานของหม้อน้ำในแต่ละระดับของภาระความต้องการความร้อนรวม และ

3. สร้างเป็นคำอธิบายสำหรับการดำเนินการให้หม้อน้ำทำงานในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

ในมาตรการย่อยหลังจากมาตรการนี้ จะเป็นการเปลี่ยนขั้นตอนที่สามโดยการแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ควบคุมลำดับการทำงานของหม้อน้ำ โดยการกระจายภาระให้แก่หม้อน้ำอย่างอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1.4-1 แสดง Boiler Plant

- **คุณลักษณะของประสิทธิภาพของหม้อน้ำและศักยภาพในการประหยัดพลังงาน**

ในการที่จะทำให้การปฏิบัติมาตรการนี้สำเร็จได้ จะต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของประสิทธิภาพของหม้อน้ำแต่ละตัว ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้เรามีแนวความคิดเกี่ยวกับผลประโยชน์ที่เราจะได้จากการจัดลำดับการทำงานของหม้อน้ำ

โดยปกติแล้วประสิทธิภาพของหม้อน้ำรุ่นใหม่จะแตกต่างจากหม้อน้ำรุ่นเก่าเป็นอย่างมาก โดยที่หม้อน้ำรุ่นเก่าในบางรุ่นนั้นจะมีประสิทธิภาพต่ำเพียง 70 % หรือน้อยกว่านั้น ในขณะเดียวกันหม้อน้ำรุ่นเก่าที่มีประสิทธิภาพต่ำเหล่านั้นจะเป็นผลเนื่องมาจาก การถ่ายเทความร้อนที่มีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นในหม้อน้ำเหล่านั้นประสิทธิภาพการทำงานจะลดลงในกรณีที่ภาระการทำงานเพิ่มขึ้น หรือนอกจากนั้นประสิทธิภาพการทำงานยังอาจลดลงในกรณีที่ภาระการทำงานลดลงอีกด้วย

การสูญเสียในสภาวะที่ยังไม่มีภาระการทำงาน หรือ Standby loss มีความสำคัญในหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำ ในหม้อน้ำที่มีห้องเผาไหม้แบบเปิดสู่บรรยากาศอาจจะมีการสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีภาระสูงถึง 10% โดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี การสูญเสียในสภาวะที่ยังไม่มีภาระการทำงานนั้นสามารถอธิบายได้ในมาตรการที่ 3.1.12 การสูญเสียดังกล่าวนี้อาจแตกต่างกันเป็นอย่างมากในกรณีที่หม้อน้ำต่างชนิดกัน โดยสรุปแล้ว

1. หม้อน้ำที่มีห้องเผาไหม้เปิดสู่บรรยากาศ จะมีการสูญเสียในระหว่างไม่มีภาระการทำงานสูงกว่าหม้อน้ำที่ห้องเผาไหม้แบบปิด

2. หัวเผาแบบหนึ่งขั้นตอนจะมีการสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีภาระการทำงานสูงกว่าหัวเผาแบบหลายขั้นตอน และ

3. หัวเผาที่มีการปรับค่าได้ในตลอดช่วงการทำงานที่กว้าง จะมีการสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีการทำงานต่ำกว่า ในหม้อน้ำหนึ่งๆ จะมีการสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีภาระการทำงานที่สูงขึ้น เมื่อภาระการทำงานลดลง

หม้อน้ำขนาดที่ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด จะมีความแตกต่างกันของประสิทธิภาพการทำงานที่น้อยมาก เมื่อชนิดของเชื้อเพลิงเปลี่ยนไป หม้อน้ำรุ่นใหม่ๆที่ดีที่สุดนั้น มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดเทียบเท่ากับประสิทธิภาพในเชิงทฤษฎี หม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงที่ดี

นั้น ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุดจะอยู่ในช่วง 82% - 85% ขึ้นอยู่กับชนิดและเกรดของน้ำมันที่ใช้ในการเผาไหม้ ส่วนหม้อน้ำที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงที่ดีนั้น จะมีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ 81%

ในหม้อน้ำที่ได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงๆ ประสิทธิภาพการทำงานของหม้อน้ำจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากตลอดช่วงการทำงานทั้งหมด โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพของหม้อน้ำเกือบจะคงที่ในภาระการทำงานตั้งแต่ครึ่งหนึ่งจนถึงสูงที่สุด แต่ประสิทธิภาพการทำงานจะลดลงในกรณีที่ลดภาระการทำงานจากครึ่งหนึ่งลงมาจนถึงสภาวะที่ภาระน้อยๆ แต่จะลดเพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์เท่านั้น เหตุผลในการลดลงของประสิทธิภาพในช่วงที่มีภาระน้อย นั้นเนื่องมาจากการสูญเสียจากตัวของหม้อน้ำเอง ยกตัวอย่างเช่น การสูญเสียจากการแผ่รังสีของพื้นผิวของตัวหม้อน้ำ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในกรณีที่ภาระการทำงานต่ำมากๆ การสูญเสียเหล่านี้จะถือว่ามีนัยสำคัญ

มีความแตกต่างของประสิทธิภาพที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของหม้อน้ำสมัยใหม่ นั่นก็คือ ในบางหม้อน้ำจะสามารถนำความร้อนจากการควบแน่นของก๊าซร้อนกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าหม้อน้ำทั่วไป หม้อน้ำในลักษณะดังกล่าวนี้จะมีประสิทธิภาพการทำงานสูงถึง 90% ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหม้อน้ำประเภทนี้จะใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง

โดยทั่วไปแล้ว หม้อน้ำที่ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานต่ำจะมีแนวโน้มที่จะสูญเสียประสิทธิภาพการทำงานได้อีก ในกรณีที่ไม่ได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหม้อน้ำมีพื้นผิวในการถ่ายเทความร้อนที่ไม่เพียงพอหม้อน้ำนี้จะสูญเสียประสิทธิภาพการทำงานอย่างรวดเร็วเนื่องจากการสะสมของตะกรันที่ผนังไฟและผนังน้ำ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **การปรับระดับการทำงานของหัวเผาให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ**

ความสามารถของหม้อน้ำจะแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับ Output ของหม้อน้ำซึ่งจะหาได้จากการออกแบบหัวเผา หัวเผาส่วนใหญ่มีอยู่หลายแบบ เช่น 1 ขั้นตอน 2 ขั้นตอน หรือแบบเปลี่ยนแปลงได้ ปกติแล้วประสิทธิภาพของหม้อน้ำจะเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับ Output ดังนั้น การเปลี่ยนชนิดของหัวเผาก็จะทำให้สามารถหาประสิทธิภาพเฉลี่ยของหม้อน้ำได้

ถ้าหม้อน้ำใช้หัวเผาชนิด 1 ขั้นตอน ประสิทธิภาพของหม้อน้ำที่มีผลกระทบจะมีเพียงแค่ประสิทธิภาพที่ Output สูงสุดเท่านั้น ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับการทำงานของหัวเผา การสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีภาระการทำงานจะเป็นสาเหตุสำคัญเพียงอย่างเดียวที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานโดยเฉลี่ยของหม้อน้ำแปลเปลี่ยนไป

ในกรณีที่ใช้หัวเผาแบบ 2 ขั้นตอน สิ่งที่ควรให้ความสนใจคือ ประสิทธิภาพของหัวเผาทั้งสอง ใน Output แบบที่เรียกว่า Low-fire หรือว่าระดับไฟต่ำนั้น โดยทั่วไปแล้วจะมีประสิทธิภาพประมาณ 60% ของ Output แบบ High-fire หรือว่าระดับไฟสูง แต่ทั้งนี้ค่าดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงได้ ในหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงนั้น ประสิทธิภาพของหัวเผาทั้งสองขั้นตอนจะมีค่าเกือบเท่ากัน เนื่องจากหม้อน้ำสมัยใหม่นั้นได้รับการออกแบบมาเพื่อให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด 80% ของภาระการทำงานสูงสุด ในหม้อน้ำที่มีการถ่ายเทความร้อนไม่ดีพอ ขั้นตอนแรกจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าขั้นตอนที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับหัวเผาที่ปรับค่าได้นั้น จะสามารถปรับของระดับไฟ หรือ Output ได้ในตลอดช่วงการทำงานตั้งแต่ระดับภาระการทำงานสูงสุดจนถึงระดับภาระการทำงานต่ำสุด หม้อน้ำที่มีหัวเผาหลายๆตัวนั้น อาจมี

Output น้อยที่สุดใกล้กับค่าสูงได้ ในหัวเผาแบบปรับเปลี่ยนค่าได้หนึ่งตัวนั้น โดยทั่วไปแล้วจะสามารถปรับให้มี Output ต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 25% - 50% ของภาระการทำงานสูงสุด

ในกรณีที่หม้อน้ำมีช่วงภาระการทำงานที่ประสิทธิภาพต่ำ การใช้หัวเผาแบบปรับเปลี่ยนค่าได้นั้นจะทำให้หม้อน้ำดังกล่าวสามารถทำงานในช่วงนี้ได้ โดยที่พลังงานสูญเสียจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่หม้อน้ำจะต้องทำงานในช่วงประสิทธิภาพต่ำดังกล่าวนี้ ทั้งหมดนี้จะขึ้นอยู่กับเส้นโค้งภาระการทำงาน หรือ Load profile ขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อน้ำและขึ้นอยู่กับวิธีการกระจายภาระการทำงานระหว่างหม้อน้ำแต่ละตัว

- **ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหามูลค่าการดำเนินงานและภาระการทำงานสำหรับแต่ละหม้อน้ำ**

วิธีนี้เป็นวิธีที่ต้องการการทำงานที่ค่อนข้างหนัก ยกตัวอย่างเช่น ไม่จำเป็นที่การทำงานของหม้อน้ำทั้งหมดจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในกรณีที่มีจำนวนหม้อน้ำที่ทำงานน้อยที่สุด หรือ การปิดหม้อน้ำที่มีขนาดเล็กและให้หม้อน้ำที่มีขนาดใหญ่เพียงหนึ่งตัวทำงานเพียงตัวเดียว อาจจะไม่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงที่สุดก็เป็นได้

สิ่งที่จะต้องทำเป็นอันดับแรก ก็คือ หาประสิทธิภาพการทำงานที่แท้จริงของหม้อน้ำแต่ละตัว ในทุกๆระดับการทำงานโดยทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้

การทดสอบหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ จะไม่สามารถหาการสูญเสียเนื่องจากสภาวะที่ยังไม่มีภาระการทำงาน หรือ Stand by loss ได้ เราต้องทำการประมาณหาการสูญเสียในสภาวะที่ยังไม่มีภาระการทำงานจากชนิดของหม้อน้ำและเส้นโค้งภาระการทำงานโดยทั่วไป หรือ Load profile

หลังจากที่เรารวบรวมประสิทธิภาพของหม้อน้ำมาได้แล้ว เพื่อทำการคำนวณหาราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วยของพลังงานที่ได้ สำหรับแต่ละหม้อน้ำในทุกๆอัตราการทำงาน

ถ้าหม้อน้ำมีอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำแยกส่วนกัน ให้คำนวณหามูลค่าการใช้จ่ายเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ โดยให้เป็นอีกหนึ่งของภาระงาน

ถ้าหากหม้อน้ำแต่ละตัวมีมูลค่าการดูแลรักษาหรือการบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน ให้คำนวณค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษานี้เป็นอีกหนึ่งของภาระการทำงาน

จากนั้นทำการรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดเข้าด้วยกัน จะทำให้เราทราบถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของแต่ละหม้อน้ำ

วิธีการนี้เป็นวิธีการที่คล้ายกับมาตรการที่ 3.1.2 สำหรับการเลือกชนิดเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดในทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับหม้อน้ำที่สามารถใช้เชื้อเพลิงหลายชนิดได้ ในกรณีที่โรงงานที่มีหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิดให้ใช้วิธีการคำนวณนี้ในทุกๆ ชนิดของเชื้อเพลิง

- **ขั้นตอนที่ 2 ตัดสินใจเลือกลำดับการเริ่มและหยุดการทำงานตลอดจนการแบ่งภาระการทำงาน**

จากขั้นตอนที่ 1 ทำให้เราได้ทราบถึงคุณลักษณะของราคา คุณลักษณะของเงินลงทุนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของหม้อน้ำแต่ละตัวไปแล้ว ในขั้นตอนนี้เราจะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์ในการรวมการทำงานและกระจายการทำงานของแต่ละหม้อน้ำ ในบางกรณีการกระจายภาระการทำงานอาจทำได้โดยง่าย แต่ในบางกรณีอาจต้องใช้เวลาเป็นอย่างมากตลอดจนต้องมีการคิดคำนวณที่ค่อนข้างซับซ้อน เรามักจะต้องใช้เวลาในการคิดคำนวณเป็นอย่างมากในกรณีที่หม้อน้ำเหล่านั้นไม่

เหมือนกัน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ประสิทธิภาพการทำงานของหม้อน้ำทั้งหลายมีการคาบเกี่ยวกันในช่วงที่ภาระการทำงานแตกต่างกัน

วิธีการที่ดีที่สุดในการกระจายภาระการทำงานนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของหัวเผา ดังนั้นเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงความสับสนที่จะเกิดขึ้นเอกสารฉบับนี้จะทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับขั้นตอนในการกระจายภาระการทำงานแยกออกเป็นข้อๆ ตามชนิดของหัวเผา

1. การกระจายภาระในกรณีของหัวเผาแบบขั้นตอนเดียว

ถ้าหม้อน้ำทุกตัวติดตั้งหัวเผาแบบขั้นตอนเดียว ขั้นตอนในการทำงานของหม้อน้ำที่ดีที่สุดคือขั้นตอนที่ทำให้มูลค่าหรือค่าใช้จ่ายในการทำงานน้อยที่สุด

ในการทำงานปกตินั้นไม่ต้องการการควบคุมพิเศษใดๆ ควบคุมการให้ความร้อนแก่ไอน้ำ โดยอาศัยความดันไอน้ำในท่อร่วมขาออก และควบคุมการให้ความร้อนแก่น้ำร้อน โดยอาศัยอุณหภูมิน้ำขาออก ในการใช้หม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพในการให้หม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงเริ่มทำงานก่อน ให้ตั้งชุดควบคุมให้เริ่มทำงานที่ความดันหรืออุณหภูมิสูงสุด ส่วนหม้อน้ำตัวอื่นๆให้เริ่มทำงานที่ความดันหรืออุณหภูมิที่ต่ำกว่าโดยเรียงลำดับตามการพุ่งขึ้นของค่าใช้จ่ายในการทำงาน

การเริ่มต้นทำงานแรกสุด ต้องการการสนใจเป็นพิเศษลำดับการทำงานที่ง่ายที่สุดคือการเริ่มลำดับการทำงานพร้อมๆกัน โดยทั่วไปแล้วเราต้องการอุ่นหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงก่อนเสมอ อย่างไรก็ตามในกรณีที่ภาระทางความร้อนสูงมากหม้อน้ำประสิทธิภาพสูงอาจไม่สามารถผลิตไอน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการ หรืออาจต้องใช้เวลาในการอุ่นมากเกินไป ในกรณีนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องตัดสินใจเลือกหม้อน้ำให้ทำงานเพิ่มเติมให้เหมาะสมกับภาระ

อีกวิธีหนึ่งคือการใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ ระบบควบคุมสามารถหาและทำนายภาระได้ ถ้าหม้อไอน้ำใช้ ในการทำความร้อนภายในอาคารควรใช้ระบบควบคุมแบบการเริ่มทำงานที่เหมาะสมโดยตอบสนองจากอุณหภูมิภายนอก ดังในมาตรการที่ 3.2.2

อย่ากังวลเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการเริ่มทำงานของหม้อน้ำ หากหม้อน้ำทำงานอย่างต่อเนื่องในทางกลับกัน หากหม้อน้ำต้องเริ่มต้นทำงานทุกวันประสิทธิภาพจะเป็นปัจจัยที่สำคัญทันที

2. การกระจายภาระสำหรับหัวเผา 2 ขั้นตอน

การตั้งลำดับการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดสำหรับหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบหลายขั้นตอนนั้นค่อนข้างซับซ้อน กลเม็ดในการพิจารณาลำดับการทำงานของแต่ละขั้นตอนให้คิดเสมือนกับเป็นหม้อน้ำแต่ละตัวแยกออกจากกัน

ถ้าหม้อน้ำทั้งสองตัวมีคุณลักษณะของประสิทธิภาพที่เหมือนกันการปรับตั้งจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของแต่ละขั้นตอนของการเผาไหม้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหม้อน้ำทั้งสองมีประสิทธิภาพเท่ากันที่ 80% ในขั้นตอนแรกและ ประสิทธิภาพเท่ากับ 76% ในขั้นตอนที่สอง ดังนั้นให้เริ่มต้นหม้อน้ำทั้งสองที่ขั้นตอนแรกก่อนที่จะเริ่มต้นทำงานหม้อน้ำใดๆในขั้นตอนที่สอง

ในทางกลับกันถ้าหม้อน้ำตัวแรกมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80% ของทั้งสองขั้นตอนและหม้อน้ำตัวที่สองมีประสิทธิภาพเท่ากับ 76% ของทั้งสองขั้นตอนให้เริ่มทำงานหม้อน้ำตัวแรกที่ความสามารถสูงสุดหรือ Full Output ก่อนที่จะทำการเริ่มต้นทำงานหม้อน้ำตัวที่สอง

ในสภาวะการทำงานปกติ ทำการกระจายภาระระหว่างขั้นตอนของการเผาไหม้โดยการตั้งค่าความดันหรืออุณหภูมิการทำงานสำหรับแต่ละขั้นตอนเหมือนกับในกรณีของหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบขั้นตอนเดียว

การเริ่มต้นการทำงานของหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบหลายขั้นตอนนั้นซับซ้อนกว่า กรณีที่มีหัวเผาเพียงขั้นตอนเดียว นอกจากจะต้องมีการควบคุมว่าจะเริ่มต้นทำการเดินหม้อน้ำตัวใดแล้วยังต้องพิจารณาอีกว่าจะต้องเริ่มทำการเผาไหม้ที่ขั้นตอนไหนก่อนในแต่ละหม้อน้ำอีก

การเริ่มต้นการทำงานของหม้อน้ำในบางครั้งอาจใช้การพิจารณาเหมือนกับในกรณีหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบขั้นตอนเดียว

3.การกระจายภาระในกรณีที่หัวเผาสามารถปรับค่าได้

ถ้าหม้อน้ำมีคุณลักษณะของราคาต่อภาระที่เหมือนกันให้หม้อน้ำทั้งหลายเหล่านั้นทำงานที่เปอร์เซ็นต์ของภาระทำความร้อนที่เท่ากัน ข้อความดังกล่าวเป็นกฎทั่วไปในการทำงานแม้ว่าขนาดของหม้อน้ำแต่ละตัวจะต่างกันก็ตาม (สำหรับผู้ที่ต้องการพิสูจน์ในเชิงคณิตศาสตร์ให้ลองทำการหาเส้นโค้งประสิทธิภาพสำหรับหม้อน้ำโดยทั่วไปจะพบว่า เส้นโค้งดังกล่าวจะมีลักษณะโค้งนูนขึ้นในทุกๆตำแหน่งซึ่งก็เหมือนกับในกรณีของเส้นโค้งราคาด้วย)

ถ้าหม้อน้ำที่ใช้มีลักษณะเส้นโค้งเหมือนดังที่กล่าวมา คำถามคือ ควรให้หม้อน้ำทำงานพร้อมกันกี่ตัว คำตอบคือ ให้หม้อน้ำทำงานพร้อมกันกี่ตัวก็ได้ที่ทำให้ราคาต่อหน่วยของ Output ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหม้อน้ำมีมูลค่าในการทำงานหรือค่าใช้จ่ายในการทำงานที่น้อยที่สุด ที่ 70% ของภาระการทำงานให้เดินหม้อน้ำในจำนวนที่ทำให้ภาระการทำงานของแต่ละหม้อน้ำอยู่ใกล้กับ 70% ให้มากที่สุด

ในกรณีที่ใช้หัวเผาแบบปรับค่าได้สามารถปรับให้การทำงานของหม้อน้ำแต่ละตัวสามารถทำงานในสัดส่วนของภาระที่เท่ากันได้โดยง่าย โดยทำการปรับตั้งระบบควบคุมการทำงานของหัวเผาของแต่ละหม้อน้ำให้เริ่มทำงานที่ความดันไอน้ำหรืออุณหภูมิน้ำที่เท่ากัน

แต่การกระจายภาระนั้นจะมีความซับซ้อนมากขึ้น ถ้าหม้อน้ำแต่ละตัวมีคุณลักษณะของประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหม้อน้ำตัวแรกมีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างสูงต้องไม่เริ่มทำงานหม้อน้ำตัวที่สองจนกว่าหม้อน้ำตัวแรกจะทำงานจนถึงภาระการทำงานสูงสุด ในทางกลับกันถ้าหม้อน้ำตัวแรกมีประสิทธิภาพที่ลดลงอย่างรวดเร็วที่ภาระการทำงานสูง ดังนั้นควรเริ่มต้นการทำงานหม้อน้ำตัวที่สองก่อนที่หม้อน้ำตัวแรกจะทำงานถึงภาระการทำงานสูงสุด

ถ้าหม้อน้ำแต่ละตัวมีเส้นโค้งของประสิทธิภาพที่ไม่เหมือนกัน เราต้องทำการติดตั้งระบบควบคุมที่มีความสามารถพิเศษซึ่งสามารถปรับ Output ของหม้อน้ำแต่ละตัว ขึ้นอยู่กับตารางการทำงานที่ได้โปรแกรมไว้ในชุดควบคุม ในการติดตั้งระบบควบคุมแต่ละตัวจะต้องมีการปรับตั้งให้เหมาะสมกับคุณลักษณะของหม้อน้ำแต่ละตัว สามารถดูรายละเอียดได้จากมาตรการย่อยที่ 3.2.7

การอุ่นหม้อน้ำจากสภาวะที่หยุดทำงานมานานอย่างมีประสิทธิภาพนั้น มีขั้นตอนในการพิจารณาเหมือนกับในกรณีของหัวเผาในขั้นตอนเดียวและหัวเผาแบบหลายขั้นตอนที่ได้อธิบายมาแล้ว

- **ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาเลือกใช้ระบบธรรมดาหรือระบบอัตโนมัติ**

ความท้าทายสุดท้ายคือ การให้ความรู้และความเข้าใจแก่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำเกี่ยวกับตารางการทำงานและเพื่อความมั่นใจว่าขั้นตอนการทำงานจะถูกปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ในกรณีที่ภาระของหม้อน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ผู้ปฏิบัติงานอาจจะเกิดการเบื่อหน่ายได้ และในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานต้องไปเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการทำงานจะส่งผลให้ขั้นตอนการทำงานมีความน่าเชื่อถือที่ลดลง

วิธีการที่ง่ายที่สุดที่ทำให้ขั้นตอนการทำงานมีความน่าเชื่อถือสูงก็คือ การทำให้ขั้นตอนการทำงานต่างๆ ดำเนินไปได้โดยอัตโนมัติซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในมาตรการย่อย

- **การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำที่สัมพันธ์กัน**

มาตรการบางมาตรการอาจส่งผลต่อการกระจายภาระระหว่างหม้อน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเรามีหม้อน้ำแบบหลายขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพต่ำที่ ระดับภาระในการเผาไหม้ที่สูงเราอาจจะต้องกำจัดการทำงานในสภาวะดังกล่าวของหม้อน้ำอย่างน้อย 1 ตัวหรือมากกว่า การกระทำดังกล่าวจะเป็นการเปลี่ยนให้หม้อน้ำทำงานเหมือนกับหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบขั้นตอนเดียว ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นการง่ายในการเชื่อมโยงการทำงานกันกับหม้อน้ำตัวอื่นๆ

ควรระลึกไว้เสมอว่าการบริโภคพลังงานของอุปกรณ์รอบข้างของหม้อน้ำก็อาจเป็นปัจจัยทางราคาที่สำคัญได้เช่นกัน โดยดูรายละเอียดได้จากมาตรการที่ 3.1.3

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพของผลประหยัด : *โดยปกติแล้ว 1-10 % ของค่าใช้จ่ายในการทำงานของหม้อน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของประสิทธิภาพที่สัมพันธ์กันในแต่ละหม้อน้ำที่ได้รับการติดตั้งไป*

มูลค่าการลงทุน : *น้อยเงินลงทุนหลักจะใช้ไปในการวิเคราะห์เพื่อหาตารางการทำงานที่เหมาะสม รวมไปถึงการทดสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำ*

ระยะเวลาคืนทุน : *น้อยกว่า 1 ปี*

กลเม็ดของมาตรการ

การคำนวณและการวัดประสิทธิภาพ *: หลีกเลี่ยงการสมมติหรือทำนายเกี่ยวกับประสิทธิภาพของหม้อน้ำ เพื่อให้การกระจายภาระเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเราควรหาประสิทธิภาพที่แท้จริงของหม้อน้ำทั้งหมดที่ระดับการทำงานที่แตกต่างกันทั้งหมดด้วย ดังนั้นจึงควรวัดประสิทธิภาพด้วยตัวเอง*

การฝึกฝนและการศึกษา : *ความท้าทายอันยิ่งใหญ่ คือ การรักษาให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำสามารถทำตามขั้นตอนที่วางไว้ได้โดยตลอด วิธีการเหล่านี้ต้องการการฝึกฝนและการให้คำแนะนำที่มีประสิทธิผล*

วิธีการที่ง่ายที่สุดที่ทำให้ขั้นตอนการทำงานมีความน่าเชื่อถือสูงก็คือ การทำให้ขั้นตอนการทำงานต่างๆ ดำเนินไปได้โดยอัตโนมัติซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในมาตรการย่อย

- **การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำที่สัมพันธ์กัน**

มาตรการบางมาตรการอาจส่งผลต่อการกระจายภาระระหว่างหม้อน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเรามีหม้อน้ำแบบหลายขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพต่ำที่ ระดับภาระในการเผาไหม้ที่สูงเราอาจจะต้องกำจัดการทำงานในสภาวะดังกล่าวของหม้อน้ำอย่างน้อย 1 ตัวหรือมากกว่า การกระทำดังกล่าวจะเป็นการเปลี่ยนให้หม้อน้ำทำงานเหมือนกับหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบขั้นตอนเดียว ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นการง่ายในการเชื่อมโยงการทำงานกันกับหม้อน้ำตัวอื่นๆ

ควรระลึกไว้เสมอว่าการบริโภคพลังงานของอุปกรณ์รอบข้างของหม้อน้ำก็อาจเป็นปัจจัยทางราคาที่สำคัญได้เช่นกัน โดยดูรายละเอียดได้จากมาตรการที่ 3.1.3

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพของผลประหยัด : *โดยปกติแล้ว 1-10 % ของค่าใช้จ่ายในการทำงานของหม้อน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของประสิทธิภาพที่สัมพันธ์กันในแต่ละหม้อน้ำที่ได้รับการติดตั้งไป*

มูลค่าการลงทุน : *น้อยเงินลงทุนหลักจะใช้ไปในการวิเคราะห์เพื่อหาตารางการทำงานที่เหมาะสม รวมไปถึงการทดสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำ*

ระยะเวลาคืนทุน : *น้อยกว่า 1 ปี*

กลเม็ดของมาตรการ

การคำนวณและการวัดประสิทธิภาพ *: หลีกเลี่ยงการสมมติหรือทำนายเกี่ยวกับประสิทธิภาพของหม้อน้ำ เพื่อให้การกระจายภาระเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเราควรหาประสิทธิภาพที่แท้จริงของหม้อน้ำทั้งหมดที่ระดับการทำงานที่แตกต่างกันทั้งหมดด้วย ดังนั้นจึงควรวัดประสิทธิภาพด้วยตัวเอง*

การฝึกฝนและการศึกษา : *ความท้าทายอันยิ่งใหญ่ คือ การรักษาให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำสามารถทำตามขั้นตอนที่วางไว้ได้โดยตลอด วิธีการเหล่านี้ต้องการการฝึกฝนและการให้คำแนะนำที่มีประสิทธิผล*

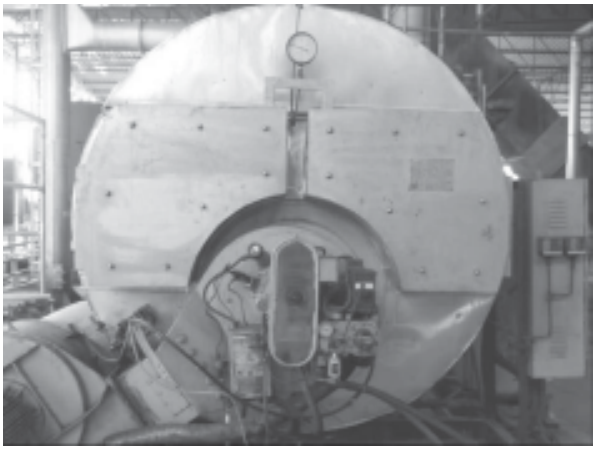
กรณีศึกษา : มาตรการจัดการเดินหม้อไอน้ำให้เหมาะสม

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีหม้อไอน้ำจำนวน 3 ชุด เป็นชนิดใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงขนาด 10 ตัน จำนวน 1 ชุด น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงขนาด 4 ตัน จำนวน 1 ชุด และขนาด 1.5 ตัน จำนวน 1 ชุด ซึ่งจากการสำรวจพบว่าไอน้ำที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานปูเทียมและบ่อบำบัด น้ำเสีย โดยหม้อไอน้ำชนิดไม้ฟืนจะถูกใช้งานเป็นหลักและหม้อไอน้ำชนิดน้ำมันเตาจะสำรองไว้ใช้ในกรณีที่ต้องหยุดเดินเครื่องหม้อไอน้ำชนิดไม้ฟืนเพื่อการบำรุงรักษา

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

โรงงานทำงาน 24 ชั่วโมงทำให้การทำงานของหม้อไอน้ำต้องมีความต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา โดยปกติทางโรงงานมีการหยุดหม้อไอน้ำหลักใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนเพื่อการบำรุงรักษาในวันทำงานปกติ ทำให้ต้องใช้หม้อไอน้ำน้ำมันเตาทำงานทดแทน ซึ่งทำให้การใช้น้ำมันเตามีปริมาณที่สูงมาก ถ้าทำการปรับเปลี่ยนวันที่ทำความสะอาดหม้อไอน้ำไม้ฟืนจากวันทำงานปกติเป็นช่วงวันหยุดประจำปีของทางโรงงาน จะช่วยประหยัดการใช้น้ำมันเตาลงได้



รูปที่ 3.1.4-2 หม้อไอน้ำใช้น้ำมันเตาใช้ทำงานช่วงที่มีการทำความสะอาดหม้อไอน้ำไม้ฟืนในวันปกติ

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1. สำรวจการทำงานของหม้อไอน้ำ
2. เก็บข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง
3. เก็บข้อมูลขั้นตอนการดูแลบำรุงรักษา และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลประหยัด

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 3.1.4-3 การทำความสะอาดขี้เถ้าของหม้อไอน้ำชนิดไม้ฟืนในวันหยุดประจำปี

หลังจากโรงงานดำเนินการย้ายทำความสะอาดขี้เถ้าจากตะกรับเตาของหม้อไอน้ำที่ใช้ฟืนในวันหยุด (เฉพาะวันหยุดประจำปี) ทำให้สามารถประหยัดน้ำมันเตาลงได้ คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ 0.039 ktoe/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 569,077.30 บาท/ปี โดยไม่มีการลงทุน

มาตรการที่ 3.1.5
การรักษาความดันของไอน้ำในระบบไอน้ำให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเพียงพอต่อความต้องการของอุปกรณ์และระบบกระจายไอน้ำ

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

เราสามารถประหยัดพลังงานและได้ผลกำไรมากขึ้นโดยการรักษาความดันของหม้อน้ำและระบบกระจายไอน้ำให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ปริมาณพลังงานที่สามารถประหยัดได้มากที่สุดนั้น เกิดขึ้นในระบบกระจายไอน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากระบบดังกล่าวมีปริมาณไอน้ำรั่วไหลที่มีนัยสำคัญ

เรามีความสามารถในการลดความดันของระบบไอน้ำที่ภาวการณ์ทำงานต่ำๆและมีความยาวของท่อไอน้ำที่ยาวมากๆ ทั้งนี้เนื่องจากความดันของไอน้ำที่ส่งมาจาหม้อน้ำต้องเอาชนะความต้านทานเนื่องจากการไหลนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังส่งของอัตราการไหลและจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดที่อัตราการไหลต่ำๆ

ในระบบไอน้ำที่ทำงานในความดันต่ำการลดความดันไอน้ำอาจทำให้หม้อน้ำทำงานได้โดยปราศจากผู้ควบคุม ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานหรืออาจต้องการเพียงแค่ผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับอนุญาตในชั้นต้นก็เพียงพอ วิธีการดังกล่าวจะเป็นการประหยัดค่าจ้างหรือค่าแรง

- **ศักยภาพการประหยัดพลังงานและผลประโยชน์อื่น ๆ**

ผลประโยชน์ของการลดความดันในระบบไอน้ำ มีดังต่อไปนี้

1. ลดการรั่วไหลในระบบ ในระบบไอน้ำขนาดใหญ่การรั่วไหลอาจทำให้ปริมาณไอน้ำจำนวนมากไหลออกจากระบบการรั่วไหลทำให้สูญเสียความร้อนที่นำมาโดยไอน้ำ ทำให้หม้อน้ำมีการบริโภคน้ำเพิ่มมากขึ้นและทำให้ต้องสูญเสียมูลค่าการลงทุนเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนเพิ่มมากขึ้นด้วย การที่จะเพิ่มผลประหยัดจะต้องเกี่ยวเนื่องกับขนาดและสภาวะของระบบกระจายไอน้ำ ดังนั้น การลดความดันจึงเป็นการลดการเพิ่มขึ้นของการรั่วไหลอย่างมีนัยสำคัญ

2. ลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากนำความร้อนในระบบ ในกรณีที่ไอน้ำได้รับการกระจายในสภาวะอิ่มตัว ซึ่งก็คือ ไม่ใช่สภาวะ Superheat อุณหภูมิของไอน้ำจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันการสูญเสียด้วยการนำความร้อนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ ดังนั้นการลดความดันก็เป็นการลดความร้อนสูญเสียด้วย ศักยภาพของการประหยัดนี้จะมีความสัมพันธ์กับประสิทธิผลของระบบ กันความร้อนหรือระบบชนวนของระบบไอน้ำ

3. เพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำ การลดอุณหภูมิไอน้ำจะเป็นการเพิ่มผลต่างของอุณหภูมิระหว่างก๊าซจากการเผาไหม้และน้ำซึ่งเป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพ การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำสูงสุดจะอยู่ในช่วง 1-2%

4. ลดการเกิดตะกรันและการกัดกร่อนเนื่องจากออกซิเจน การเกิดตะกรันและการกัดกร่อนเนื่องจากออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตามการเพิ่มขึ้นของความดันในระบบหม้อน้ำ ตะกรันจะลดการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพนอกจากนี้ยังเป็นการยากที่จะนำเอาตะกรันเหล่านี้ออกจากระบบ การกัดกร่อนเนื่องจากออกซิเจนในระบบที่มีความดันสูงก่อให้เกิดหลุมในระบบท่อของหม้อน้ำซึ่งอาจเป็นสาเหตุ

นำไปสู่การเกิดรูและการรั่วไหล การลดความดันไอน้ำไม่สามารถแทนที่การปรับปรุงคุณภาพนั้นอย่างพิถีพิถันได้ แต่จะช่วยเป็นการป้องกันเพิ่มเติมได้อีกทางหนึ่ง

5. ลดการผุกร่อนของวาล์วควบคุม วาล์วควบคุมในอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับไอน้ำต้องประสบกับการผุกร่อนอย่างรวดเร็วในกรณีที่วาล์วเกือบจะปิดหรือเปิดเพียงน้อยนิด ของไหลที่ไหลผ่านวาล์วที่เปิดเพียงน้อยนิดนั้นจะมีความเร็วที่สูงมากและเป็นการไหลแบบปั่นป่วนเนื่องจากความดันแตกต่างที่ตกค่อมระหว่างขาเข้าและขาออกของวาล์ว การเคลื่อนที่ของไอน้ำที่มีความเร็วสูงดังกล่าวนี้ จึงสามารถทำให้พื้นผิวของวาล์วเกิดการผุกร่อนได้ การลดความดันของระบบจึงช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ในสองทาง ทางแรกเมื่อความดันน้อยลงก็หมายความว่าความเร็วของไอน้ำก็ลดลงด้วย ทางที่สองวาล์วจะเปิดกว้างมากขึ้นที่ภาระเดียวกันเป็นการลดความดันแตกต่างตกคร่อมที่ตัววาล์วด้วย

6. ปรับปรุงความสมดุลของวาล์วควบคุมที่ภาระต่ำ วาล์วควบคุมไอน้ำมีแนวโน้มที่จะเกิดการสั่นเมื่อวาล์วดังกล่าวเปิดเพียงน้อยนิด การลดความดันไอน้ำจะทำให้วาล์วควบคุมดังกล่าวเปิดกว้างขึ้นและเป็นการลดผลของการสั่นดังที่กล่าวมา

ผลประโยชน์สุดท้ายที่จะเกิดขึ้นกับวาล์วลดความดันและวาล์วขาเข้าของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งทำงานโดยตรงโดยอาศัยไอน้ำในท่อหลัก ผลประโยชน์ดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นกับวาล์วที่ติดตั้งใน Downstream เนื่องจากมีความดันที่คงที่อยู่แล้ว



รูปที่ 3.1.5-1 แสดงวาล์วลดความดัน

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **พิจารณาความต้องการความดันไอน้ำต่ำสุด**

ระบบไอน้ำได้รับการออกแบบให้ทำงานที่ความดันหนึ่งๆ เพื่อที่จะมั่นใจว่าสามารถส่งถ่ายไอน้ำได้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ยังต้องมีความดันและอุณหภูมิที่เพียงพอที่อุปกรณ์ใช้งานไอน้ำปลายทางด้วย ไม่ควรทำการลดความดันของไอน้ำในจุดที่มีความต้องการความดันอย่างพิเศษ ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ไอน้ำเช่น เครื่องฆ่าเชื้อ หรือ อุปกรณ์ให้ความร้อนแก่อาหารที่ซึ่งต้องการอุณหภูมิของไอน้ำอย่างคงที่โดยไม่ขึ้นอยู่กับภาระการทำงาน

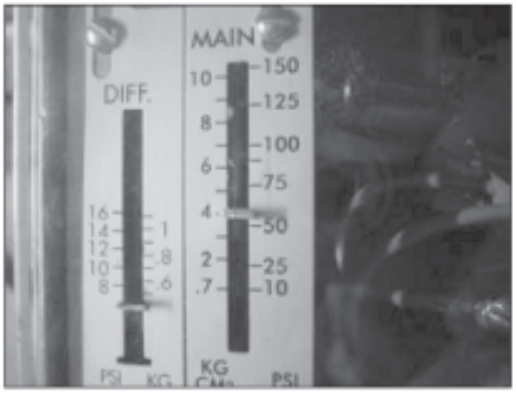
ในทางตรงกันข้ามในระบบไอน้ำที่ออกแบบมาเพื่อการทำความร้อนแก่อาคารหรือที่พักอาศัย อุปกรณ์ทำความร้อนดังกล่าวนี้ อาจต้องการเพียงแค่ส่วนหนึ่งของความดันที่อุปกรณ์ต้องการใช้ในระหว่างช่วงฤดูกาลที่มีอุณหภูมิไม่หนาวหรือร้อนจนเกินไป ในสภาวะนี้ความดันของหม้อน้ำสามารถลดลงได้มากกว่าความดันที่ต้องการใช้ในระบบกระจายไอน้ำโดยทั่วไป

- **สร้างตารางการทำงานระหว่างความดันและภาระ**

วัตถุประสงค์ คือเพื่อเดินหม้อน้ำที่ความดันที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะยอมรับได้ ภายใต้ทุกสภาพภาระการทำงาน เมื่อไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อน้ำลดลงความดันของไอน้ำจะลดลงตามไปด้วย ดังนั้น จึงต้องทำการสร้างตารางการทำงานของหม้อน้ำโดยให้แสดงความดันไอน้ำเป็นฟังก์ชั่นของปริมาณความดันไอน้ำขาออก

วิธีการเหล่านี้ทำได้โดยตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำเมื่อความดันของหม้อน้ำลดลง เพื่อที่จะดูหรือหาว่าความดันของหม้อน้ำที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะยอมรับได้มีค่าเท่าใด ให้ทำการหาดังที่กล่าวมาในตลอดช่วงของสภาวะของภาระหม้อน้ำทั้งหมดโดยทำจากปริมาณไอน้ำที่ระดับต่ำสุดจนกระทั่งถึงปริมาณไอน้ำขาออกที่มากที่สุด ในกรณีที่ปริมาณไอน้ำขาออกของหม้อน้ำมีความสัมพันธ์กับสภาพอากาศ ซึ่งอาจจะต้องใช้ช่วงเวลายาวนานเพื่อที่จะทำการหาความดันไอน้ำที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะสามารถยอมรับได้ภายใต้สภาวะการทำงานที่แตกต่างกันได้โดยละเอียด

ความดันหม้อน้ำที่แตกต่างกันอาจจำเป็นสำหรับปริมาณไอน้ำค่าหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์หรือสถานที่ที่ต้องการใช้ไอน้ำนั้น ยกตัวอย่างเช่น สถานศึกษาที่มีหอพักจะมีความต้องการปริมาณของไอน้ำในช่วงกลางคืนสำหรับการทำความร้อนหรือโรงอาหารที่ต้องการปริมาณความร้อนในช่วงกลางวันค่อนข้างน้อยสำหรับการทำอาหาร



รูปที่ 3.1.5-2 แสดงอุปกรณ์ปรับตั้งความดันผลิตของหม้อน้ำ

- **ปรับปรุงอุปกรณ์ใช้ไอน้ำให้ทำงานได้ในสภาวะความดันของระบบต่ำ**

ในกรณีที่มีอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ความดันไอน้ำสูงอยู่ในระบบ อุปกรณ์ตัวนี้จะบังคับให้ระบบต้องมีความดันที่สูงในกรณีดังกล่าวนี้ให้พิจารณาแยกอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ไอน้ำความดันสูงดังกล่าวออกจากระบบโดยรวม หรือ ทำการปรับปรุงให้อุปกรณ์ดังกล่าวนี้สามารถทำงานในความดันที่ต่ำลงได้

- **อันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับหม้อน้ำเมื่อความดันลดลง**

หม้อน้ำได้รับการออกแบบให้ทำงานภายใต้ช่วงความดันหนึ่ง โดยทั่วไปแล้วหม้อน้ำจะมีค่าความดันต่ำสุดและความดันสูงสุดที่ปลอดภัยในการใช้งาน ดังนั้นจึงควรติดต่อกับผู้ผลิตหม้อน้ำเพื่อที่จะดูว่าค่าดังกล่าวมีค่าเท่าใด

สิ่งที่ควรให้ความสนใจมากที่สุด คือ การก่อตัวของฟองไอที่มากเกินไปในหม้อน้ำ น้ำที่ไหลเวียนอยู่ในหม้อน้ำจะช่วยทำเย็นให้แก่ชิ้นส่วนที่ทำจากโลหะโดยเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่สูงของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ แต่ไอน้ำไม่ได้ให้การป้องกันในลักษณะเช่นนี้ เมื่อความดันลดลงฟองของไอน้ำที่อยู่ในน้ำจะขยายตัวและมีปริมาตรมากขึ้นซึ่งจะทำให้พื้นผิวโลหะดังกล่าวได้รับการทำเย็นหรือถ่ายเทความร้อนออกได้น้อยลงปัญหาดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในหม้อน้ำแบบท่อน้ำที่ซึ่งฟองของไอน้ำมีการขยายตัวและผลักน้ำให้ออกจากท่อ

ถ้าหากทำการลดความดันเฉพาะเมื่อภาระการทำงานของหม้อน้ำต่ำปัญหาดังกล่าวจะลดลงเนื่องจากจะมีการก่อตัวของไอน้ำและมีการถ่ายเทความร้อนผ่านท่อของหม้อน้ำลดลง อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยนี้เพียงปัจจัยเดียว บางครั้งหม้อน้ำมีการเผาไหม้ในอัตราที่สูง แม้ว่าความดันจะต่ำ ยกตัวอย่างเช่น อาจเกิดขึ้นในระหว่างช่วงการเริ่มต้นทำงานหม้อน้ำจากสภาวะเริ่มต้นหรือเมื่อทำการหยุดการทำงานของหม้อน้ำตัวใดตัวหนึ่งจากระบบหม้อน้ำที่มีสองตัว

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อีกปัญหาหนึ่งก็คือ ฟองไอขนาดใหญ่จำนวนมากที่รวมตัวกันภายใต้ความดันต่ำ อาจก่อให้เกิดการนำพาของเหลวไปกับไอน้ำ

- **ความผิดพลาดในการวัดไอน้ำที่อาจเกิดขึ้นได้**

การเปลี่ยนความดันของไอน้ำอาจทำให้มาตรวัดไอน้ำอ่านค่าผิดพลาดได้ ความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ในมาตรวัดทั้งแบบ มอริฟิก และ แบบปิตอด ซึ่งทั้งสองแบบได้รับการสอบเทียบความหนาแน่นของไอน้ำค่าหนึ่ง ถ้าหากการวัดเป็นปัจจัยที่สำคัญเราควรทำการชดเชยค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดโดยการเปรียบเทียบกับมาตรวัดที่มีความซับซ้อนและความสามารถสูง การใช้คอมพิวเตอร์ในการวัดค่าเกี่ยวกับไอน้ำนั้นจะสามารถช่วยปรับตั้งในกรณีที่ความดันมีการเปลี่ยนแปลงได้

- **ความปลอดภัยเมื่อจำนวนผู้ปฏิบัติงานลดลง**

ควรจะมีการพิจารณาถึงการลดจำนวนหรือลดระดับความสามารถของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำหลังจากที่ดำเนินมาตรการลดความดันของระบบลง โดยให้พิจารณาสภาวะการทำงานทั่วไปของหม้อน้ำ ระบบควบคุมของหม้อน้ำ การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย

การวิเคราะห์ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การวิเคราะห์ศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน สามารถใช้ตารางที่ 3-1 ในมาตรการที่ 3.1.1 ในการประเมินผลประหยัดได้ อีกส่วนหนึ่งที่ควรใช้พิจารณาในการลดความดันไอน้ำ ความแตกต่างของการให้ความร้อนที่ไอน้ำความดันต่างๆ โดยส่วนมากการนำความร้อนจากไอน้ำไปใช้ มักเป็นลักษณะของการใช้แบบ Indirect Steam การใช้ความร้อนจึงเป็นแบบ Latent Heat มากกว่า Sensible Heat ตารางที่ 3-3 แสดงค่า เอนทาลปีที่ได้จากไอน้ำ 1 kg ที่ความดันต่างๆ

ตารางที่ 3.1.5-1 ค่าเอนทาลปีของไอน้ำอิ่มตัว 1 kg ที่ความดันต่าง ๆ

ความดันไอน้ำ (bar)	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0
อุณหภูมิไอน้ำ (°C)	151.86	158.85	164.97	170.43	179.91
Enthalpy (kJ)					
Sensible (kJ)	640.21	670.54	697.20	721.10	762.79
Lantent (kJ)	2108.5	2086.3	2066.3	2048.0	2015.3
Total Enthalpy (kJ)	2748.7	2756.8	2763.5	2769.1	2778.1

จากตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่า สำหรับกระบวนการที่ต้องการอุณหภูมิไม่สูงนัก การใช้ไอน้ำความดันต่ำ สามารถให้ความร้อนได้มากกว่า รวมทั้งยังส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำลดลง

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด *: ถ้าหากระบบการกระจายไอน้ำมีขนาดใหญ่และอยู่ในสภาพที่ไม่ดีนักการลดความดันอาจทำให้เกิดผลประหยัด 5 -20 % ของพลังงานที่ใช้ในระบบไอน้ำ ในกรณีที่ระบบมีความยาวท่อส่งจ่ายไอน้ำสั้นและมีระบบการกระจายไอน้ำที่ได้รับการดูแลเป็นอย่างดีอยู่แล้ว ผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการลดความดันก็จะน้อยลง*

มูลค่าการลงทุน *: น้อยเงินลงทุนส่วนใหญ่แล้วจะใช้ไปกับค่าจ้างในการจัดทำตารางความดันของไอน้ำ*

ระยะเวลาคืนทุน : *น้อยกว่า 1 ปี*

กลเม็ดของมาตรการ

การเตรียมพร้อม : *ตรวจเพื่อที่จะมั่นใจว่าการลดความดันจะไม่ก่อให้เกิดปัญหากับหม้อน้ำ ต้องอาศัยความอดทนในการจัดทำตารางการทำงานของไอน้ำในระบบ จนกว่าจะได้รับค่าที่เหมาะสมที่สุด อาจจะต้องใช้เวลาถึง 1 ปี ในการหาความดันของไอน้ำที่ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ภายใต้สภาวะการทำงานทั้งหมดตลอดจนความต้องการไอน้ำและสภาพอากาศภายนอก*

การทำงาน : *ต้องมีการตรวจสอบเป็นคาบอย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะเป็นการยืนยันว่าขั้นตอนดังกล่าวได้รับการปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด และไม่ก่อให้เกิดปัญหา เพื่อที่จะทำให้มาตรการบรรลุวัตถุประสงค์จำเป็นต้องมีการฝึกและมีการสื่อสารที่ดีกับผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง*

ความถูกต้องของการวัด : *ในกรณีที่ต้องการวัดที่ถูกต้องจำเป็นต้องมีการชดเชยค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดในกรณีที่ความดันในระบบมีการเปลี่ยนแปลงไป*

กรณีศึกษา : มาตรการปรับลดความดันของการผลิตไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

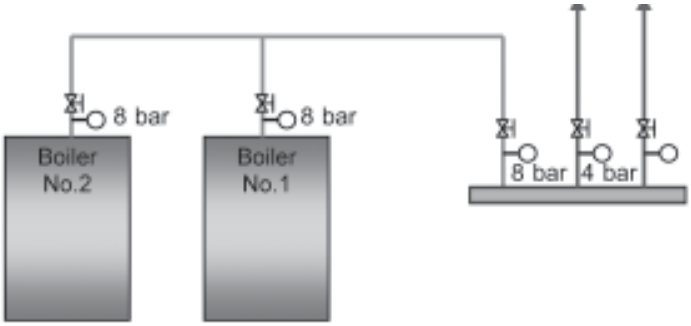
โรงงานมีการใช้งานหม้อไอน้ำขนาด 2.5 ตัน จำนวน 2 ชุด โดยจะเปิดใช้งานทั้ง 2 ชุด เวลา 5.00 น. ทุกวันจันทร์ - วันเสาร์ และตั้งแรงดันใช้งานที่เครื่องไว้ 8 บาร์เกจ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจพบว่า ไอน้ำที่จ่ายออกไปมีแรงดันเพียง 4 บาร์เกจ เนื่องจากมี Reducing Valve ดังนั้นการผลิตไอน้ำที่ 8 บาร์เกจ จึงสูงเกินความจำเป็นและทำให้สิ้นเปลืองพลังงานด้วย



หม้อไอน้ำ



Schematic of Boiler

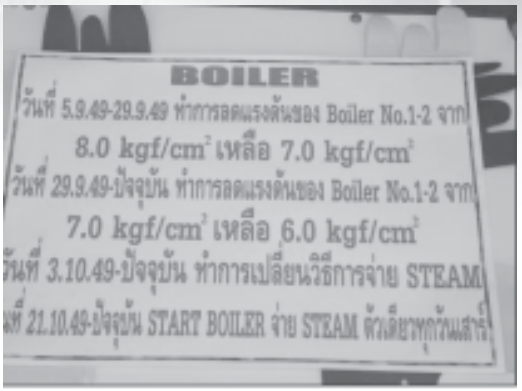
รูปที่ 3.1.5-3 หม้อไอน้ำของโรงงาน และแผนผังการทำงาน

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การผลิตไอน้ำที่แรงดันต่ำจะใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตไอน้ำที่แรงดันสูงกว่า เนื่องจากที่ Header ของระบบส่งจ่ายไอน้ำมีการติดตั้ง Reducing Valve เพื่อลดแรงดันเหลือ 4 บาร์เกจ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะลดแรงดันไอน้ำที่ผลิตของหม้อไอน้ำลงมาได้ นอกจากนี้ยังพบว่าความต้องการไอน้ำสูงสุดจะเกิดในช่วงเวลา 8.30-14.00 น. จึงไม่มีความจำเป็นที่จะเปิดใช้งานหม้อไอน้ำทั้ง 2 ชุดตลอดเวลา และจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำพบว่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจะต่ำเมื่อมีการผลิตไอน้ำน้อย ซึ่งในวันเสาร์จะมีการผลิตน้อยจึงไม่ควรเปิดใช้หม้อไอน้ำทั้ง 2 ชุด ทั้งนี้ในการดำเนินการปรับปรุงทั้งหมดมีขั้นตอนดังนี้

1. ลดแรงดันที่หม้อไอน้ำจาก 8 เหลือ 7 บาร์
2. ศึกษาผลกระทบและผลการประหยัดพลังงาน ซึ่งปรากฏว่าไม่มีผลกระทบต่อการผลิต
3. ลดแรงดันที่หม้อไอน้ำจาก 7 เหลือ 6 บาร์
4. ศึกษาผลกระทบและผลการประหยัดพลังงาน ซึ่งปรากฏว่าไม่มีผลกระทบต่อการผลิต
5. ปรับปรุงเวลาการใช้งานโดยเปิดหม้อไอน้ำชุดที่ 2 เวลา 7.30 น. (เดิมเปิดพร้อมกันเวลา 5.00 น.) และปิดหม้อไอน้ำ 1 ชุด เวลา 14.00 น.
6. ศึกษาผลกระทบและผลการประหยัดพลังงาน ซึ่งปรากฏว่าไม่มีผลกระทบต่อการผลิต
7. กำหนดให้เปิดใช้งานหม้อไอน้ำเพียง 1 ชุด ในวันเสาร์

สภาพหลังปรับปรุง





รูปที่ 3.1.5-4 ประกาศการใช้งานและการปรับปรุงการใช้งานหม้อไอน้ำ

หลังจากดำเนินการลดความดันของหม้อไอน้ำและหยุดการใช้งานหม้อไอน้ำ 1 เครื่องในวันเสาร์ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 0.0202 ktoe/ปี และคิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 351,459.11 บาท/ปี โดยไม่มีการลงทุน

มาตรการที่ 3.1.6
ตรวจสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำอย่างต่อเนื่อง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การตรวจสอบประสิทธิภาพตามระยะเวลาอย่างต่อเนื่องเป็นส่วนที่สำคัญของการจัดการระบบหม้อน้ำ ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1. สัดส่วนขนาดใหญ่ของการบริโภคพลังงานรวมของโรงงาน จะถูกใช้ไปโดยหม้อน้ำ ดังนั้นหากประสิทธิภาพของหม้อน้ำลดลงเพียงเล็กน้อย โรงงานอาจต้องสูญเสียเงินลงทุนและพลังงานไปเป็นจำนวนมาก ในโรงงานที่มีหม้อน้ำซึ่งใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน โดยที่ปราศจากการทดสอบใดๆ อาจตรวจพบได้ว่าประสิทธิภาพนั้นลดลง 5 - 10% ซึ่งอาจแสดงออกมาให้เห็นผ่านมูลค่าเงินลงทุนที่เพิ่มสูงขึ้น

2. การทดสอบประสิทธิภาพเป็นตัวบ่งชี้ที่มีความถูกต้องมากที่สุดสำหรับนำไปใช้ในการปรับแต่งหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ ยกตัวอย่างเช่น การปรับแต่งอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง การทดสอบประสิทธิภาพแสดงให้เราเห็นถึง สมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์ของหม้อน้ำ ได้อย่างตรงไปตรงมา

3. เราสามารถระบุตำแหน่งของปัญหาที่เกิดขึ้นบนหม้อน้ำได้อย่างชัดเจน การหาประสิทธิภาพของหม้อน้ำเปรียบเทียบได้กับการตรวจเลือดของมนุษย์นั่นเอง

4. การตรวจสอบประสิทธิภาพเป็นขั้นตอนแรกในการประมาณหาผลประโยชน์ของหม้อน้ำ เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงหม้อน้ำต่อไป ยกตัวอย่างเช่น การติดตั้ง Economizer หรือ ระบบควบคุมอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงต่อไปในอนาคต

หม้อน้ำเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากสภาวะรอบข้างได้ง่าย เช่น การเกิดตะกรันของท่ออาจทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำลดลงในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นเราจึงควรทดสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำอย่างต่อเนื่อง ปกติแล้วการทดสอบหม้อน้ำเป็นเรื่องง่าย ดังนั้นในทางปฏิบัติ ในหนึ่งโรงงานควรจะมีผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องและมีความรู้เกี่ยวกับหม้อน้ำอย่างน้อย 1 คน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานดังกล่าวนี้ อาจจะไม่จำเป็นต้องเป็นผู้ปฏิบัติเกี่ยวกับหม้อน้ำโดยตรง อาจจะเป็นส่วนหนึ่งของวิศวกรหรือช่างเทคนิคประจำโรงงานก็ได้

อาจจำเป็นต้องใช้วิธีการตรวจสอบหาประสิทธิภาพของหม้อน้ำหลายๆ แบบ เพื่อที่จะหาสมรรถนะของหม้อน้ำออกมาในแต่ละครั้ง วิธีการหนึ่งของการทดสอบมีชื่อว่า ประสิทธิภาพการเผาไหม้ นอกจากการทดสอบแบบประสิทธิภาพการเผาไหม้อาจจะมีการทดสอบเพิ่มเติม ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบเพื่อหาคาร์บอนมอนออกไซด์ การทดสอบเพิ่มเติมเหล่านี้จะทำให้เราทราบถึงสมรรถนะที่แท้จริงของหม้อน้ำได้ดียิ่งขึ้น มาตรการนี้จะแสดงให้เห็นถึงวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบหม้อน้ำ

ข้อควรปฏิบัติจุดอ่อนของแต่ละวิธี ซึ่งจะทำให้เราสามารถทดสอบหาประสิทธิภาพของหม้อน้ำได้อย่างมั่นใจในเวลาอันสั้น

- **การทดสอบประสิทธิภาพของหม้อน้ำ**

คำจำกัดความของประสิทธิภาพ คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานขาออกที่เกิดประโยชน์ซึ่งสร้างขึ้นมาโดยระบบต่อพลังงานที่ป้อนเข้าสู่ระบบ โดยหลักการแล้วเราสามารถทดสอบหาประสิทธิภาพโดยรวมของหม้อน้ำซึ่งทำการวัดพลังงานของไอน้ำในน้ำร้อน ซึ่งส่งออกมาจากหม้อน้ำและทำการวัดปริมาณทั้งหมดของพลังงานป้อนให้กับหม้อน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วยเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำและพลังงานอื่นๆสำหรับอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ

ในโรงงานที่มีหม้อน้ำเป็นอุปกรณ์หลัก การทดสอบแบบกว้างๆ ที่กล่าวไปนั้นไม่เหมาะสม การวัดไอน้ำและน้ำร้อนเพื่อหาค่าพลังงานให้มีความถูกต้องอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1% นั้น จะต้องทำการวัดภายใต้สภาวะในห้องปฏิบัติการเท่านั้น การวัดที่เกิดขึ้นหน้างานอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดเป็นอย่างมาก แม้ว่าจะกระทำโดยที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญที่ว่าจ้างมาด้วยราคาแพง การวัดพลังงานที่ป้อนให้กับระบบก็อาจเกิดความผิดพลาดได้เช่นกัน เนื่องจากเราต้องทำการวิเคราะห์ถึงสัดส่วนพลังงานของเชื้อเพลิงที่ใช้ทำการเปรียบเทียบให้เข้ากับสภาวะจริงที่ใช้เชื้อเพลิงและทำการสร้างสภาวะสมดุลที่เหมาะกับการทดสอบ ซึ่งวิธีการเหล่านี้เป็นไปไม่ได้ในสภาวะการใช้งานจริง

เป็นการดีที่เราไม่จำเป็นต้องวัดประสิทธิภาพโดยรวมของระบบหม้อน้ำทั้งหมด ในกรณีที่วัตถุประสงค์ของเราคือเพียงต้องการปรับแต่งประสิทธิภาพของหม้อน้ำ เราสามารถใช้ขั้นตอนอย่างง่ายที่รียกว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้เพื่อที่จะวัดและสังเกตประสิทธิภาพของหม้อน้ำอันเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียที่มากที่สุดในการทำงานปกติ การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้นี้จะทำการหาว่าเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ไปอย่างหมดจดได้อย่างไรและความร้อนของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ถูกถ่ายเทไปยังไอน้ำหรือน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงไร

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ปั๊ม พัดลม มอเตอร์ มีแนวโน้มที่จะคงที่ ดังนั้นเราจึงไม่จำเป็นต้องทดสอบอุปกรณ์เหล่านี้เพื่อหาประสิทธิภาพ

- **ข้อจำกัดของการทดสอบหาประสิทธิภาพการเผาไหม้.**

การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้เป็นเครื่องมือหลักการหาประสิทธิภาพของหม้อน้ำ เราสามารถหาประสิทธิภาพได้ละเอียดถึง 1% ถ้าหากเราทำการทดสอบโดยละเอียดทั้งในด้านการใช้อุปกรณ์และความใส่ใจอย่างไรก็ตามจะต้องมั่นใจด้วยว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบนั้นบ่งบอกถึงอะไร การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้นั้นไม่ได้รวมถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. การสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีภาระ หรือ Stand by load เราจะทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ในขณะที่หม้อน้ำทำงานอยู่ในสภาวะภาระคงที่ ดังนั้น การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้จึงไม่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีภาระ ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างช่วงการเผาไหม้ของหัวเผา เราไม่สามารถวัดการสูญเสียในขณะที่ไม่มีภาระได้โดยตรง แต่จะหาได้โดยการประมาณจากชนิดของหม้อน้ำและตารางการทำงานของหัวเผา ดูรายละเอียดเกี่ยวกับการสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีภาระได้จากมาตรการที่ 3.1.12

2. การสูญเสียความร้อนเนื่องจากพื้นผิวของหม้อน้ำแก่สิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติเราไม่สามารถวัดความสูญเสียนี้ได้ เราสามารถประมาณการสูญเสียจากการแผ่รังสีออกจากพื้นผิวของหม้อน้ำให้เท่ากับ 2% ของการบริโภคพลังงานของหม้อน้ำในสภาวะการทำงานสูงสุด

3. การสูญเสียเนื่องจาก Blow down ปริมาณของพลังงานที่สูญเสียไปกับการ Blow down นั้นจะมีค่าในช่วงค่อนข้างกว้าง

4. ไอน้ำที่ใช้ในการไล่เขม่าควัน ปริมาณของไอน้ำที่ใช้กับพัดลมที่ใช้ในการไล่เขม่าควันมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงและการตัดสินใจของผู้ปฏิบัติงาน

5. การบริโภคพลังงานในอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่ได้รวมถึงพลังงานที่ถูกใช้ไปโดยอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ ยกตัวอย่างเช่น หัวเผา พัดลม ปั้มเชื้อเพลิง (เพื่อที่จะลดการบริโภคพลังงานเหล่านี้ให้ดูมาตรการย่อยซึ่งจะอธิบายเกี่ยวกับชนิดต่างๆ ของอุปกรณ์ประกอบหม้อน้ำ)

ในขณะที่การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่ได้ให้ประสิทธิภาพทั้งหมดของระบบหม้อน้ำ แต่เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด ในการตรวจสอบแบบระยะเวลาใดๆ วันใดๆ ฤดูใดๆ การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้จะบ่งบอกว่าประสิทธิภาพของหม้อน้ำที่ใช้อยู่มีการเลื่อนไปจากประสิทธิภาพสูงที่สุดที่เราควรจะได้รับ หากทำการปรับแต่งหม้อน้ำให้ทำงานในสภาวะที่ดีที่สุดมากน้อยเพียงใด

- **วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้**

เราทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยการตรวจวัดสัดส่วนหรือองค์ประกอบของออกซิเจนหรือ คาร์บอนไดออกไซด์ ในก๊าซไอเสีย การทดสอบเพื่อหาออกซิเจนจะให้ความถูกต้องที่ดีกว่าในเรื่องของอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง เมื่อเร็วๆ นี้ อุปกรณ์ทดสอบออกซิเจนที่มีคุณภาพดีมีราคาลดลงมาเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงควรใช้การทดสอบเพื่อหาออกซิเจนเป็นการทดสอบพื้นฐานในการหาประสิทธิภาพการเผาไหม้

การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยใช้วิธีการหาออกซิเจนประกอบไปด้วยการวัดง่ายๆ 3 อย่างด้วยกันได้แก่

1. เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่อยู่ในก๊าซไอเสีย
2. อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย
3. อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่หม้อน้ำ

ให้ทำการตรวจวัดออกซิเจนโดยใช้เครื่องมือวัดพิเศษดังจะได้อธิบายในต่อไปนี้ ทำการวัดอุณหภูมิ 2 จุด โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบทั่วไป ในการวัดก๊าซไอเสียเราจะต้องเจาะรูเล็กๆ ที่บริเวณท่อไอเสีย ซึ่งควรจะเป็นจุดที่ใกล้กับทางออกของหม้อน้ำให้มากที่สุด (ควรตรวจสอบก่อนว่าถ้าหากเป็นหม้อไอน้ำรุ่นใหม่ๆ จะมีการเจาะรูในตำแหน่งดังกล่าวออกมาจากโรงงานอยู่แล้ว)

เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้บางตัวจะมีคอมพิวเตอร์อยู่ในตัวเพื่อใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพโดยตรงจากการวัดทั้งหลายที่กล่าวมา ในกรณีไม่มีเครื่องมือวัดอันทันสมัยดังกล่าวให้ใช้การวัดทั้ง 3 ร่วมกับตารางหรือกราฟประสิทธิภาพในแต่ละชนิดเชื้อเพลิง ซึ่งจะให้มาพร้อมกับอุปกรณ์ในการตรวจวัดหรือสามารถหาได้จากหนังสืออ้างอิงต่างๆ

ในส่วนของการวัดคาร์บอนไดออกไซด์นั้น ก็ใช้วิธีการวัดวิธีเดียวกับการวัดออกซิเจน ยกเว้นเครื่องมือวัดที่ใช้นั้นแตกต่างกัน และกราฟหรือตารางที่ใช้หาประสิทธิภาพ ก็ต้องเป็นกราฟสำหรับคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น

อาจจะมีการทำการทดสอบนอกเหนือจากที่กล่าวมา ดังที่จะได้อธิบายในหัวข้อต่อไป เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้เพิ่มเติมหรือเพื่อเป็นการวัดระดับของมลภาวะ ซึ่งวิธีการทดสอบเพิ่มเติมต่างๆ เหล่านี้เป็นวิธีการที่ค่อนข้างง่าย

- **การวิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้**

หม้อน้ำที่เผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างประสิทธิภาพจะต้อง เผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ ใช้อากาศส่วนเกินเพียงเล็กน้อยเท่าที่จะเป็นไปได้ สามารถให้ความร้อนได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้จากการเผาไหม้

การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้จะเป็นการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย เพื่อที่จะบอกว่าหม้อน้ำมีการเผาไหม้ที่เหมาะสมหรือไม่ การทดสอบอากาศส่วนเกินนั้นเป็นการทดสอบที่จำเป็นทั้งนี้รวมถึงการทดสอบเพื่อหาอุณหภูมิก๊าซไอเสีย การป้อนอากาศเข้าสู่หม้อน้ำกระทำเพื่อการให้ออกซิเจนจากการเผาไหม้ การนำอากาศเข้าสู่หม้อน้ำในปริมาณที่มากเกินไปนั้นจะเป็นการลดประสิทธิภาพเนื่องจากอากาศส่วนเกินจะดูดซับความร้อนบางส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้ และเนื่องจากอากาศส่วนเกินจะลดอุณหภูมิของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ซึ่งถือว่าเป็นการลดการถ่ายเทความร้อนด้วย อุณหภูมิของก๊าซร้อนบ่งบอกปริมาณพลังงานที่ทิ้งไปสู่บรรยากาศ

การคำนวณทั้งหมดมีความจำเป็นในการทดสอบหาประสิทธิภาพซึ่งใช้ประกอบกับตารางประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ตารางประสิทธิภาพที่ใช้กันโดยทั่วไปนั้น สร้างจากตรรกะดังนี้

1. ปริมาณของออกซิเจนในก๊าซร้อนบ่งบอกถึงปริมาณอากาศส่วนเกินได้โดยตรง ที่บรรยากาศโดยปกติแล้วจะประกอบไปด้วย ออกซิเจน 21% ออกซิเจนทั้งหมดเหล่านี้จะถูกใช้ไปในกรณีที่การเผาไหม้เป็นแบบสมบูรณ์ ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่วัดได้ในก๊าซร้อนจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าต้องการอากาศเพิ่มเติมหรือมีอากาศส่วนเกินเท่าใดที่จะเหมาะสมกับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

2. ตารางประสิทธิภาพสร้างขึ้นมาอยู่บนพื้นฐานของสัดส่วนของความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงชนิดใดๆ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ต้องมีตารางแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อเพลิง ข้อมูลในตารางจะเป็นการสมมติว่าเชื้อเพลิงได้รับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นความร้อนที่ได้จึงต้องเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นในกรณีที่การเผาไหม้สมบูรณ์เท่านั้น

3. ปริมาตรของก๊าซร้อนหาได้จากการสมมติทางเคมีเกี่ยวกับองค์ประกอบของเชื้อเพลิงและปริมาณอากาศส่วนเกิน เมื่อทราบปริมาตรของก๊าซไอเสียและอุณหภูมิของก๊าซไอเสียจะสามารถทำให้หาปริมาณพลังงานที่มาพร้อมกับก๊าซไอเสียได้ ซึ่งก็ถือเป็นพลังงานที่สูญเสียไปนั้นเอง

4. เมื่อทราบปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นและทราบปริมาณพลังงานที่สูญเสียไป เราก็จะสามารถหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้

ในกรณีที่อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพมี หน่วยคำนวณหรือ คอมพิวเตอร์ ที่ใช้หาประสิทธิภาพติดตั้งอยู่ในตัวการทำงานของคอมพิวเตอร์ดังกล่าวก็จะกระทำตามตรรกะทั้งหมดที่กล่าวมา ซึ่งทำให้เราไม่จำเป็นต้องหาค่าจากตารางประสิทธิภาพอีก

เราควรทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยการวัดปริมาณหรือสัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในก๊าซไอเสีย แทนที่จะทำการวัดปริมาณของออกซิเจน แม้ว่าขั้นตอนในการวัดจะเหมือนกับการทดสอบเพื่อหาออกซิเจน แต่หลักการเกี่ยวกับการทดสอบเพื่อหาคาร์บอนไดออกไซด์นั้นแตกต่างกัน ปริมาณหรือสัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์บ่งบอกถึงปริมาณของเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้และ

ปริมาณของพลังงานที่ได้รับจากการเผาไหม้ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนหลักที่เหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (ส่วนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้หลักๆ แล้วคือไอน้ำนั้นเอง) ถ้าหากการเผาไหม้ไม่มีอากาศส่วนเกินปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียจะมีปริมาณคงที่ที่ค่าๆหนึ่งซึ่งหาได้โดยการพิจารณาทางเคมีเกี่ยวกับองค์ประกอบของเชื้อเพลิง ในกรณีที่มีความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ จะแสดงให้เห็นว่ามีอากาศส่วนเกินสูงขึ้น

อีกความหมายหนึ่งการทดสอบเพื่อหาออกซิเจนจะเป็นการบ่งบอกถึงปริมาณอากาศส่วนเกินโดยตรง ในขณะที่การทดสอบเพื่อหาคาร์บอนไดออกไซด์นั้นจะเป็นการบ่งบอกถึงปริมาณอากาศส่วนเกินในทางอ้อม ซึ่งจะตั้งอยู่บนสมมติฐานเกี่ยวกับองค์ประกอบส่วนผสมทางเคมีของเชื้อเพลิง

- **สมมติฐานของการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้**

พึงระลึกไว้ว่าตารางประสิทธิภาพที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพการเผาไหม้นั้น สร้างขึ้นมาจากสมมติฐาน สิ่งที่สำคัญที่สุดนั้น ตารางดังกล่าวสร้างมาจากสมมติฐานองค์ประกอบทางเคมีโดยเฉลี่ยของเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องใช้ตารางให้ถูกต้องกับชนิดของเชื้อเพลิงที่ทำการเผาไหม้ ในกรณีที่ใช้เครื่องมือวัดที่คำนวณหาประสิทธิภาพได้โดยอัตโนมัติเราต้องทำการตั้งเครื่องมือวัดให้ตรงกับชนิดของเชื้อเพลิงที่จะทำการวัด

องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงจะมีการเปลี่ยนแปลงไปแม้ว่าจะอยู่ในชนิดเดียวกันก็ตาม อย่างไรก็ตามผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนั้นน้อยมากจนถือได้ว่าสามารถละทิ้งได้ ในกรณีการวัดในเชิงปฏิบัติ

สมมติฐานอีกอันหนึ่งที่ใช้ในการสร้างตารางนั่นก็คือ เชื้อเพลิงต้องเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ตราบใดก็ตามที่หัวเผาทำงานอยู่ในสภาพที่เหมาะสมและอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงไม่ได้น้อยกว่าหรือมากกว่าช่วงที่เหมาะสมไปมากนัก สมมติฐานการเผาไหม้สมบูรณ์ก็ยังคงใช้ได้อย่างมีเหตุผล อย่างไรก็ตามการทำงานที่ผิดปกติของหัวเผาและอากาศที่ไม่เพียงพอเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ สภาวการณ์เหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้เชื้อเพลิงสูญเสียออกไปจากหม้อน้ำโดยไม่มีการให้ความร้อนออกมาก เชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการเผาไหม้นี้ไม่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีหาออกซิเจนหรือหาคาร์บอนไดออกไซด์

ดังนั้นวิธีการต่างๆ เหล่านี้จะให้ผลในการทดสอบประสิทธิภาพค่อนข้างสูงในกรณีที่การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ นี่เป็นอีกหนึ่งเหตุผลที่ควรจะต้องทำการทดสอบอื่นๆอีก มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์หรือไม่

ในการวัดที่มีความละเอียดมากขึ้นไป ควรมีการวัดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงเพื่อที่จะพิจารณาหาความร้อนสัมผัสที่มาพร้อมกับเชื้อเพลิง ในทางปฏิบัติพลังงานดังกล่าวหรือความร้อนสัมผัสนี้เป็นส่วนน้อยในการเปรียบเทียบในเชิงพลังงานเคมีของเชื้อเพลิง นอกจากนี้อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่เข้ามาสู่หม้อน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ดังนั้นเรามารถตัดผลของอุณหภูมิเชื้อเพลิงออกไปได้

- **ควรทดสอบออกซิเจนก่อนการทดสอบหาคาร์บอนไดออกไซด์**

ในเชื้อเพลิงชนิดใดๆ จะมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของออกซิเจนและประมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ ในก๊าซไอเสียคงที่ค่าหนึ่ง นี่เป็นเหตุผลอธิบายว่าเมื่อเราวัดค่าใดค่าหนึ่งจะทำการวัดหาค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้

การทดสอบหาออกซิเจนเป็นวิธีที่ให้ความถูกต้องมากกว่าการหาคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเราใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินได้ใกล้กับปริมาณที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนจะมากกว่า

เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการเปลี่ยนแปลงอากาศส่วนเกินใดๆ ยกตัวอย่างเช่น ในน้ำมันชนิดหนึ่งเมื่อเพิ่มอากาศส่วนเกินจาก 2% ไปเป็น 10% จะทำให้ออกซิเจนในก๊าซไอเสียเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า ซึ่งทำให้เราสามารถวัดได้โดยง่าย ในทางกลับกันกรณีที่เพิ่มอากาศส่วนเกินด้วยปริมาณที่เท่ากันจะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเพียงแค่ 10% เท่านั้น ซึ่งผลต่างที่น้อยในระดับนี้จะทำให้วัดค่าได้ยากและความถูกต้องน้อยลง

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของการทดสอบเพื่อหาออกซิเจน คือผลที่ได้รับมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงที่น้อยมาก ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซร้อนขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนในเชื้อเพลิงและปริมาณของอากาศส่วนเกินที่คำนวณได้จากปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์นี้ ในกรณีที่มีการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงบางเชื้อเพลิง องค์ประกอบทางเคมีจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น ก๊าซ ที่ได้จากกระบวนการผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่ในกรณีของเชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงก๊าซทั่วๆ ไป จะมีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่น้อยมาก

ในทางกลับกัน การทดสอบเพื่อหาออกซิเจนจะบ่งบอกถึงปริมาณของอากาศส่วนเกินได้ในทางตรง การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนคาร์บอนไม่ได้ส่งผลต่อผลที่ได้รับจากการทอดสอบเพื่อหาออกซิเจน และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพลังงานทั้งหมดของเชื้อเพลิงจะส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าที่จะส่งผลต่อปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์

สิ่งหนึ่งที่ทำให้การทดสอบเพื่อหาออกซิเจนแตกต่างจากการทดสอบเพื่อหาคาร์บอนไดออกไซด์ ก็คือ การทดสอบออกซิเจนจะทำได้ในกรณีที่การเผาไหม้มีอากาศส่วนเกินเท่านั้น ถ้าหากการเผาไหม้ไม่มีการใช้อากาศส่วนเกินก็จะไม่มีออกซิเจนในก๊าซร้อนหรือก๊าซไอเสียให้ทำการวัด แต่นี่ไม่ได้เป็นปัญหาในการทดสอบทั่วไป เนื่องจากโดยปกติแล้วเราจะให้หม้อน้ำมีการเผาไหม้โดยใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินเล็กน้อยอยู่แล้ว

- **การเปรียบเทียบผลจากการทดสอบออกซิเจนกับทดสอบคาร์บอนไดออกไซด์**

เนื่องจากการทดสอบประสิทธิภาพของย่อหน้านั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงควรเปรียบเทียบผลที่ได้รับจากทดสอบเพื่อหาออกซิเจนกับการทดสอบเพื่อหาคาร์บอนไดออกไซด์ อุปกรณ์ทดสอบเพื่อใช้ในการหาทั้งสองวิธีนั้น มีอยู่ทั่วไปอยู่แล้วค่าใช้จ่ายในด้านของเวลาและของเงินที่ต้องลงทุนมีค่าเพียงเล็กน้อย ถ้าหากอุปกรณ์อ่านค่าออกซิเจนอย่างต่อเนื่องนั้นได้รับการติดตั้งอยู่แล้วในระบบหม้อน้ำให้ทำการตรวจอุปกรณ์เหล่านั้นเป็นบางโอกาสโดยใช้เครื่องมือวัดแบบมือถือ เพื่อที่จะตรวจสอบดูออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

หากการทดสอบคาร์บอนไดออกไซด์ให้ผลที่ไม่ตรงกับการทดสอบออกซิเจน เป็นการบ่งชี้ให้เห็นว่ามีบางสิ่งบางอย่างผิดพลาดนั้นหมายความว่าอย่างน้อยหนึ่งหรือทั้งสองวิธีการทดสอบนั้นมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ทั้งนี้อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการคลาดเคลื่อนของการสอบเทียบอุปกรณ์หรือเครื่องมือวัด

สิ่งที่อาจเป็นไปได้อีกประการหนึ่งก็คือ อากาศภายนอกที่ไหลปะปนเข้ามากับก๊าซร้อนหรือก๊าซไอเสีย เหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อห้องเผาไหม้มีความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศและมีรูรั่วบริเวณผนังของหม้อน้ำ ให้สังเกตปัญหาเหล่านี้ในหม้อน้ำที่ติดตั้ง พัดลมแบบดูด (Induced draft fan) และในหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบความดันบรรยากาศ

การที่ผลที่ได้รับจากการทดสอบทั้งสองแบบไม่ตรงกันอาจเกิดจากหัวเผาที่ไม่สมบูรณ์ ยกตัวอย่างเช่น มีการอุดตันของช่องหัวฉีด พึงระลึกไว้เสมอว่าการทดสอบหรือเครื่องทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้

จะสมมติว่าการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ดังนั้นสภาวะใดๆที่ทำให้การเผาไหม้เกิดความไม่สมบูรณ์ขึ้นก็จะทำให้การทดสอบมีค่าความผิดพลาดสูงขึ้นและอาจส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ผิดไป

อุปกรณ์หรือเครื่องมือทดสอบประสิทธิภาพแบบอิเล็กทรอนิกส์จะทำการวัดทั้งปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ บางครั้งอุปกรณ์บางตัวหรือบางรุ่นจะวัดเฉพาะสัดส่วนของออกซิเจนแล้วทำการคำนวณเพื่อหาสัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์จากปริมาณออกซิเจนที่วัดได้ โดยใช้สมมติฐานองค์ประกอบของเชื้อเพลิง ในกรณีที่เราหาคาร์บอนไดออกไซด์จากเครื่องมือวัดดังกล่าวซึ่งคำนวณมาจากปริมาณของออกซิเจนอีกที เราจะไม่สามารถใช้สองค่านี้ทำการเปรียบเทียบระหว่างกันได้ เนื่องจากเป็นค่าที่ได้รับจากการคำนวณซึ่งอิงจากค่าออกซิเจนที่วัดได้ในค่าเดียว

- **การทดสอบเพื่อหาการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์**

ไม่มีหม้อน้ำใดที่สามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยปราศจากอากาศส่วนเกินแม้ว่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินจะน้อยนิดก็ตาม เนื่องจากเมื่ออากาศส่วนเกินลดลงเข้าใกล้ศูนย์จะทำให้มีเชื้อเพลิงบางส่วนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เชื้อเพลิงดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดควันเขม่าที่ติดตามปล่องไฟและก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม เชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการเผาไหม้จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณของการสูญเสียจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของพลังงานขององค์ประกอบเชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการเผาไหม้ ยกตัวอย่างเช่น องค์ประกอบของการเผาไหม้เชื้อเพลิงหนักซึ่งอยู่ในรูปแบบของสารอินทรีย์จะมีปริมาณพลังงานที่สูง ในทางกลับกันองค์ประกอบที่ไม่ได้รับการเผาไหม้ของถ่านหินจะมีองค์ประกอบของพลังงานที่ต่ำกว่า มีงานวิจัยหนึ่งกล่าวไว้ว่าเชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการเผาไหม้ 0.1% นั้น อาจทำให้สูญเสียพลังงานเนื่องจากเชื้อเพลิงไปถึง 0.3 – 0.6% ซึ่งการสูญเสียพลังงานเหล่านี้ไม่สามารถทำการวัดได้โดยวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้

ดังนั้นประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุดในการเผาไหม้ได้รับเมื่อมีปริมาณอากาศส่วนเกินเล็กน้อย แม้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้จะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อการเผาไหม้นั้น ไม่ต้องการอากาศส่วนเกิน ในกรณีที่หม้อน้ำทำงานอย่างเหมาะสม ปริมาณอากาศส่วนเกินที่เหมาะสมนั้นจะมีค่าเพียงเล็กน้อย

ในการปรับตั้งอากาศส่วนเกินโดยละเอียด อาจต้องมีการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อที่จะวัดปริมาณของผลผลิตที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์เพียงเล็กน้อย มีวิธีการทดสอบทั่วไปอยู่สองแบบ ซึ่งก็คือ ความหนาแน่นของควัน และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซร้อน

1. วิธีทดสอบความทึบของควัน

ก่อนที่จะมีการคิดค้นเครื่องมือทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ปริมาณของอากาศปรับตั้งโดยการสังเกตควันที่ออกจากปล่องควัน ยกตัวอย่างเช่น หม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแบบน้ำมันหนักจะใช้กฎเกี่ยวกับก๊าซไอเสียที่ว่าควันต้องมีสีน้ำตาลอ่อน วิธีการนี้ไม่ได้เป็นวิธีการหลักที่ต้องทำแต่เป็นวิธีที่ควรจะมีการทดสอบ ถ้าควันที่เกิดขึ้นมีมากเกินไปจะแสดงให้เห็นว่าปริมาณอากาศส่วนเกินนั้นน้อยเกินไป สามารถคาดเดาได้ว่าต้องมีบางสิ่งผิดปกติ ดังนั้นการวัดความหนาแน่นของควัน หรืออีกนัยหนึ่งก็คือความทึบของควันก็ถือเป็นการวัดที่มีคุณค่า

เราควรทำการทดสอบความหนาแน่นของควันเมื่อใช้น้ำมันหนักหรือเชื้อเพลิงของแข็ง ความหนาแน่นของควันเป็นตัวบอกที่ไม่ค่อยมีความน่าเชื่อถือในกรณีที่เชื้อเพลิงเป็นก๊าซหรือว่าเป็นน้ำมันเบา เนื่องจากสิ่งที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก๊าซและเชื้อเพลิงของเหลวจะไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า

2. วิธีการทดสอบคาร์บอนมอนออกไซด์

ปริมาณของคาร์บอนมอนออกไซด์ในก๊าซไอเสียจะเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีมากสำหรับการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเชื้อเพลิงทุกชนิด ที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน คาร์บอนมอนออกไซด์ในก๊าซไอเสียที่มีน้อยจะหมายถึงปริมาณกับส่วนเกินที่พอเหมาะแต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงเริ่มจะไม่สมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้การวัดต่างๆ จึงเป็นการบ่งชี้ที่ดีเยี่ยมสามารถเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการปรับแต่งอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง

ระดับของคาร์บอนมอนออกไซด์ส่วนเกินซึ่งเกิดขึ้นในอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจะเป็นตัวบ่งบอกว่าหม้อน้ำกำลังมีปัญหาหรือไม่ ปริมาณคาร์บอนมอนออกไซด์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในกรณีที่หม้อน้ำมีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แม้ว่าจะมีปริมาณอากาศส่วนเกินที่เพียงพอก็ตาม ด้วยเหตุนี้การทดสอบแบบคาร์บอนมอนออกไซด์จึงเป็นวิธีการที่ดีเยี่ยมสำหรับการค้นหาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับการทดสอบเพื่อหาออกซิเจน ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบคาร์บอนมอนออกไซด์จะสามารถหาการเกิดตะกรันของหัวเผาได้ นอกจากนี้ยังสามารถหาได้อีกว่าการติดตั้งหัวเผาเหมาะสมหรือไม่

คาร์บอนมอนออกไซด์ จะเกิดขึ้นในกรณีที่มีปริมาณอากาศส่วนเกินมากเมื่อใดก็ตามที่เราตั้งอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม สัดส่วนของคาร์บอนมอนออกไซด์จะลดลงไปอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ถ้าหากไม่มีปัญหาใดๆเกิดขึ้นกับระบบหม้อน้ำ

- **ลักษณะของเปลวไฟ**

การปรับตั้งหัวเผาโดยการสังเกตที่สีและรูปร่างของ เปลวไฟนั้น ไม่เป็นที่ยอมรับนับตั้งแต่วิธีการตรวจสอบที่มีความละเอียดสูงได้ถูกคิดค้นขึ้นมา แต่อย่างไรก็ตามเราก็ยังควรทำการตรวจสอบสีและรูปร่างของเปลวไฟเป็นคาบๆ อย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะยืนยันว่าหม้อน้ำไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการเผาไหม้ เช่น การอุดตันของหัวเผาหรือการมีน้ำปนอยู่ในเชื้อเพลิง

- **การทดสอบหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม**

ข้อกำหนดที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมอาจจะบังคับให้ทางโรงงานต้องทำการทดสอบก๊าซไอเสียเพื่อที่จะมั่นใจได้ว่า ก๊าซไอเสียที่ปล่อยออกไปนั้นมีปริมาณของมลภาวะต่ำกว่าค่าที่กำหนด ยกตัวอย่างเช่น ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ คลอรีน ซึ่งสารเหล่านี้ควรมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ การทดสอบหาค่าเหล่านี้เป็นการทดสอบที่ค่อนข้างง่าย ไม่ได้ต้องการอะไรนอกจากการนำตัวอย่างก๊าซไอเสียไปทดสอบโดยอาศัยวิธีการพิเศษทางเคมีหรือเครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์

การควบคุมปริมาณของมลภาวะนั้น ต้องการขั้นตอนที่ค่อนข้างพิเศษ ยกตัวอย่างเช่น การนำก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่ การเพิ่มการสลายของอากาศ หรือการปรับตั้งเปลวไฟของหัวเผา ขั้นตอนเหล่านี้จะส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของหม้อน้ำดีขึ้น ให้ทำการทดสอบประสิทธิภาพโดยถือเป็นส่วนหนึ่งในการ

ควบคุมปริมาณของมลภาวะ รักษาระดับของมลภาวะให้อยู่ในขีดจำกัดที่เป็นไปได้และส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลงน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

- **วิธีการเลือกอุปกรณ์ทดสอบ**

อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพควรมีความละเอียดแม่นยำ วัตถุประสงค์ใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพอย่างละเอียดและถูกต้องเนื่องจากผลต่างเพียงเล็กน้อยอาจหมายถึงปริมาณพลังงานขนาดใหญ่ ช่วงทั้งหมดที่เป็นไปได้ของประสิทธิภาพหม้อน้ำจะขึ้นอยู่กับช่วงของปริมาณของออกซิเจนในก๊าซไอเสียที่มีค่าระหว่าง 0 - 20 % ในช่วงที่มีประสิทธิภาพสูงความผิดพลาด 2 % ของปริมาณออกซิเจนที่วัดได้จากก๊าซไอเสียจะส่งผลให้เกิด ความผิดพลาดประสิทธิภาพการเผาไหม้ 0.5 %

เราไม่จำเป็นต้องใช้ความสามารถขั้นพิเศษในการทำการวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้อาศัยเพียงความระมัดระวังและความเอาใจใส่เท่านั้น อุปกรณ์บางตัวต้องการความชำนาญค่อนข้างสูง ต่อไปนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์หรือเครื่องมือวัดที่มีอยู่ทั่วไป

1. เครื่องมือวัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของการเผาไหม้ชิ้นแรกๆก็คือ เครื่องวิเคราะห์แบบ ORFAT เป็นอุปกรณ์วัดทางเคมี ซึ่งทำการผสมก๊าซไอเสียกับของเหลวชนิดหนึ่งซึ่งจะมีการเปลี่ยนเปลวปริมาตรเมื่อเกิดปฏิกิริยา อุปกรณ์นี้จะทำการแสดงปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างละเอียดแม่นยำส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่หาได้นั้นมีความแม่นยำตามไปด้วย สามารถวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจน, คาร์บอนไดร์ออกไซด์, คาร์บอนมอนออกไซด์ และก๊าซอื่นๆได้

เครื่องวิเคราะห์แบบ ORFAT นี้ใช้งานง่ายและมีความละเอียดแม่นยำ เครื่องวิเคราะห์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้มีจำหน่ายในราคาที่ไม่สูงมากนัก อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์นี้สร้างขึ้นมาจากแก้ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดูแลรักษาเป็นอย่างดี แต่เนื่องจากเครื่องมือวัดอันทันสมัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน สามารถใช้งานได้ง่ายและไม่ต้องการความระมัดระวังในการใช้งาน ดังนั้นเครื่องวิเคราะห์แบบ ORFAT จึงมีราคาที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากมีปริมาณความต้องการใช้ลดน้อยลง

เมื่อเร็วๆ มานี้เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ กลายเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวัดก๊าซไอเสีย เครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่แล้วจะใช้เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical cell) ในการตรวจวัดองค์ประกอบของก๊าซ เซลล์ที่แตกต่างกันก็จะให้หลักการก๊าซที่แตกต่างกันไปด้วย

หัววัดโดยทั่วไปแล้วที่ใช้ในการวัดปริมาณออกซิเจน คือ เซอร์โคเนียมออกไซด์ ซึ่งจะให้ความต่างศักย์ที่แตกต่างกันในระหว่างด้านของหัววัด ในกรณีที่ความเข้มของออกซิเจนแตกต่างกัน หัววัดแบบเซอร์โคเนียมออกไซด์ มีข้อดีคือ สามารถทำงานในก๊าซไอเสียร้อนได้หลายพันชั่วโมง

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งซึ่งถือเป็นข้อดีที่เอาชนะเครื่องมือวัดทั้งหลายของเครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ก็คือ สามารถให้ค่าที่อ่านได้ในทันทีทันใดและเป็นค่าอย่างต่อเนื่อง วิธีการทดสอบก็ง่ายเพียงแค่สอดหัววัดเข้าไปยังก๊าซไอเสีย วิธีการดังกล่าวนี้ทำให้เราสามารถตรวจวัดผลที่ได้จากการปรับตั้งหม้อน้ำอย่างทันทีทันใด

เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้บางตัว ไม่จำเป็นต้องใช้ตารางควบคู่กับการวัดเนื่องจากเครื่องมือเหล่านี้สามารถทำการคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กและสามารถส่งค่าออกมายังผู้ใช้เป็นประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้โดยตรง เครื่องมือวัดดังกล่าวมีข้อผิดพลาดอยู่บางเพราะว่า

ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศขาเข้าหม้อน้ำและอุณหภูมิของก๊าซร้อน เครื่องทดสอบบางเครื่องใช้อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมตัวเครื่องวัดเองเป็นเสมือนอุณหภูมิขาเข้าของหม้อน้ำ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้เกิดความผิดพลาด เนื่องจากอากาศที่อยู่ใกล้ก๊าซไอเสียมักจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอากาศที่เข้าสู่หม้อน้ำ ดังนั้นเครื่องวัดที่ดีกว่าจะต้องมีการวัดทั้งสองจุดที่แท้จริง ซึ่งก็คือวัดอุณหภูมิอากาศขาเข้าหม้อน้ำในขณะที่อีกจุดหนึ่งต้องวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียไปพร้อมๆ กัน

เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพดีนั้นมักจะมีราคาแพงกว่าเครื่องมือวัดแบบเคมี อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบราคาของเครื่องมือวัดกับผลประโยชน์ที่ได้รับหลังการปรับแต่งให้หม้อน้ำทำงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ก็ถือได้ว่าราคาของเครื่องมือวัดนั้นน้อยมาก

โดยทั่วไปแล้วคุณภาพของเครื่องมือวัดก๊าซไอเสียแบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น จะมีช่วง กว้างค่อนข้างมาก เครื่องมือวัดที่ดีที่สุดนั้นจะให้ค่าความละเอียดและความถูกต้องที่ดีกว่าเครื่องมือวัดแบบเคมี ส่วนเครื่องมือวัดที่แย่ที่สุดในกลุ่มของเครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะให้ค่าความถูกต้องและความแม่นยำต่ำมากๆ

จุดอ่อนของเครื่องมือวัดก๊าซไอเสียแบบอิเล็กทรอนิกส์ ก็คือ ต้องทำการสอบเทียบหัววัดบ่อยๆ โชคดีที่เครื่องมือวัดออกซิเจนมักจะมีความสามารถสอบเทียบด้วยตัวเองโดยอาศัยปริมาณของออกซิเจนที่อยู่ในบรรยากาศเป็นปริมาณอ้างอิง อุปกรณ์ในวัดก๊าซชนิดอื่นก็ต้องการการสอบเทียบโดยอาศัยก๊าซที่มีการผสมกันในอัตราส่วนที่ทราบค่า เนื่องจากการทำงานของเครื่องมือวัดเหล่านี้เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ดังนั้นหากการสอบเทียบทำโดยไม่ถูกขั้นตอนก็อาจส่งผลให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดได้

เครื่องมือวัดการเผาไหม้แบบอิเล็กทรอนิกส์ราคาถูกที่มีขายโดยทั่วไป ส่วนใหญ่จะไม่ได้วัดคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรง บางเครื่องแสดงค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาจากการคำนวณจากการวัดออกซิเจน หากต้องนำค่าคาร์บอนไดออกไซด์ไปตรวจสอบความถูกต้องของการวัดออกซิเจน เนื่องจากค่านี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากการวัดออกซิเจนอยู่แล้วจึงทำให้การเปรียบเทียบดังกล่าวไม่เกิดประโยชน์อันใด หากต้องการเปรียบเทียบดังกล่าวควรวัดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอุปกรณ์แยกต่างหากซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อการวัดคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉพาะ

2. เครื่องมือวัดสำหรับคาร์บอนมอนออกไซด์และก๊าซมีเทนอื่นๆ

เราสามารถหาเครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถใช้กับก๊าซหลายๆชนิดได้ ในราคาอาจค่อนข้างสูง เครื่องมือวัดที่มีราคาถูกที่สุดซึ่งสามารถใช้กับคาร์บอนมอนออกไซด์และก๊าซพิเศษอื่นๆ จะใช้หลักการการผสมกันทางเคมี ยกตัวอย่างเช่น เครื่องมือวัดชนิดหนึ่งใช้หลอดที่มีสารเคมีบรรจุภายใน การใช้เครื่องมือวัดนี้ให้นำหลอดดังกล่าวติดตั้งเข้ากับปั๊ม โดยปั๊มนี้จะทำการดึงตัวอย่างก๊าซที่ต้องการวัดเข้าไปอยู่ในหลอดดังกล่าว เมื่อก๊าซที่ต้องการทำการวัดทำการผสมกับสารเคมีที่อยู่ในหลอดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีขึ้นภายในหลอดดังกล่าว ซึ่งสีดังกล่าวนี้ก็สามารถบ่งบอกถึงความเข้มของก๊าซที่ต้องการทำการวัดได้

3. เครื่องมือวัดควัน

เราสามารถทำการวัดความหนาแน่นของควันได้โดยมีค่าใช้จ่ายที่น้อยแต่มีความน่าเชื่อถือสูง โดยอาศัยเครื่องมือวัดที่มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกับปั๊มลมที่ใช้กับจักรยาน เครื่องมือวัดนี้จะทำการดึงก๊าซไอเสียที่ต้องการจะวัดเข้ามาปริมาณหนึ่ง โดยผ่านกระดาษกรอง เราสามารถทำการเปรียบเทียบความดำของ

เขม่าควันที่มีอยู่ที่กระดาษกรองแล้วนำไปเปรียบเทียบกับตารางหรือแผนภาพที่มาพร้อมกับอุปกรณ์ทดสอบนี้

อีกวิธการสำหรับการทดสอบหาความหนาแน่นของควันก็คือ ติดตั้ง Optical Denstroter ไว้ที่ปล่องไอเสีย เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างง่าย ทำงานโดยการฉายแสงตัดผ่านเข้าไปยังก๊าซไอเสีย ปริมาณของแสงที่ถูกดูดซับไว้โดยควัน จะสามารถวัดได้โดยใช้ โฟโตเซลล์ เครื่องมือวัดนี้สามารถอ่านค่าได้อย่างต่อเนื่อง ในความเป็นจริง หม้อน้ำแบบเก่าที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงก็ใช้อุปกรณ์นี้เป็นวิธีการหลักในการปรับแต่งอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง

4.เทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิก๊าซไอเสียต้องมีความละเอียดและถูกต้อง ความผิดพลาดในการวัดอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่ 4.5 °C สามารถทำให้ประสิทธิภาพหม้อน้ำที่ทำการวัดได้คลาดเคลื่อนถึง 1% การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่ควรใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบทั่วๆไป ควรใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบของเหลว ที่มีเกรดในระดับห้องปฏิบัติการ เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทสามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 650 °C (1200 °F) ในการอ่านค่าเทอร์โมมิเตอร์ให้ถูกต้องที่สุดนั้น ให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่ความสามารถในการวัดค่าสูงสุดใกล้เคียงกับ อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซร้อน เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดค่าได้ 260 °C (500 °F) เหมาะสมกับการใช้วัดหม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง ส่วนเทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิ 400 °C (750 °F) นั้นเพียงพอกับหม้อน้ำชนิดทั่วไป

เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทที่ดีนั้นราคาไม่แพง แต่เทอร์โมมิเตอร์ประเภทนี้แตกได้ง่ายและอ่านค่าได้ยาก ควรจะมีการซื้อเทอร์โมมิเตอร์สำรองไว้และเก็บรักษาไว้ในกล่องเก็บที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ

เทอร์โมมิเตอร์แบบเข็ม ใช้หลักการของโลหะ 2 ชนิด ที่อยู่ติดกัน ข้อดีเพียงอย่างเดียวของเทอร์โมมิเตอร์แบบเข็มก็คืออ่านค่าง่าย เราสามารถสอบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัดดังกล่าวในช่วงอุณหภูมิต่ำ โดยทำการวัดอุณหภูมิของน้ำเดือด เพราะเรารู้อยู่แล้วว่าอุณหภูมิของน้ำเดือดที่ระดับน้ำทะเลนั้น จะอยู่ที่ 100 °C (212 °F) และเราสามารถใช้วิธีนี้ในการชดเชยค่าผิดพลาดเนื่องจากความสูงให้ถูกต้อง เนื่องจากน้ำเดือดที่อุณหภูมิต่ำลง เมื่อความสูงจากน้ำทะเลเพิ่มขึ้น

เทอร์โมมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะหน้าที่ตาที่ค่อนข้างไฮเทคแต่บางครั้งก็ยังคงมีความไม่ถูกต้องอยู่บ้าง อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น อาจตอบสนองไม่เป็นเส้นตรง ราคาส่วนใหญ่ของเทอร์โมมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะใช้ไปในการชดเชยจุดอ่อนของหัววัด เทอร์โมมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์บางตัวนั้น ก็มีความถูกต้องแม่นยำสูง แม้ว่าอุปกรณ์แบบอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวจะมีคุณภาพสูงแต่ควรมีการตรวจสอบถึงช่วงที่มีการรับประกันว่าหากทำการวัดแล้วจะมีค่าที่ทำการวัดถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น 1% ของความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดอุณหภูมินั้น อาจทำให้เกิดความผิดพลาดถึง 5.5 °C ในการวัดอุณหภูมิก๊าซร้อนโดยทั่วไป

- **ข้อควรระวังในการตรวจวัด**

การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ จะเป็นการวัดปริมาณคงเหลือของออกซิเจนเพียงน้อยนิดที่อยู่ในก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ ในหม้อน้ำที่ได้รับการปรับแต่งเป็นอย่างดี ก๊าซไอเสียจะมีปริมาณของออกซิเจนน้อยเพียง 1% หรือน้อยกว่า ดังนั้นในการทดสอบต้องมั่นใจได้ว่าไม่มีอากาศจากภายนอกไหลผ่านหัววัดขณะทำการทดสอบ

ควรระมัดระวังเรื่องไม่ให้อากาศภายนอกไหลผ่านหัววัด โดยผ่านทางช่องที่เจาะไว้สำหรับสอดหัววัดเข้าไป การเจาะรูแล้วสอดหัววัดเข้าไปจะทำให้อากาศภายนอกสามารถเคลื่อนที่ไปตามก้านของหัววัดแล้วไหลผ่านไปยังปลายของหัววัดได้ เพื่อที่จะทำการหลีกเลี่ยงอากาศจากภายนอกในลักษณะนี้ อาจจะต้องมีการดัดหัววัดให้มีการโค้งงอ โดยที่ให้ปลายนั้นยังคงสัมผัสกับกระแสก๊าซไอเสียภายใน ปล่องไอเสียเหมือนเดิม นอกจากนี้ควรใช้ผ้าห่อก้านวัดโดยให้ทำหน้าที่เหมือนปะเกนระหว่างก้านวัดและขอบของช่องหรือขอบของรูที่เจาะไว้

ในกรณีที่ปล่องไอเสียมีการติดตั้ง Draft hood หรือแดมเปอร์ ที่ความดันบรรยากาศ ให้ทำการเจาะรูเพื่อวัดก๊าซไอเสียให้ต่ำจากจุดที่อากาศภายนอกสามารถเข้าสู่ hood หรือแดมเปอร์ ได้ การไหลปั่นป่วนของก๊าซร้อนอาจเป็นสาเหตุทำให้อากาศที่อยู่ภายนอกไหลย้อนกลับไปอยู่ที่ปลายของหัววัด การไหลย้อนกลับดังกล่าวนี้อาจเกิดขึ้นใกล้ๆ กับท่อที่มีการโค้งงอได้

การรั่วไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาสู่ก๊าซร้อนนั้น อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่หม้อน้ำใช้พัดลมแบบ Induce draft fan ซึ่งก็คือ พัดลมที่ดูดก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ออกจากหม้อน้ำ ไม่ได้ใช้หลักการของการเป่าไล่ ถ้าหากเราสอดหัววัดเข้าไปในจุดที่อยู่ระหว่างช่องทางออกของหม้อน้ำกับพัดลม Induce draft ตัวนี้ พัดลมจะทำการดูดอากาศภายนอกผ่านเข้ามาตามช่องที่ทำการเจาะไว้สำหรับหัววัด อากาศจะสามารถเข้ามาได้ในตามรูรั่วที่ปรากฏอยู่โดยทั่วไปตามปล่องไอเสีย เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ พยายามตรวจสอบหารอยรั่วต่างๆที่เกิดขึ้นบนปล่องไอเสีย ทำการอุดรูรั่วทั้งหมด นอกจากนี้การเจาะรูเพื่อสอดหัววัด ควรจะอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ตัวหม้อน้ำหรือตัว Economizer ให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

- **ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดก๊าซผิดชนิด**

หัววัดบางชนิดอาจจะตอบสนองต่อองค์ประกอบของก๊าซไอเสียได้มากกว่าหนึ่งชนิด ซึ่งจะทำให้การอ่านค่าผิดพลาดได้ ในขณะที่เราทำการวัดโดยการคาดหวังว่าจะวัดเพียงแค่องค์ประกอบเดียว ปัญหามักจะเกิดขึ้นกับกรณีที่ การเผาไหม้มีไฮโดรเจนและไฮโดรเจนซัลไฟด์ ปรากฏอยู่ และเราใช้หัววัดเป็นแบบ Electro chemical สำหรับการวัดคาร์บอนมอนออกไซด์ ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้นในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงสะอาด ซึ่งจะก่อให้เกิดเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเท่านั้น ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการวัดที่ผิดพลาดเมื่อใช้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันที่มีส่วนผสมของกำมะถันสูง หรือ High sulfur และ ถ่านหิน ซึ่งมักจะให้ผลผลิตจากการเผาไหม้เป็นก๊าซตัวอื่น ชนิดอื่นๆ มากกว่าที่จะเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

- **ความผิดพลาดเนื่องจากาการรั่วไหลของไอน้ำภายใน**

ถ้าหม้อน้ำมีการมีการรั่วไหลของไอน้ำภายใน ไอน้ำจะผสมเข้ากับก๊าซไอเสีย ไอน้ำมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้และต่ำกว่าอุณหภูมิจุดที่ทำการวัด ดังนั้นเมื่อคำนวณหาประสิทธิภาพออกมาจะได้ว่าประสิทธิภาพนั้นมีค่าที่สูงกว่าความเป็นจริง ดังนั้นหากการรั่วไหลของไอน้ำมีปริมาณมากประสิทธิภาพที่ทำการวัดได้จะมีค่าสูงเกินกว่าความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่ภาระการทำงานต่ำ อัตราการรั่วไหลของไอน้ำนั้นคงที่ในทุกๆอัตราการทำงานของหัวเผา ตราบใดก็ตามที่ความดันของหม้อน้ำยังคงที่ ดังนั้นความผิดพลาดดังกล่าวที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลของไอน้ำจึงมีค่าที่สูงในกรณีอัตราการทำงานของหัวเผาต่ำ ถ้าหม้อน้ำมีปริมาณการรั่วไหลของไอน้ำเพียงพอที่จะตรวจวัดได้โดยการทดสอบประสิทธิภาพอาจจะต้องมีการหยุดการทำงานของหม้อน้ำในทันทีทันใดและทำการซ่อมแซม

- **การทดสอบหม้อน้ำที่มีระบบการนำก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่**

เพื่อที่จะลดการเกิดไนโตรเจนออกไซด์ในกระบวนการเผาไหม้ หม้อน้ำจะนำเอาส่วนหนึ่งของก๊าซร้อนกลับมาใช้ใหม่ ก๊าซไอเสียจะถูกดูดจากปล่องไอเสียโดยใช้พัดลมแล้วส่งกลับเข้ายังหม้อน้ำที่หัวเผา ก๊าซไอเสียที่ประกอบด้วย ออกซิเจนจำนวนเล็กน้อย และมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ วัตถุประสงค์ของกระบวนการนี้คือลดอุณหภูมิเผาไม้สูงสุด เนื่องจากไนโตรเจนออกไซด์จะเกิดขึ้นที่ อุณหภูมิการเผาไหม้สูง

การนำก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่ไม่ได้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาแก่การวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ การวัดประสิทธิภาพทำได้โดยวัดสิ่งที่เข้าสู่หม้อน้ำและสิ่งที่ออกจากหม้อน้ำ การนำก๊าซร้อนกลับมาใช้ใหม่เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในหม้อน้ำเพียงอย่างเดียว ดังนั้นผลที่เกิดจากการนำก๊าซร้อนกลับมาใช้ใหม่ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพนั้นได้รวมอยู่ในการวิเคราะห์ก๊าซไอเสียแล้ว การนำก๊าซร้อนกลับมาใช้ใหม่ไม่ได้ส่งผลต่อตำแหน่งในการวัดตัวอย่างก๊าซไอเสียด้วย

- **การทดสอบหม้อน้ำที่มี Economizer และ Air preheater**

Economizer หรือ เครื่องอุ่นน้ำป้อน และ Air preheater หรือ เครื่องอุ่นอากาศ เป็นอุปกรณ์ที่นำความร้อนจากก๊าซไอเสียที่ถูกปล่อยออกจากหม้อน้ำกลับมาให้ความร้อนแก่น้ำป้อนหรืออากาศสำหรับการเผาไหม้ตามลำดับ อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของก๊าซร้อนดังนั้นจะมีผลโดยตรงต่อการทดสอบประสิทธิภาพ

หม้อน้ำที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ ตำแหน่งที่เหมาะสมตรวจวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสีย คือ บริเวณทางออกของอุปกรณ์ทั้งสองนี้ หากทำการวัดที่ทางออกของหม้อน้ำจะเป็นการไม่เหมาะสม

กรณีที่หม้อน้ำเครื่องอุ่นอากาศ ตำแหน่งที่ควรจะวัดอุณหภูมิอากาศขาเข้า จะเป็นตำแหน่งขาเข้าของเครื่องอุ่นอากาศไม่ใช่ตำแหน่งขาเข้าของหัวเผา หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือไม่ควรทำการวัด อุณหภูมิของอากาศที่ได้รับความร้อนมาจากเครื่องอุ่นอากาศแล้ว

กรณีที่หม้อน้ำใช้เครื่องอุ่นอากาศสำหรับการเผาไหม้ที่เป็นแบบกงล้อความร้อน การวัดก๊าซไอเสียอาจเกิดข้อผิดพลาดส่งผลให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการหมุนของกงล้อ จะทำให้มีอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไหลเข้าสู่กระแสของก๊าซไอเสีย กงล้อความร้อนบางชนิดนั้นมีการออกแบบให้อากาศภายนอกส่วนหนึ่งเข้ามาผสมกับก๊าซไอเสีย นอกจากนี้ส่วนต่าง ๆ ของกงล้อความร้อนมักจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ออกจากกงล้อความร้อนจะไม่คงที่ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วยังไม่มีวิธีการทำให้ค่าที่วัดออกมาได้ถูกต้อง

- **การเตรียมตัวและเงื่อนไขการทดสอบ**

เมื่อต้องการเริ่มต้นกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพ ให้ทำการทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุดเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวัดครั้งต่อไป ในการวัดเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าพื้นฐานนี้จะต้องทำการวัดกับหม้อน้ำที่ทำงานกับเงื่อนไขสูงสุด โดยกระทำในตลอดช่วงภาระทั้งหมดของหม้อน้ำ ทำการเปรียบเทียบการวัดกับการวัดที่ได้ข้อมูลพื้นฐาน เมื่อค่าของหม้อน้ำต่ำกว่าผลที่ได้จากการวัดพื้นฐานค่อนข้างมากแสดงให้เห็นว่าต้องมีการผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากการวัด

สำหรับการทดสอบเพื่อหาข้อมูลพื้นฐานอาจจะต้องใช้ความสามารถและเวลาในการตรวจสอบเพื่อให้ค่าที่ได้มานั้นถูกต้อง การปรับแต่งทำความสะอาดและซ่อมส่วนต่าง ๆของหม้อน้ำจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของหม้อน้ำ ทำความสะอาดท่อไฟและท่อน้ำ ทำความสะอาดและปรับแต่งหัวเผา อุดรอยรั่ว

ต่างๆ ตรวจสอบอากาศที่ป้อนให้ห้องเผาไหม้ปรับแต่งการปล่อยก๊าซไอเสีย และอื่นๆเท่าที่จะทำได้ ให้ดูมาตรการย่อยต่างๆ สำหรับวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำให้ตรงกับชนิดของหม้อน้ำที่ใช้จริง

ทำการทดสอบในขณะที่หม้อน้ำมีภาระการทำงานแบบเต็มตัว ถ้าหากหม้อน้ำใช้ในวัตถุประสงค์หลักเพื่อการทำความร้อนสำหรับอาคาร อาจจะมีภาระไม่เพียงพอที่จะสามารถวัดได้ในระหว่างฤดูกาลที่มีอุณหภูมิไม่หนาวเกินไป เป็นการง่ายที่จะทำการวัดในโรงงานที่มีหม้อน้ำมากกว่าหนึ่งตัว ซึ่งหม้อน้ำที่ทำการวัดอาจทำการแบ่งภาระไปยังหรือมาจากอีกหม้อน้ำหนึ่งได้

ไม่ควรพยายามสร้างภาระให้แก่หม้อน้ำโดยการอุดหม้อน้ำโดยเริ่มจากสภาวะหยุดนิ่งวิธีการนี้จะทำให้ประสิทธิภาพที่อ่านได้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากก๊าซไอเสียจะถูกทำเย็นโดยมวลของตัวหม้อน้ำและมวลของน้ำ

ควรมีการตัดสินใจในการปรับแต่งหม้อน้ำในขณะที่หม้อน้ำกำลังทำงานอยู่ ยกตัวอย่างเช่น แผลอุณหภูมิ Heater ซึ่งใช้ในการอุดเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยการปรับแต่งอุณหภูมิเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดของหม้อน้ำ ให้ทำการปรับแต่งค่าดังกล่าวเสมือนกับเป็นขั้นตอนหนึ่งของการทดสอบ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **พิจารณาความถี่ในการทดสอบ**

เหตุผลโดยทั่วไปในการลดลงของประสิทธิภาพนั้นก็คือ การสะสมของตะกรันในผนังกั้นไฟ ผนังกั้นน้ำและที่หัวเผา ตะกรันสะสมหรือรวมตัวกันในอัตราที่สามารถคาดเดาได้ ช่วงเวลาในการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับชนิดของหม้อน้ำและชนิดของเชื้อเพลิง หม้อน้ำอย่างง่ายที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซที่มีหัวเผาแบบความดันบรรยากาศจะมีประสิทธิภาพที่คงที่ในช่วงหลายปีโดยปราศจากการปรับตั้งและมีการดูแลรักษาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ในทางกลับกันหม้อน้ำที่มีขนาดใหญ่และมีความดันใช้งานสูงซึ่งเผาไหม้เชื้อเพลิงหลายๆ ชนิดอาจมีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพได้ในช่วงเวลาไม่กี่วันหรือไม่กี่สัปดาห์

แม้ว่าหม้อน้ำจะได้รับการทำความสะอาด การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและได้รับการปรับแต่งไปแล้วก็ตาม แต่เมื่อใดที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นหมายถึงประสิทธิภาพอาจมีการลดลงได้ ยกตัวอย่างเช่น ทดสอบประสิทธิภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงจากชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่ง ทดสอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งที่มาของเชื้อเพลิง และทดสอบเมื่อมีการสะสมกันของคราบที่บริเวณก้านควบคุมอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิง

- **พิจารณาเลือกเครื่องมือตรวจวัดแบบถาวรหรือแบบเคลื่อนย้ายได้**

ในการตัดสินใจว่าจะติดตั้งเครื่องมือวัดแบบถาวรหรือแบบเคลื่อนย้ายได้ ให้ตัดสินใจโดยอาศัยปัจจัยดังต่อไปนี้

1. จำนวนเงินลงทุน เครื่องมือวัดแบบเคลื่อนย้ายได้มีราคาไม่แพงมากนัก มีความง่ายในการบำรุงรักษาและการสอบเทียบ เราสามารถใช้เครื่องมือวัดดังกล่าวกับหม้อน้ำหลายๆ ตัว อาจเป็นการไม่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ถ้าจะมีการติดตั้งเครื่องมือวัดแบบถาวรในระบบหม้อน้ำขนาดเล็ก ในทางตรงกันข้าม การติดตั้งเครื่องมือวัดในระบบหม้อน้ำขนาดใหญ่อาจมีราคาสมเหตุสมผลเมื่อเปรียบเทียบกับราคาเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดได้

2. ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบหม้อน้ำ ยกตัวอย่างเช่น หม้อน้ำที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงโดยมีหัวเผาแบบความดันบรรยากาศ ซึ่งจ่ายไอน้ำไปยังอุปกรณ์เพียงหนึ่งตัวก็ไม่จำเป็นต้องการเครื่องมือวัดแบบ

ติดตั้งถาวร นอกเสียจากแค่มิเตอร์วัดก๊าซและเทอร์โมมิเตอร์วัดก๊าซไอเสีย หม้อน้ำชนิดดังกล่าวประสิทธิภาพจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาสั้นๆ และมีปัจจัยเพียงไม่กี่ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพ ในทางกลับกันระบบหม้อน้ำที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนและมีการจ่ายไอน้ำไปยังเครื่องมือที่ใช้ไอน้ำหลายตัวกลับต้องการเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูลแบบติดตั้งถาวร



รูปที่ 3.1.6-1 แสดงการใช้เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้แบบเคลื่อนย้ายได้

3. ความซับซ้อนของผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อน้ำ ในกรณีที่ไม่มีผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อน้ำ หรือถ้าผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อน้ำไม่มีทักษะเพียงพอในการใช้เครื่องมือวัดก็ไม่จำเป็นที่จะต้องติดตั้งเครื่องมือวัดแบบถาวร แต่ถ้ามีการว่าจ้างผู้ปฏิบัติงานในการทดสอบหม้อน้ำอย่างเป็นคาบๆ ผู้ปฏิบัติงานนั้นอาจจะมีการนำเครื่องมือวัดของตัวเองมาด้วยก็เป็นได้

4. การปรับปรุงประโยชน์ในการใช้งาน เครื่องมือวัดแบบติดตั้งถาวรโดยเฉลี่ยแล้วจะใช้ง่ายกว่า ยกตัวอย่างเช่น ไม่มีผู้ปฏิบัติงานคนใดชอบที่จะปีนบันไดขึ้นไปวัดก๊าซไอเสียของหม้อน้ำ เครื่องมือวัดแบบเคลื่อนย้ายได้ไม่สามารถบอกค่าอะไรได้ ตราบใดก็ตามที่ยังไม่ได้เอาเครื่องมือดังกล่าวไปดึงข้อมูลออกยังห้องทำงานของวิศวกร

5. ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือวัด หัววัดที่ต้องทำงานอยู่กับก๊าซร้อนเป็นระยะเวลานานๆ อาจต้องการการสอบเทียบอยู่อย่างสม่ำเสมอ เครื่องมือวัดที่เก็บรักษาในกล่องจะมีระยะเวลาในการใช้งานที่ค่อนข้างยาวนาน อย่างไรก็ดีเครื่องมือวัดแบบติดตั้งถาวรได้รับการออกแบบมาอย่างดีจะสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ได้อย่างง่ายได้ นอกจากนี้หัววัดอันทันสมัยยังได้รับการปรับปรุงให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น

- **พิจารณาชนิดของเครื่องมือวัดที่ควรพิจารณาติดตั้ง**

อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวัดประสิทธิภาพที่สำคัญที่ควรพิจารณาติดตั้งสำหรับการติดตั้งแบบถาวรในระบบหม้อน้ำมีดังต่อไปนี้

1. ตัววัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ในปัจจุบันเครื่องมือวัดประสิทธิภาพแบบติดตั้งถาวรนั้นจะเป็นแบบ อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถทำงานได้โดยอาศัยหลักการข้างต้น

2. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับปล่องไอเสีย เทอร์โมมิเตอร์สำหรับติดตั้งที่ปล่องไอเสียสามารถแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพมีการลดลงซึ่งทำให้ผู้ปฏิบัติงานที่มีตารางสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับการปรับค่าของหม้อน้ำได้ในทุกๆระดับของภาระการทำงาน เทอร์โมมิเตอร์ควรจะมีความละเอียด โดยทั่วไปแล้ว เทอร์โมมิเตอร์

ประเภทโลหะ 2 ชนิด จะมีราคาถูกแต่ข้อเสีย คือ จะมีความสมดุลต่ำซึ่งต้องการการตรวจสอบและการสอบเทียบเป็นระยะๆ ไป เทอร์โมมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ สมัยใหม่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะนี้ ทำให้มีความละเอียดในการวัดมากขึ้น

3. หัววัดความทึบของควัน หม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นของเหลวหนักหรือเชื้อเพลิงของแข็งมักจะต้องการตัวแสดงความทึบของควัน ความหนาแน่นของควันที่มากเกินไปเป็นตัวแสดงให้เห็นว่าเกิดปัญหาขึ้นเนื่องจากการเกิดตะกรันหรือเขม่าที่ผนังด้านไฟ นอกจากนี้ความหนาแน่นของควันยังมีความสัมพันธ์กับการปล่อยมลภาวะ ซึ่งอาจจะมากกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ตามมาตรฐาน

4. หัววัดมลภาวะ หัววัดแบบพิเศษสำหรับใช้วัด ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ออกไซด์ คลอรีน ปรอท และมลพิษอื่นๆ มีความจำเป็นเพื่อให้การทำงานของหม้อน้ำเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานในการปล่อยมลภาวะออกสู่สิ่งแวดล้อม

5. มาตรวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง เป็นมาตรวัดที่สำคัญสำหรับใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่ป้อนเข้าสู่หม้อน้ำ มาตรวัดอัตราการไหลควรติดตั้งแยกไปตามจำนวนของหม้อน้ำ เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับในการวัดประสิทธิภาพและการกระจายภาระให้เหมาะสมกับหม้อน้ำแต่ละตัว การวัดเชื้อเพลิงรวมของทั้งโรงงานจะให้ข้อมูลในด้านการใช้พลังงานโดยรวมของโรงงานทั้งหมด

6. มาตรวัดปริมาณเชื้อเพลิง เป็นมาตรวัดที่ใช้แสดงการบริโภคเชื้อเพลิงตลอดช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง มาตรวัดเชื้อเพลิงแบบกลไกสามารถวัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตามเราสามารถเลือกใช้มาตรวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงที่เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ได้ เช่นกัน

7. มาตรวัดไอน้ำ หรือ BTU มาตรวัดชนิดนี้มีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งในกรณีที่หม้อน้ำส่งถ่ายไอน้ำไปยังเครื่องมือเครื่องใช้หลายๆตัว ซึ่งมีการคำนวณปริมาณของพลังงานที่ใช้แยกออกจากกัน มาตรวัดไอน้ำหรือ BTU มีความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือที่จำกัด ไม่ควรใช้มาตรวัดดังกล่าวในการหาประสิทธิภาพโดยรวมของหม้อน้ำ อย่างไรก็ตามเราสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเผาไหม้ต่อประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณต่อมาตรวัดไอน้ำและBTU นี้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่แท้จริงคืออะไรก็ตามที่มีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่ได้ทำการวัดการสูญเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด

8. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิง อุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของหัวเผา

9. มาตรวัดความดันเชื้อเพลิงและก๊าซเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพหัวเผา

10. มาตรวัดความดันอากาศ การเฝ้าดูความดันอากาศเมื่ออากาศไหลเข้าสู่ตัวหม้อน้ำผ่านพัดลมแบบเป่า (Force draft fan) จะช่วยในการปรับตั้งค่าของพัดลม เราสามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากมาตรวัดนี้ในการลดอัตราการบริโภคพลังงานโดยการปรับเปลี่ยนหรือตั้งค่าพัดลมที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ ดังที่ได้กล่าวไว้ในมาตรการที่ 3.2.9

- **กำหนดหน่วยแสดงผลและบันทึกข้อมูล**

เครื่องบันทึกข้อมูลแบบกราฟจะแสดงแนวโน้มของค่าที่ทำการวัดได้อย่างมีคุณค่า ยกตัวอย่างเช่น กราฟเส้นของการวัดออกซิเจนที่อยู่ในก๊าซไอเสียจะเป็นตัวบ่งบอกว่าอุปกรณ์ควบคุมอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงทำงานได้ดีเพียงใด แม้ว่าปริมาณของออกซิเจนจะอยู่ในช่วงที่จำกัดแต่การวัดและบันทึกข้อมูลอาจแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมได้เริ่มทำงานอย่างเป็นปกติหรือไม่

ไม่ได้หมายความว่าเราจะต้องทำการติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูลแบบกราฟไว้ในทุกๆ ที่ของระบบหม้อน้ำ ให้ติดตั้งเครื่องมือวัดดังกล่าวเฉพาะในพื้นที่ที่ต้องการสังเกตแนวโน้มในระยะยาวหรือสังเกตความสมดุลของระบบเท่านั้น

อุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบหลายช่องมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดหลายๆ ค่า ยกตัวอย่างเช่น เป็นไปไม่ได้ที่จะทำการวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียเพียงอย่างเดียว เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงไปตามภาระแต่หากทำการใช้เครื่องบันทึกข้อมูลแบบสองช่องทำการวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียและอัตราการไหลของเชื้อเพลิงไปพร้อมๆ กัน จะทำให้สามารถวัดประสิทธิภาพได้

การพัฒนาล่าสุดที่เกี่ยวกับการบันทึกข้อมูล ก็คือ การบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอล เป็นวิธีที่มีความสะดวกมากกว่าวิธีที่ใช้เครื่องวัดแบบกราฟซึ่งทำการเขียนกราฟลงบนกระดาษโดยอาศัยหลักการ อุปกรณ์แบบดิจิตอลรุ่นใหม่นี้มีความสามารถในการเก็บข้อมูลและสามารถรายงานผลที่ทำการวัดค่าออกมาได้ เนื่องจากระบบบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลดังนั้น Output ที่ออกจากหัววัดจึงจะต้องถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นสัญญาณทางดิจิตอล เราสามารถบันทึกข้อมูลต่างๆ ได้อย่างไม่มีขีดจำกัดลงในสื่อบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลขนาดเล็ก เราสามารถทำการคำนวณอย่างไรก็ได้กับข้อมูลที่ได้รับการบันทึกมาและสามารถแสดงผลข้อมูลที่วัดออกมาในลักษณะที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ Software จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เราสามารถใช้ความสามารถของเครื่องมือวัดแบบดิจิตอลเหล่านี้ได้อย่างคุ้มค่า

ระลึกไว้เสมอว่าการเก็บข้อมูลในรูปแบบของดิจิตอลไม่ได้เป็นการปรับปรุงความถูกต้องแม่นยำ ความถูกต้องแม่นยำขึ้นอยู่กับหัววัดเป็นหลัก การบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลเป็นการเพิ่มขั้นตอนเพิ่มเติมในการเปลี่ยนสัญญาณที่ออกมาจากหัววัดให้กลายเป็นสัญญาณดิจิตอลซึ่งอาจทำให้การวัดมีการคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน การเก็บข้อมูลแบบดิจิตอลอาจทำให้มีความถูกต้องแม่นยำในการคิดคำนวณจากผลที่ได้จากการวัดมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น อัตราการไหลของไอน้ำรวมที่วัดได้จากมาตรวัดไอน้ำ เป็นต้น

- **พิจารณาการติดตั้งเครื่องมือวัดประสิทธิภาพร่วมกับระบบอื่น**

ให้ลองทำการตรวจสอบเพื่อทำการวางแผนการติดตั้งอุปกรณ์วัดประสิทธิภาพอย่างถาวร ปกติแล้วเรามีความต้องการที่จะติดตั้งเครื่องมือวัดเพื่อใช้สำหรับการปรับตั้งให้หม้อน้ำทำงานโดยมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งนับรวมระบบอื่นๆด้วย ยกตัวอย่างเช่น ระบบทำเย็น ระบบปรับอากาศ ระบบการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม และอุปกรณ์อื่นๆ ปกติแล้วมีความต้องการเครื่องมือวัดที่แตกต่างกันสำหรับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันแต่ควรมีการพิจารณาดูว่ามีหนทางใดที่จะช่วยทำให้ประหยัดเงินลงทุนที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งเครื่องมือวัด อย่างน้อยอุปกรณ์หรือเครื่องมือวัดแบบติดตั้งแบบถาวรทั้งหมดควรจะให้รูปแบบของข้อมูลเป็นแบบเดียวกันเพื่อให้มีความง่ายในการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ทางด้านการจัดการพลังงาน

- **ทำการสอบเทียบร่วมกับเครื่องมือวัดการวัดอื่นๆ ในระบบทั้งหมดที่มีอยู่**

เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับระบบหม้อน้ำต้องมีความถูกต้องแม่นยำเพื่อที่จะส่งผลให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เครื่องมือวัดต่างๆควรได้รับการสอบเทียบตั้งแต่การติดตั้งในครั้งแรก หรือควรได้รับการสอบเทียบอีกครั้งเป็นช่วงๆ หรือเป็นคาบเวลา การสอบเทียบอีกครั้งสำหรับเครื่องมือวัดต่างๆ ควรเกิดขึ้นอย่างบ่อยครั้งเพื่อให้เครื่องมือวัดดังกล่าวสามารถทำงานอยู่ในช่วงของความถูกต้องที่ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

เครื่องมือวัดชนิดต่างๆ ก็ต้องการขั้นตอนในการสอบเทียบที่แตกต่างกัน เครื่องมือวัดบางชนิดอาจสอบเทียบได้ยากกว่าเครื่องมือวัดชนิดอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น เราต้องการที่จะทดสอบหรือสอบเทียบหัววัดอุณหภูมิโดยเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่มีความเชื่อถือได้ หรืออาจทำการทดสอบหัววัดดังกล่าวกับน้ำเดือด

เครื่องมือวัดบางชนิดไม่สามารถสอบเทียบอีกครั้งได้ เช่น เครื่องมือวัดที่มีการผนึกอย่างแน่นหนา เทอร์โมมิเตอร์แบบที่มีของเหลวอยู่ภายใน การแก้ไขมีเพียงวิธีเดียวคือการเปลี่ยนใหม่ในกรณีที่เครื่องมือวัดดังกล่าวเกิดความไม่ถูกต้องขึ้น

เครื่องมือวัดบางชนิดไม่สามารถทำการทดสอบเพื่อหาค่าความถูกต้องได้ตั้งแต่ตอนเริ่มต้นติดตั้ง ยกตัวอย่างเช่น เป็นไปไม่ได้เลยที่จะทำการหาความถูกต้องของเครื่องมือวัดก่อนวัดการไหลโดยไม่มีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เครื่องมือวัดเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการสอบเทียบมาจากโรงงาน คำกล่าวนี้เป็นจริงสำหรับเครื่องมือวัดควบคุมบางชนิด ยกตัวอย่างเช่น Pitot tube เป็นต้น

พยายามพัฒนาตารางการสอบเทียบสำหรับอุปกรณ์ทุกชิ้นในโรงงาน รวมถึงเครื่องมือวัดในระบบทำความเย็น ระบบปรับอากาศ และอื่นๆ วิธีนี้จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการสอบเทียบอุปกรณ์ทั้งหมดด้วย

- **อบรมผู้ปฏิบัติงานให้มีความชำนาญ**

ในระบบหม้อน้ำหลายๆ แห่งมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดไว้อย่างสวยงามแต่ในบางโรงงานเราสามารถพบว่าอุปกรณ์วัดดังกล่าวไม่ได้ทำการสอบเทียบหรือไม่ได้รับความสนใจจากผู้ปฏิบัติงานหรือในบางครั้งผู้ปฏิบัติงานทำการอ่านค่าดังกล่าวทุกๆ ชั่วโมง แต่ไม่มีผู้เกี่ยวข้องคนใดคอยตรวจสอบกระดาษที่จดค่าเหล่านั้น

การวัดต่างๆจะเป็นสิ่งที่ไร้ประโยชน์หากผู้ปฏิบัติงานมีความสามารถไม่เพียงพอหรือคำสั่งในการปฏิบัติงานไม่เหมาะสม วิธีการแก้ไขจึงควรให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกฝนในการใช้เครื่องมือวัดเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพ การแก้ปัญหาอย่างง่ายที่สุดคือ จัดให้มีผู้แนะนำที่มีความชำนาญตลอดจนมีขั้นตอนในการฝึกฝนที่มีประสิทธิผลเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีความสามารถที่เพิ่มมากขึ้น

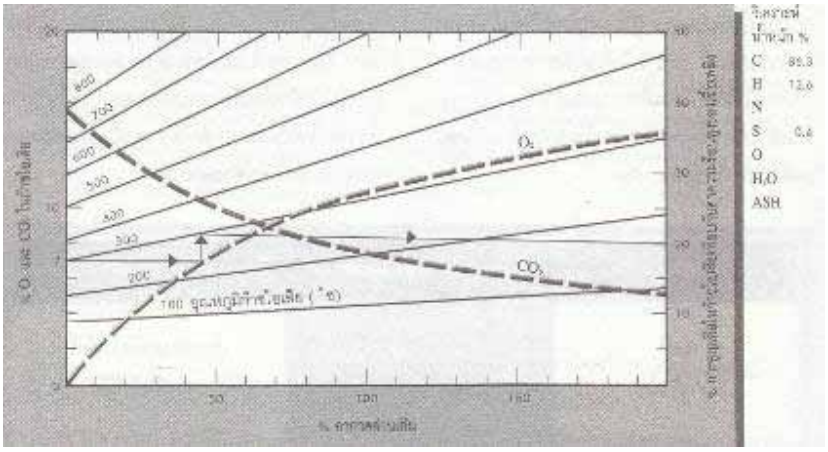
ในโรงงานขนาดใหญ่ผู้ปฏิบัติงานอาจได้รับการฝึกฝนเป็นพิเศษ ยกตัวอย่างเช่น อาจมีผู้ปฏิบัติงานเพียงคนเดียวที่ได้รับการฝึกฝนและได้รับอนุญาตให้สามารถปรับตั้งระบบควบคุมการเผาไหม้ได้ ในทางกลับกันผู้ปฏิบัติงานทุกคนควรที่จะทราบวิธีการใช้เครื่องมือวัดและลำดับในการทำงานของอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ดังได้กล่าวมาแล้วในมาตรการที่ 3.1.4

แม้ว่าหม้อน้ำจะไม่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์วัดที่ซับซ้อน แต่ผู้ปฏิบัติงานควรจะทราบวิธีการใช้หรืออ่านค่าอุปกรณ์ดังกล่าวอุปกรณ์วัดที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ สามารถใช้ได้โดยง่าย ดังได้อธิบายมาแล้วข้างต้น

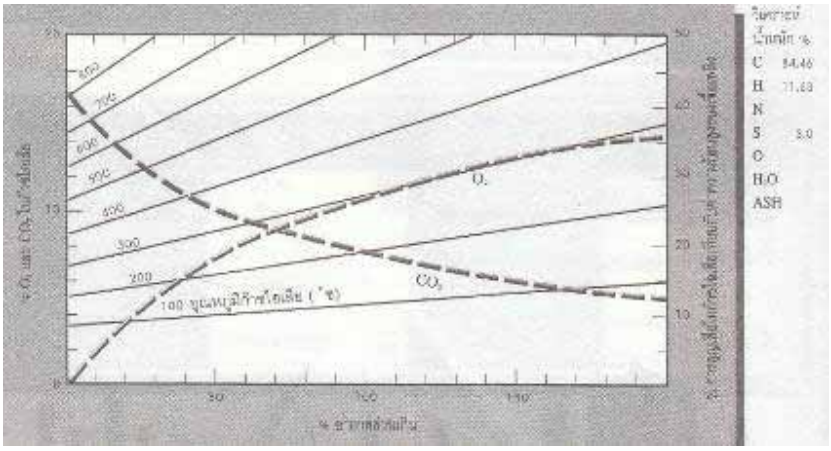
ควรมีการจัดฝึกอบรมให้แก่ผู้ปฏิบัติงานร่วมกับผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับระบบอื่น เช่น ระบบทำความเย็น ระบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการผลิต ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องภายในโรงงาน เป็นต้น

การวิเคราะห์ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

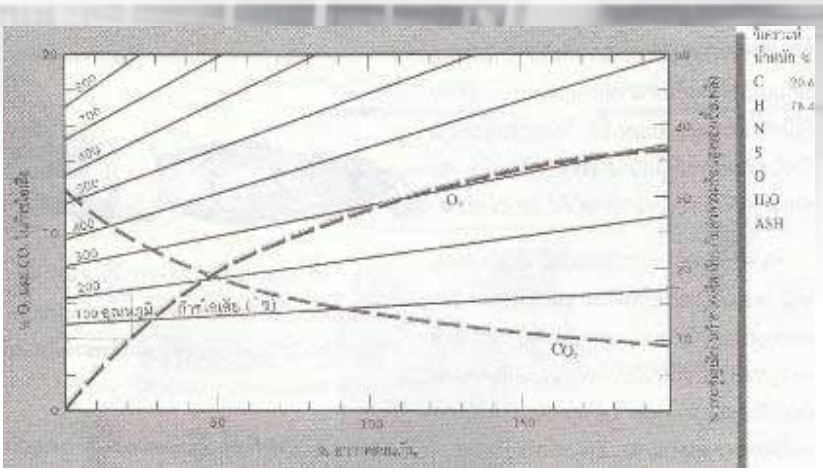
การปรับปริมาณอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ของหม้อน้ำให้เหมาะสม จะช่วยให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยค่าที่มีความสำคัญในการตรวจวัด คือ ปริมาณออกซิเจน หรือ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ในก๊าซไอเสีย **รูปที่ 3.1.6-2** ถึง **รูปที่ 3.1.6-6** แสดงการวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับก๊าซไอเสียของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ



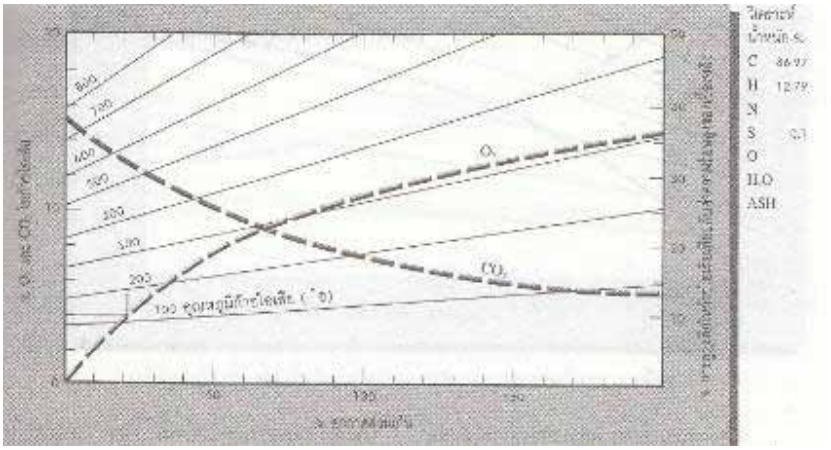
รูปที่ 3.1.6-2 กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (น้ำมันเตาเกรด A)



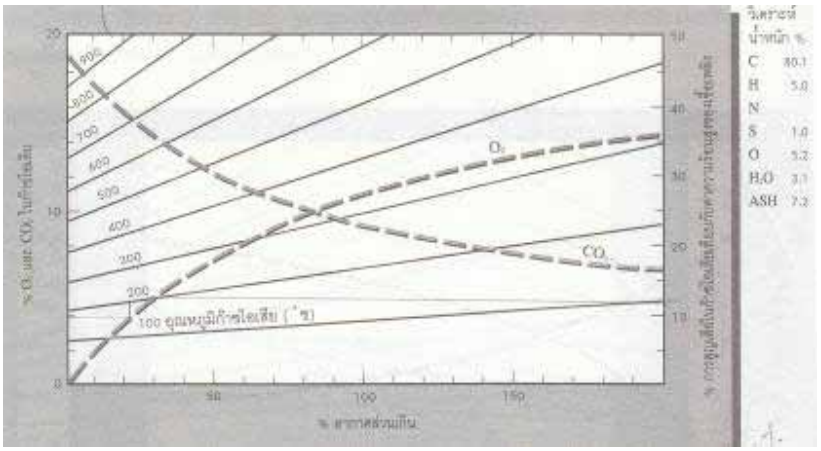
รูปที่ 3.1.6-3 กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (น้ำมันเตาเกรด C)



รูปที่ 3.1.6-4 กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (ก๊าซธรรมชาติ)



รูปที่ 3.1.6-5 กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (น้ำมันดีเซล)



รูปที่ 3.1.6-6 กราฟวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสีย (ถ่านหินบิทูมินัส)

ตัวอย่างการคำนวณ

หม้อน้ำตัวอย่างทำงาน 4,800 ชั่วโมงต่อปี มีการใช้น้ำมันเตาเกรด A (น้ำมันเตากำมะถันต่ำ) ปริมาณ 1,920,000 ลิตรต่อปี เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดัน 7.0 bar ในอัตรา 5 ton/h จากการตรวจวัดที่ปล่องไอเสียพบว่าปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียเท่ากับ 7% อุณหภูมิของก๊าซไอเสียเท่ากับ 300 °C จากกราฟในรูปที่ 3.10 พบว่าการสูญเสียในก๊าซไอเสียอยู่ที่ 20% ภายหลังการปรับจูนเพื่อลดปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียลงเหลือ 4% อุณหภูมิของก๊าซไอเสียลดลงเท่ากับ 250 °C และมีการสูญเสียในก๊าซไอเสียลดลงเป็น 17% ถ้าราคาน้ำมันเตาเกรด A เท่ากับ 17 บาทต่อลิตร จะสามารถหาผลประหยัดต่อปีได้ดังนี้

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%) = 100 — การสูญเสียในก๊าซไอเสีย (%)

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ก่อนการปรับปรุง (E_1) = 100 — 20 = 80%

ประสิทธิภาพการเผาไหม้หลังการปรับปรุง (E_2) = 100 — 17 = 83%

ผลประหยัดต่อปี = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี x (1 — E_1/E_2) x ราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วย

= 1,920,000 x [1- (80 / 83)] x 17.00

= 29,482 x $8.00

= 1,179,759 บาทต่อปี

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *โดยทั่วไปแล้ว 2-10% ของค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเชื้อเพลิง ผลประโยชน์ดังกล่าวเกิดขึ้นการกระทำที่ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การปรับแต่งอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง การปรับแต่งความหนืดของเชื้อเพลิง และอื่นๆ*

มูลค่าการลงทุน : *เราสามารถซื้ออุปกรณ์ตรวจสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้แบบเคมี ซึ่งสามารถวัดออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และควัน ในราคาที่ต่ำกว่า 17,000 บาท($500) เครื่องวัดคาร์บอนมอนออกไซด์ใช้หลักการทางเคมีมีราคาต่ำกว่า 10,000 บาท ($300) ส่วนเครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพดีเพียงพอมีราคาตั้งแต่ 35,000 บาท จนถึง 100,000 บาท ($1,000 - $3,000) ทั้งนี้ให้พิจารณาถึงมูลค่าการลงทุนต่อประสิทธิภาพของหม้อน้ำที่จะได้รับเพิ่มมาด้วย*

ระยะเวลาคืนทุน : *สั้นมาก หรือ 2-3 ปี ขึ้นอยู่กับปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ไปโดยหม้อน้ำ และแนวโน้มที่ประสิทธิภาพของหม้อน้ำจะลดลง*

กลเม็ดของมาตรการ

การฝึกฝนและการให้คำแนะนำ : *การทดสอบประสิทธิภาพไม่ได้ต้องการทักษะในระดับสูงแต่ต้องการการฝึกฝน และคำแนะนำที่เหมาะสม หากโรงงานต้องการให้ผู้ปฏิบัติการเป็นผู้ทำการตรวจวัดต้องมั่นใจได้ว่าพวกเขาเหล่านี้ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี*

การเลือกอุปกรณ์ : *อย่าเลือกอุปกรณ์โดยดูที่คุณภาพอุปกรณ์ทดสอบเพียงอย่างเดียว ในกรณีที่งบของโรงงานมีจำกัดให้เลือกอุปกรณ์ทดสอบแบบเคมี คุณภาพของอุปกรณ์ทดสอบแบบอิเล็กทรอนิกส์มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก ราคาที่สูงไม่จำเป็นที่จะบ่งชี้ถึงความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือวัดที่สูงตามไปด้วย เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์คุณภาพสูงนั้นใช้งานง่ายและลดโอกาสเกิดข้อผิดพลาดในการวัด*

การทำซ้ำ : *การทดสอบประสิทธิภาพนั้นอาจไม่ได้รับการกระทำถ้าหากเกิดความหลงลืม ดังนั้นจึงควรทำตารางการตรวจสอบไว้แบ่งเป็นคาบ ๆ เพื่อที่จะมั่นใจได้ว่ามีการตรวจสอบประสิทธิภาพเป็นระยะ ๆและควรจะมีการกำหนดขั้นตอนการตรวจสอบที่แน่นอนเพื่อให้ผลการตรวจสอบเป็นไปอย่างถูกต้อง*

กรณีศึกษา : มาตรการลดปริมาณ อากาศส่วนเกิน (Excess Air) ในการเผาไหม้

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ทางโรงงานมีการใช้งานหม้อไอน้ำ 1 ชุด แบบท่อไฟ ขนาดความดันไอน้ำใช้งาน 8-9 บาร์

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ พบว่าหม้อไอน้ำมีการสูญเสียความร้อนในไอเสีย เนื่องจากมีอากาศส่วนเกินในไอเสียในปริมาณที่สูงกว่าปกติ ($\%O_2$ ที่วัดได้เท่ากับ 8.9 และ 6.8% ที่ Low Fire และ Medium Fire ตามลำดับ) และอุณหภูมิไอเสียที่มีค่าสูงกว่าปกติซึ่งเกิดจากความสกปรกจากเขม่าที่สะสมภายในผิวท่อไฟ ดังแสดงในข้อมูลการตรวจวัดดังนี้





Before (@ 31/8/49)

Status	Medium Fire (Stage 2)	Low Fire (Stage 1)
Flue Gas Temp. (°C)	253.1	219.0
%O2	11.7	9.2
%CO2	6.8	8.9
ppm of CO	64	54
Air Ratio	2.26	1.78
Gross Efficiency	76.9%	81.0%
Combustion Loss	23.1%	19.0%
Surface Loss	2.0%	2.0%
Blowdown Loss	4.0%	4.0%
Other Loss	2.0%	2.0%
Boiller Efficiency	68.9%	73.0%

รูปที่ 3.1.6-7 หม้อไอน้ำและสภาวะการทำงาน (Low Fire)

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1. ปรับตั้งปริมาณอากาศส่วนเกินใหม่และทำความสะอาดผิวท่อไฟ โดยบริษัทผู้ให้บริการหม้อไอน้ำ
2. ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ, $\%O_2$ ในไอเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้หลังปรับตั้งค่าใหม่แล้ว
3. คำนวณผลการประหยัดพลังงานที่ได้รับ
4. ดำเนินการตรวจสอบเป็นประจำทุกครั้งที่มีการเข้าให้บริการจากบริษัทและปรับตั้งค่าให้อยู่ในระดับที่คงที่ตลอดเวลา เพื่อให้การประหยัดพลังงานเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

สภาพหลังปรับปรุง

After (@ 21/9/49)	Status	Medium Fire (Stage 2)	Low Fire (Stage 1)
	Flue Gas Temp. (°C)	244.7	209.4
	%O2	6.0	3.9
	%CO2	11.1	12.6
	ppm of CO	15	15
	Air Ratio	1.40	1.23
	Gross Efficiency	84.5%	87.1%
	Combustion Loss	15.5%	12.9%
	Surface Loss	2.0%	2.0%
	Blowdown Loss	4.0%	4.0%
	Other Loss	2.0%	2.0%
	Boiller Efficiency	76.5%	79.1%

รูปที่ 3.1.6-8 หม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง

ภายหลังการดำเนินการปรับปรุง ทำการตรวจสอบพบว่า

- ในช่วง Low Fire หม้อไอน้ำสามารถลด $\%O_2$ ลงได้เท่ากับ 3.9% และอุณหภูมิไอเสียลดลงจาก 219.0°C เหลือ 209.4°C โดยที่ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 73% เป็น 79.1%
- ในช่วง Medium Fire หม้อไอน้ำสามารถลด $\%O_2$ ลงได้เท่ากับ 6.0% และอุณหภูมิไอเสียลดลงจาก 253.1°C เหลือ 244.7°C โดยที่ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 68.9% เป็น 76.5% ดังแสดงในข้อมูลการตรวจวัดดังนี้

จากการดำเนินการทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 0.0237 ktoe/ปี และคิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 314,851 บาท/ปี โดยมีการลงทุน 28,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.09 ปี

มาตรการที่ 3.1.7
การปรับสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

การปรับแต่งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง หรือ Air-fuel ratio เป็นการปรับแต่งที่สำคัญสำหรับหม้อน้ำ ในบรรดาสิ่งที่สามารปรับตั้งค่าได้ การปรับอัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงจะส่งผลมากต่อประสิทธิภาพ นอกจากนี้การตั้งค่าอัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ไม่เหมาะสม ยังอาจก่อให้เกิดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาและปัญหาสิ่งแวดล้อม

การปรับตั้งอัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง สามารถทำได้โดยง่ายหากมีระบบควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ โดยให้ปฏิบัติตามวิธีการที่ได้อธิบายในมาตรการที่ 3.1.6 โดยให้ทำการวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ในขณะทำการตั้งค่าระบบควบคุมการเผาไหม้ เพื่อให้ได้มาซึ่งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด ระบบควบคุมอัตโนมัติมีความสามารถในการรักษาระดับสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงได้ในทุกช่วงภาระการทำงาน

การปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงไม่ใช้เรื่องยาก ในกรณีที่หัวเผาทำงานที่อัตราเดียวหรือมีอัตราที่คงที่โดยตลอด ในทางกลับกันการปรับตั้งหัวเผาแบบปรับค่าได้มีความยุ่งยากกว่ามาก

มาตรการนี้จะอธิบายในลักษณะพื้นฐานหากต้องการทราบวิธีการปรับตั้งหัวเผาแบบจำเพาะเจาะจงรุ่น ให้ศึกษาจากคู่มือการบำรุงรักษาของแต่ละหัวเผา

- **สัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด**

หม้อน้ำในอุดมคติที่สมบูรณ์ สามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์ โดยใช้อากาศในปริมาณที่เหมาะสมและไม่เหลือออกซิเจนปรากฏในก๊าซไอเสีย (ซึ่งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ทำให้ได้การเผาไหม้ในอุดมคตินี้เรียกว่า Stoichiometric mixture) แต่หม้อน้ำที่ใช้งานจริงต้องการปริมาณอากาศส่วนเกินที่มากกว่าอัตราส่วน Stoichiometric อากาศส่วนเกินมีประโยชน์คือ ให้เป็นการมั่นใจได้ว่าเชื้อเพลิงจะผสมกับออกซิเจนอย่างเพียงพอต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

ปริมาณอากาศส่วนเกินที่น้อยที่สุดที่จำเป็นต่อการเผาไหม้อย่างสะอาดหมดจด ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงและชนิดของหัวเผา ปริมาณอากาศส่วนเกินมากจำเป็นสำหรับเชื้อเพลิงหนักและสกปรก หัวเผาที่มีในหม้อน้ำขนาดเล็กต้องการปริมาณอากาศส่วนเกินที่มากกว่า หัวเผาประสิทธิภาพสูงรุ่นใหม่ๆ ต้องการปริมาณอากาศส่วนเกินที่น้อยลง นอกจากนี้ยังสามารถปรับเปลี่ยนปริมาณอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

การออกแบบห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำส่งผลกระทบต่อความต้องการปริมาณอากาศส่วนเกิน การออกแบบห้องเผาไหม้เป็นอีกหนึ่งหัวข้อที่ต้องพิจารณาถึงในกรณีที่มีแผนจะทำการเปลี่ยนหม้อน้ำใหม่

ทำการหาสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละหม้อน้ำโดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1.7-1 แสดงการปรับแต่งหัวเผาเพื่อให้สัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงเหมาะสม

- **การสูญเสียประสิทธิภาพจากสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ไม่เหมาะสม**

ประสิทธิภาพจะน้อยเมื่อมีอากาศมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณอากาศลดลงจากปริมาณที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด แต่จะลดลงน้อยกว่าในกรณีเพิ่มปริมาณอากาศมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอากาศที่ไม่เพียงพอและอากาศส่วนเกิน ต่างทำให้เกิดการสูญเสียเช่นเดียวกัน

ในกรณีที่อากาศไม่เพียงพอประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เชื้อเพลิงส่วนที่ไม่ได้รับเผาไหม้จะสูญเสียไปพร้อมกับก๊าซไอเสีย กลายเป็นพลังงานที่เปล่าประโยชน์

ในกรณีที่มีอากาศส่วนเกินเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์แต่ส่วนหนึ่งของพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ จะสูญเสียไปกับการทำความร้อนแก่ปริมาณอากาศที่เกินมา ซึ่งอากาศส่วนเกินนี้จะไหลผ่านหม้อน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนี้เมื่อก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ผสมกับอากาศส่วนเกิน จะส่งผลให้ก๊าซร้อนมีอุณหภูมิลดลง และส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนลดลงด้วย

ในกรณีที่ปริมาณอากาศส่วนเกินสูงมากๆ อากาศเย็นปริมาณมากนี้จะทำให้กระบวนการเผาไหม้มีอุณหภูมิลดลงส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวมีนัยสำคัญน้อยกว่าผลจากสาเหตุก่อนหน้านี้

- **ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดจากอากาศไม่เพียงพอ**

อากาศไม่เพียงพอ เป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานได้มากกว่าการมีอากาศส่วนเกินในร้อยละของผลต่างจากจุดที่เหมาะสมที่เท่ากัน อากาศไม่เพียงพอก่อให้เกิดปัญหาดังต่อไปนี้

1. มลภาวะทางอากาศ ผลผลิตสุดท้ายจากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ไฮโดรคาร์บอนใดๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ถ่านหิน ไม้ และอื่นๆ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ และส่วนประกอบอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อยที่ก่อตัวจากองค์ประกอบต่างๆ ในเชื้อเพลิง กระบวนการเผาไหม้นั้นซับซ้อนและประกอบไปด้วยสารผสมอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณี น้ำมัน และเชื้อเพลิงแข็ง การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดสารผสม Noxious ซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลภาวะ ในกรณีที่สารผสมเหล่านี้ไม่ถูกเผาไหม้จนหมด กรณีที่สัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงต่ำเกินไป วัฏจักรของการเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ก่อให้เกิดมลภาวะอย่างมาก

2. ตะกรันในฝั่งด้านไฟ เมื่ออากาศไม่เพียงพอผลผลิตบางส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะเกาะติดอยู่ที่ผนังถ่ายเทความร้อนในรูปของเขม่า เขม่าเป็นวัสดุพรุน ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ คาร์บอน ผสมกับผลผลิตอื่นๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งมีความเหนียว ตามธรรมชาติแล้ววัสดุพรุนนี้ทำหน้าที่เป็น ฉนวน ต้านการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ไปสู่น้ำในหม้อน้ำ ปริมาณเขม่าเพียงเล็กน้อยก่อให้ประสิทธิภาพลดลงเป็นอย่างมาก การสะสมของเขม่าจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณอากาศน้อยกว่าปริมาณที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

3. อันตรายจากการระเบิด เมื่อการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ส่วนประกอบของเชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการเผาไหม้จะทำให้ก๊าซไอเสียมีโอกาสเกิดการระเบิดได้ ถ้าก๊าซไอเสียมาถึงส่วนของหม้อน้ำที่ซึ่งสามารถผสมกับอากาศเพิ่มเติมได้ (ยกตัวอย่างเช่น เหนือบริเวณ Damper ของก๊าซไอเสียที่มีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ) ก๊าซร้อนนี้อาจจะเกิดการระเบิดได้ถ้าหากมีประกายไฟ

4. ความไม่สมดุลของเปลวไฟ ความสมดุลของเปลวไฟอาจก่อให้เกิดปัญหาได้ในกรณีที่มีปริมาณอากาศส่วนเกินน้อยเมื่อใช้หัวเผาแบบรุ่นเก่า การลดลงของปริมาณอากาศส่วนเกินจะทำให้เกิดการสั่นเป็นคาบของเปลวไฟ ปรากฏการดังกล่าวเป็นอันตรายถ้าเปลวไฟดับและมีการจุดขึ้นมาใหม่ปัญหาลักษณะเช่นนี้อาจเกิดขึ้นกับหัวเผาบางชนิด แม้ว่าปริมาณของอากาศจะเกินจากปริมาณที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ การที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ต้องมีการเปลี่ยนหัวเผาใหม่ที่ได้รับการออกแบบมาให้สามารถทำงานได้ในกรณีที่มีปริมาณอากาศส่วนเกินต่ำ ให้ดูรายละเอียดจากมาตรการที่ 3.1.9

อากาศที่ไม่เพียงพอ ทำให้เกิดกลุ่มควันที่มีความหนาแน่น ซึ่งกลุ่มควันเหล่านี้จะทำให้เกิดเขม่าที่ยากต่อการเอาออก ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำจึงควรระมัดระวังไม่ให้เกิดปรากฏการอากาศไม่เพียงพอ เนื่องจากอากาศไม่เพียงพอจะสร้างปัญหาอย่างใหญ่หลวงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการมีอากาศมากเกินไป

- **การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ที่เกิดจากปริมาณอากาศส่วนเกินสูงเกินไป**

เมื่อปริมาณอากาศส่วนเกินมีมากเกินไป อากาศส่วนเกินเหล่านี้จะทำให้ก๊าซมีอุณหภูมิที่ลดลงจนกระทั่งขัดขวางการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ปริมาณของอากาศส่วนเกินที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิงการออกแบบหัวเผา และสภาวะภายในห้องเผาไหม้ ปัญหาหลักเกิดขึ้นเนื่องจากการลดลงของประสิทธิภาพ เมื่อปริมาณอากาศส่วนเกินมีมากเกินไป นอกจากนี้ยังเกิดจากมลภาวะทางอากาศและการเกิดตะกรันที่ฝั่งด้านไฟ

สารผสมที่เกิดจากกรณีที่มีอากาศส่วนเกินจะแตกต่างจากสารผสมที่เกิดจากกรณีที่อากาศไม่เพียงพอ เราสามารถสังเกตได้โดยง่ายจากการดูควันที่เกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมในสภาวะที่มีอากาศไม่เพียงพอจะเกิดควันที่มีสีดำหนาแน่น ในขณะที่หากการเผาไหม้เกิดขึ้นที่สภาวะมีปริมาณอากาศส่วนเกินมาก ควันที่เกิดจะมีสีขาวหนาแน่น

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **ขั้นตอนโดยทั่วไปในการปรับแต่งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง**

การปรับสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงประกอบไปด้วย การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำและการปรับสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง จนกระทั่งสามารถหาสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดได้ มาตรการที่ 3.1.6 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือที่จำเป็นในการวัดอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง โดยสรุปแล้วขั้นตอนในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1. กำหนดสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงโดยใช้การทดสอบออกซิเจน
2. ทำการปรับแต่งอย่างละเอียดโดยใช้การทดสอบคาร์บอนมอนอกไซด์

เมื่อเราลดปริมาณอากาศส่วนเกินจนกระทั่งเข้าใกล้จุดที่ทำให้ได้รับประสิทธิภาพที่เหมาะสม คาร์บอนมอนอคไซด์ ที่อยู่ในก๊าซไอเสียจะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะเกิดขึ้นประมาณ 200 – 400 ส่วนต่อคาร์บอนมอนนอคไซด์ 1 ล้านส่วน ค่านี้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงโดยทั่วไป ให้ทำการตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง ให้เข้าใกล้จุดที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้

เราไม่สามารถตั้งระดับของคาร์บอนมอนอคไซด์ให้เหมาะสมได้ ในกรณีที่หม้อน้ำมีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในกรณีดังกล่าวนี้ปริมาณของคาร์บอนมอนอคไซด์ยังคงมีอยู่สูงใกล้กับจุดที่ได้รับสัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด ในความเป็นจริงสภาวะดังกล่าวนี้ เป็นตัวบ่งชี้ของปัญหาโดยทั่วไปสาเหตุของการเกิดคาร์บอนมอนอคไซด์ในปริมาณสูงคือ การเกิดตะกรันที่หัวเผา หรือรูปแบบของเปลวไฟที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้เปลวไฟสัมผัสกับผนังของห้องเผาไหม้

3. หากใช้เชื้อเพลิงแบบสกปรก ให้ทำการทดสอบควันเพิ่มอากาศเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อเป็นการลดเขม่าและควันให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทำการทดสอบควันในกรณีที่เชื้อเพลิงเมื่อเผาไหม้แล้วมีเขม่าหรือควันมากเกินไป แม้ว่าองค์ประกอบหรือความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอคไซด์จะน้อยก็ตาม เชื้อเพลิงสกปรกต้องการปริมาณอากาศส่วนเกินเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเผาไหม้วัสดุหรือองค์ประกอบที่สามารถเผาไหม้ได้ซึ่งฝังตัวอยู่ในรูปแบบของอนุภาคอนินทรีย์ ซึ่งเกิดขึ้นมาหลังจากตัวเชื้อเพลิงเองได้รับการเผาไหม้

4. ทำการทดสอบออกซิเจนอีกครั้ง และตรวจสอบกับการทดสอบคาร์บอนไดออกไซด์ การทดสอบออกซิเจนจะตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมมติฐานบางประการ (อธิบายแล้วในมาตรการที่ 3.1.6) ดังนั้นจึงเป็นการดีที่จะทำการตรวจสอบผลที่ได้จากการทดสอบออกซิเจนกับการทดสอบในรูปแบบอื่นๆ ถ้าหากการทดสอบคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบออกซิเจนแสดงว่าต้องมีบางสิ่งบางอย่างผิดปกติเกิดขึ้นในการทดสอบอย่างใดอย่างหนึ่ง หรืออาจมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับหม้อน้ำ หากพบว่าไม่สามารถทำการลดอากาศส่วนเกินได้โดยปราศจากการเกิดควันหรือคาร์บอนมอนอคไซด์ที่มากเกินไป แสดงว่าปัญหานี้อาจเกิดขึ้นจากตัวหม้อน้ำเอง วิธีการแก้ไขคือ อาจต้องทำการล้างหรือทำความสะอาดหัวเผาหรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ ก๊าซไอเสีย หรือระบบส่งถ่ายอากาศ

ขั้นตอนสำหรับการปรับอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นเป็นหัวเผา หรือระบบควบคุมอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงจะแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่นแต่ละแบบ คู่มือที่น่าเชื่อถือที่สุด ก็คือคู่มือที่มาจากผู้ผลิตหัวเผาในแต่ละยี่ห้อ ฉะนั้นจึงควรศึกษาและทำความเข้าใจเป็นอย่างดี

- **พิจารณาให้มีปริมาณอากาศส่วนเกินเล็กน้อยเพื่อป้องกันความผิดพลาดเมื่อสภาวะรอบข้างมีการเปลี่ยนแปลง**

เราสามารถปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงได้อย่างละเอียดโดยใช้วิธีการที่ได้อธิบายไปก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตามสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หลังจากมีการปรับค่าแล้วเนื่องจาก

1. สภาพบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลง
2. การสอบเทียบที่ไม่สมบูรณ์ของลิ้นเร่งภายในหัวเผาในตลอดช่วงของภาระการทำงาน
3. การสึกหรอของก้านกลไก
4. ความเสียดทานในตัวกระตุ้นที่ใช้ลม
5. การเกิดตะกรันที่หัววัดของระบบควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ
6. การเกิดตะกรันที่หัวเผา
7. ความแตกต่างขององค์ประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละครั้งที่ซื้อ
8. การเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงหรือก๊าซธรรมชาติ
9. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิง

ในกรณีที่ใช้ระบบควบคุมอากาศต่อเชื้อเพลิงเป็นแบบกลไก ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้อาจทำให้ต้องมีการเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกินมากขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากอากาศไม่เพียงพอ ในกรณีที่โรงงานมีการบำรุงรักษาระบบทุกอย่างที่เกี่ยวข้องอย่างสมบูรณ์ ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกินมากกว่า 2 – 3% แต่ในกรณีที่ใช้ระบบควบคุมอย่างง่ายไม่ซับซ้อนและในกรณีที่โรงงานไม่ได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิด เราอาจต้องมีการเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกินมากขึ้นไปอีก แต่ทั้งนี้ต้องไม่มากจนเกินไป

แม้ว่าจะใช้ระบบควบคุมสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงแบบอัตโนมัติแล้วก็ตาม ก็ควรทำการเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกินไว้เล็กน้อยปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้ขึ้นอยู่กับ ความถูกต้องแม่นยำของระบบควบคุม เราสามารถหาปริมาณของอากาศส่วนเกินที่เหมาะสมได้จากการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ทั่วๆ ไป และจากการเฝ้าดูแนวโน้มของการเกิดตะกรันที่ฝั่งด้านไฟ

- **ปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงแบบกลไก**

หากไม่มีระบบควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติเราต้องทำการตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงโดยใช้การปรับตั้งแบบกลไก โดยทำการปรับตั้งที่หัวเผาหรือที่กลไกก้านต่อเชื่อมโยงที่ใช้ในการควบคุม สิ่งที่จำเป็นต้องใช้คือคู่มือในการบำรุงรักษาที่ผลิตโดยบริษัทผู้ผลิตหัวเผา หรือเอกสารเกี่ยวกับการบำรุงรักษาหัวเผาที่ทันสมัยที่สุดที่แสดงวิธีปฏิบัติโดยละเอียด อาจจะมีการปรับตั้งที่ค่อนข้างสำคัญที่ดูภายนอกแล้วอาจจะไม่สำคัญ ถ้าหากไม่แน่ใจว่าเรามีข้อมูลต่างๆ ครบถ้วนตามที่ต้องการให้ติดต่อบริษัทผู้ผลิตทันที

เราอาจต้องใช้เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ในการปรับตั้งครั้งนี้เพื่อใช้ในการอ่านค่าแบบต่อเนื่องหรือแบบทันทีทันใด (ให้ดูมาตรการที่ 3.1.6 สำหรับข้อเสนอแนะในการเลือกอุปกรณ์วัด)

ในการนี้ควรจะมีผู้ปฏิบัติงานสองคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าการปรับตั้งหัวเผาต้องกระทำในจุดที่อยู่ห่างจากบริเวณตรวจตัวอย่างก๊าซไอเสียสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ ผู้ปฏิบัติงานคนแรก

ให้อยู่บริเวณปล่องไอเสียของหม้อน้ำโดยมีเครื่องมือทดสอบและทำการอ่านค่าที่วัดได้ ในขณะที่ผู้ปฏิบัติงานอีกคนทำงานปรับตั้งหัวเผา

พยายามรักษาให้ภาระของหม้อน้ำเป็นแบบคงตัวมากที่สุดที่จะเป็นได้ในขณะที่ปรับตั้ง ถ้าหัวเผาทำงานในอัตราการเผาไหม้ที่แตกต่างกันเราอาจจะต้องทำการตั้งสัดส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงในทุกๆ อัตราการเผาไหม้ในเวลาที่แตกต่างกัน โดยสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของภาระ ในกรณีที่ภาระของหม้อน้ำน้อยในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปได้ยากที่จะทำการตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงสำหรับในกรณีที่อัตราการเผาไหม้สูง พยายามหลีกเลี่ยงการสร้างภาระโดยการอุ่นหม้อน้ำจากสภาวะที่ไม่ได้ใช้งานเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากจะทำให้เกิดความผิดพลาดของประสิทธิภาพที่อ่านค่าได้และการปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง

- **หัวเผาก๊าซที่ความดันบรรยากาศ**

หัวเผาก๊าซที่ความดันบรรยากาศ ส่วนใหญ่แล้วจะมีแหล่งที่มาของอากาศอยู่ 2 แหล่ง นั้นคือ อากาศปฐมภูมิ และอากาศทุติยภูมิ อากาศปฐมภูมิ เข้ามาทาง Venturi และผสมกับเชื้อเพลิงภายใน Venturi ส่วนอากาศทุติยภูมิ เข้ามาโดยรอบของหัวเผาด้านนอก และผสมกับเปลวไฟที่หัวเผา

หม้อน้ำแบบสำเร็จรูปที่มีหัวเผาติดตั้งเป็นชิ้นส่วนเดียวกันกับหม้อน้ำ โดยทั่วไปแล้วจะไม่สามารถปรับตั้งอากาศทุติยภูมิได้ ในหม้อน้ำดังกล่าวการปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง ต้องมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของประตูเปิด – ปิด ที่ทำการควบคุมการไหลของอากาศปฐมภูมิ

ในทางตรงกันข้ามหัวเผาโดยทั่วไปได้การออกแบบมาเป็นอย่างดี จะสามารถทำการปรับตั้งอากาศทุติยภูมิได้อย่างอิสระ และการปรับตั้งอากาศทุติยภูมิที่เหมาะสมจะเป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องกระทำหลังจากการติดตั้งหัวเผา ให้ดูมาตรการที่ 3.1.9 เพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวเผา แบบความดันบรรยากาศ

อาจพบได้ว่าการปรับตั้งอากาศปฐมภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพของหม้อน้ำหรือความต้องการปริมาณอากาศส่วนเกินน้อยมาก แต่การปรับตั้งอากาศปฐมภูมิส่งผลอย่างใหญ่หลวงต่อความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอคไซด์ที่อยู่ในก๊าซไอเสีย ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบคาร์บอนมอนอคไซด์ในขณะทำการปรับตั้งหัวเผาแบบความดันบรรยากาศ

- **หัวเผาแบบปรับค่าได้**

หัวเผาแบบปรับค่าได้ที่มีการควบคุมสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงแบบกลไก โดยทั่วไปแล้วจะมีมอเตอร์ควบคุมอีกตัวที่สามารถเคลื่อนที่โดยตอบสนองต่อความดัน หรืออุณหภูมิของผลผลิตที่เกิดจากหม้อน้ำ มอเตอร์ที่ใช้ควบคุมนี้จะมีก้านเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุมอากาศซึ่งโดยทั่วไปแล้วก็คือ Damper นอกจากนี้มอเตอร์จะมีก้านต่อไปยังชุดควบคุมเชื้อเพลิง ซึ่งก็คือ วาล์ว ชนิดหนึ่ง ในกรณีที่หัวเผาสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้มากกว่าหนึ่งชนิด ในระบบก็จะมีก้านเชื่อมโยงแยกออกไปในกรณีของแต่ละชนิดเชื้อเพลิง

ก้านสำหรับควบคุมอาจเป็นแบบไม่เชิงเส้น ซึ่งหมายความว่าการเคลื่อนที่ในระยะที่คงที่ของก้านควบคุมอากาศไม่ได้ส่งผลให้มีการเคลื่อนไหวของก้านควบคุมเชื้อเพลิงที่เท่ากัน เพื่อเป็นการชดเชยลักษณะดังกล่าวนี้ ก้านที่ใช้ควบคุมเชื้อเพลิงมักจะมีลูกเบี้ยวที่สามารถปรับค่าได้ ซึ่งทำให้อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเป็นสัดส่วนต่ออัตราการไหลของอากาศ

หม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบปรับค่าได้แบบกลไกนั้น โดยทั่วไปแล้วจะเชื่อมโยงระบบควบคุมอากาศและเชื้อเพลิงและเพลาที่เรียกว่า Jackshaft โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับ Jackshaft ดังกล่าว โดยทั่วไปแล้ว Jackshaft จะมีแขนซึ่งทำหน้าที่ขับก้านที่ต่อไปยัง Damper อากาศ และมีลูกเบี้ยวจำนวนหนึ่งหรือมากกว่ามีหน้าที่ในการกดวาล์วของระบบเชื้อเพลิง

ก้านที่ใช้ในการปรับสัดส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงโดยทั่วไปแล้ว จะปรับตั้งค่ามาจากโรงงานเพื่อเป็นการง่ายในการปรับตั้งหลังจากการนำไปติดตั้งที่หม้อน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ลูกเบี้ยวสำหรับการปรับเชื้อเพลิงที่สามารถปรับตั้งค่าได้ จะมีรูปร่างที่ประกอบไปด้วย สกรู ที่ปรับค่าได้จำนวนมาก ก็เพื่อเอาไว้ใช้ในการปรับค่าสัดส่วนการผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่หน้างาน ได้โดยง่าย

ขั้นตอนดังกล่าวนี้ประกอบไปด้วยการรักษาอัตราการเผาไหม้ของหัวเผาให้อยู่ในสภาวะคงตัวทำการวัดประสิทธิภาพ ทำการปรับตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็นที่มีผลต่อสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง ทำซ้ำขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งหาจุดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดได้หลังจากนั้นให้ทำกระบวนการดังกล่าวซ้ำสำหรับระดับภาระงานที่เพิ่มขึ้นอีกระดับ จำนวนครั้งของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับการออกแบบชิ้นส่วนกลไกที่ใช้สำหรับการควบคุมอากาศและเชื้อเพลิง กรณีที่ใช้ลูกเบี้ยวที่ปรับค่าได้ เราสามารถเปลี่ยนภาระของหม้อน้ำครั้งละน้อยๆ ซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับสกรูแต่ละตัว ในกรณีของระบบควบคุมที่ใช้ก้านแบบทั่วไป ให้ทำการปรับตั้งในช่วงของการเพิ่มขึ้นของภาระการทำงานที่น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อทำให้หม้อน้ำทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆ ระดับภาระการทำงาน

อาจเป็นการยากที่จะรักษาให้ผลผลิตหรือ Output ของหม้อน้ำอยู่ในสภาวะคงตัวในแต่ละเปอร์เซ็นต์ของภาระงานในขณะที่ทำการปรับตั้ง ถ้าในโรงงานมีหม้อน้ำมากกว่า 1 ตัวขึ้นไป เราสามารถเคลื่อนย้ายภาระระหว่างหม้อน้ำทั้งหลายเหล่านั้นโดยการเปลี่ยนการปรับตั้งความดันหรืออุณหภูมิของหม้อน้ำทั้งหลายอาจต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานถึง 3 คนในกรณีนี้ คนแรก ปรับตั้งภาระของหม้อน้ำ คนที่ 2 ทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้และอ่านค่าที่วัดได้ ส่วนคนที่ 3 ทำการปรับตั้งระบบควบคุมสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง

หลังจากที่ได้ทำตามขั้นตอนเหล่านี้แล้วเราจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับข้อดีของระบบปรับตั้งที่ใช้ในการเผาไหม้ ซึ่งใช้ในการปรับตั้งอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงได้อย่างอัตโนมัติและอย่างต่อเนื่อง ให้ดูมาตรการที่ 3.2.8

- **ควรทำการปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงบ่อยครั้งเพียงใด**

โดยทั่วไปแล้วควรทำการตรวจสอบสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงอย่างเป็นคาบๆ ในกรณีที่ใช้ระบบควบคุมสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงแบบกลไก อัตราส่วนจะมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสาเหตุหรือปัจจัยหลายๆ ประการที่ได้อภิปรายไปแล้วก่อนหน้านี้ เราจะทำการเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกินเพียงเล็กน้อย ในกรณีที่โรงงานมีการทดสอบและมีการปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงอย่างบ่อยครั้งอยู่แล้ว

ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปรับตั้งค่าแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับชนิดของหม้อน้ำและชนิดของเชื้อเพลิง ในกรณีของหม้อน้ำอย่างง่ายที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติและมีหัวเผาแบบความดันบรรยากาศประสิทธิภาพอาจจะคงที่อยู่ได้หลายปีโดยปราศจากการปรับตั้ง หรืออาจมีการดูแลรักษาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ในทางกลับกันหม้อน้ำขนาดใหญ่ที่สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิดอาจจะมีการเลื่อนหรือมีการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงในระยะเพียงแค่ไม่กี่วันหรือ ไม่กี่สัปดาห์เท่านั้น

- **ให้ปรับตั้งระบบดูดก๊าซไอเสียเป็นอันดับแรก**

ให้ทำการปรับตั้งระบบดูดก๊าซไอเสียก่อนที่จะทำการปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง หลักการของระบบดูดไอเสียและวิธีการในการปรับตั้งอธิบายในมาตรการที่ 3.1.12

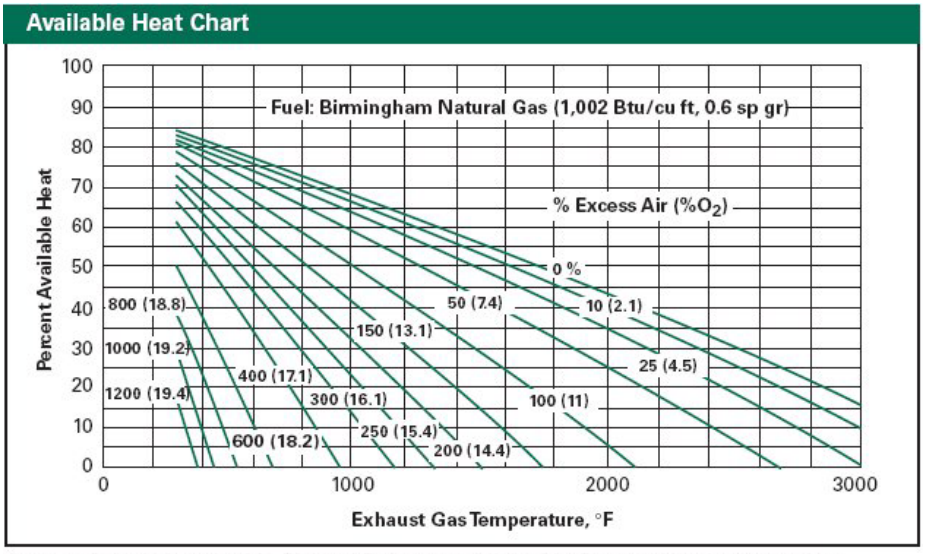
การวิเคราะห์ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การปรับตั้งสัดส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม สามารถช่วยประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ได้ ซึ่งสามารถประเมินได้แบบง่ายๆ โดยอาศัยแผนผัง Available Heat Chart (ตามประเภทของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด) และจะต้องทราบค่าตัวแปรต่างๆเหล่านี้ ได้แก่:

- ค่าอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่ปล่องออกทางปล่อง
- ค่าอัตราส่วนอากาศส่วนเกิน หรือ ค่าสัดส่วนปริมาณอ็อกซิเจนในก๊าซไอเสีย ณ สภาวะที่ใช้งานจริง
- ค่าอัตราส่วนอากาศส่วนเกิน หรือ ค่าสัดส่วนปริมาณอ็อกซิเจนในก๊าซไอเสีย ณ สภาวะที่เหมาะสม

จาก**รูปที่ 3.1.7-2** เป็นแผนผังแสดงค่าความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Heat) ภายใต้สภาวะการทำงานเดิม และสภาวะเหมาะสมที่ต้องการ โดยสามารถอ่านค่าได้จากค่าอุณหภูมิก๊าซไอเสีย ลากขึ้นไปตัดกับเส้นกราฟอัตราส่วนอากาศส่วนเกิน (% Excess Air) หรือปริมาณอ็อกซิเจนในก๊าซไอเสีย ($\%O_2$) แล้วลากเส้นตรงมาทางแกนด้านซ้ายของแผนผัง ก็จะได้ค่าอัตราส่วนความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้ (%AH) ออกมา และสามารถคำนวณหาศักยภาพการประหยัดเชื้อเพลิงได้จากสูตร

% Fuel Saving = 100 x [(%AH Desired - %AH Actual) / %AH Desired]



Source: Calculations by Mr. Richard Bennett, published in *Process Heating* magazine, September 1997.

รูปที่ 3.1.7-2 แผนผังแสดงค่าความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Heat)

ตัวอย่างการคำนวณ

หม้อน้ำของโรงงานแห่งหนึ่ง ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (NG) จากการตรวจวัด พบว่า มีค่าอุณหภูมิก๊าซไอเสียอยู่ที่ 315 °C โดยที่ค่าอัตราส่วนอากาศส่วนเกินที่เหมาะสมเท่ากับ 10% (2.1 $\%O_2$ ในก๊าซไอเสีย) แต่จากการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนอากาศส่วนเกิน ณ สภาวะที่ทำงานจริงปัจจุบัน เท่ากับ 50% (7.4 $\%O_2$ ในก๊าซไอเสีย)

จากแผนผัง Available Heat Chart ข้างต้น สามารถอ่านค่าความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้ ณ สภาวะจริง (%AH Actual) เท่ากับ 72% และค่าความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้ ณ สภาวะที่เหมาะสม (%AH Desired) เท่ากับ 76% ดังนั้น สามารถหาศักยภาพการประหยัดเชื้อเพลิงได้ ดังนี้

ผลการประหยัดเชื้อเพลิง = 100 x [(76 − 72) / 76]

= 5.3 %

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *1 – 10% ของค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเชื้อเพลิง*

มูลค่าการลงทุน : *ราคาของอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพกล่าวไว้ในมาตรการที่ 3.1.6 จำนวนของผู้ปฏิบัติงานที่ต้องใช้ในการปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงน้อยกว่า 1 ชั่วโมงทำงาน หรือ 1 Man-hour สำหรับหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบขั้นตอนเดียว และใช้แรงงานประมาณ 1 Man-day สำหรับหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบปรับค่าได้ หรือ ในกรณีที่หม้อน้ำไม่สามารถรักษาภาระการทำงานให้คงที่ได้โดยง่าย*

ระยะเวลาคืนทุน : *ทันทีทันใดจนถึง 1 ปี*

กลเม็ดของมาตรการ

ทักษะ : *การปรับตั้งสัดส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงนั้นต้องการทักษะ 2 ประการด้วยกัน คือ การทดสอบประสิทธิภาพ และการปรับตั้งระบบควบคุมอากาศต่อเชื้อเพลิงของหม้อน้ำให้ดูมาตรการที่ 3.1.6 สำหรับรายละเอียด ทั้งนี้ต้องมั่นใจได้ว่าผู้ปฏิบัติงานที่ทำการปรับตั้งหม้อน้ำมีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนในการปรับตั้งอย่างถูกต้อง*

อุปกรณ์ทดสอบ : *การเลือกใช้อุปกรณ์ทดสอบที่ถูกต้องทำให้การทำงานง่ายขึ้นให้ดูมาตรการที่ 3.1.6 สำหรับการเลือกอุปกรณ์ทดสอบ*

สภาวะของหม้อน้ำ : *เราไม่สามารถปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงได้อย่างเหมาะสมในกรณีที่ระบบควบคุมหม้อน้ำชำรุดหรือเสียหาย ให้ดูมาตรการที่ 3.1.8 เกี่ยวกับการบำรุงรักษา*

ตารางการทำงาน : *ให้ทำขั้นตอนต่าง ๆ ซ้ำอย่างเป็นระยะ ๆ ทั้งนี้ต้องมั่นใจว่าเราได้มีการสร้างตารางวิธีการทำงานที่มีประสิทธิผลไว้แล้ว*

กรณีศึกษา : มาตรการการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงของหม้อน้ำมันร้อนให้เหมาะสม

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้งานหม้อน้ำมันร้อน 2 ลูก คือ A และ B เพื่อผลิตน้ำมันร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 280 ^{o}C โดยหน้าที่หลักคือการให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิแก่ถังผสมในกระบวนการผลิต

หม้อน้ำมันร้อน A มีกำลังการผลิตเท่ากับ 750,000 kcal/h ใช้ RV เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตน้ำมันร้อน ส่วนหม้อน้ำมันร้อย B มีกำลังการผลิตติดตั้งเท่ากับ 1,500,000 kcal/h โดยใช้ RV เป็นเชื้อเพลิงหลักและใช้น้ำมันเตาเกรด A เป็นเชื้อเพลิงสำรองในกรณีเชื้อเพลิงหลักไม่พอเพียง ซึ่งจากสถิติการใช้พลังงานพบว่า มีการใช้เชื้อเพลิง RV ปริมาณ 456.21 ton/ปี และน้ำมันเตา A 4,060,281 ลิตร/ปี หรือคิดเป็นพลังงานความร้อนรวม 28,068,269 MJ/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนการปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้พลังงาน พบว่า โรงงานมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและปริมาณอากาศในการเผาไหม้ของหม้อน้ำมันร้อนทั้ง 2 โดยควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ขับปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและปรับองศาของ Damper เพื่อต้องการรักษาอุณหภูมิของหม้อน้ำมันตามต้องการ โดยจากการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้พบว่ามีปริมาณอากาศส่วนเกินค่อนข้างสูง



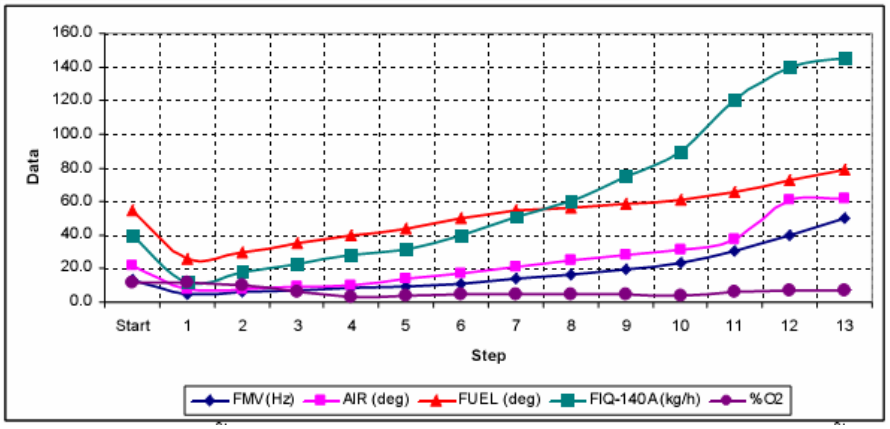
รูปที่ 3.1.7-3 หม้อน้ำมันร้อน A

แนวคิดและขั้นตอนดำเนินการ

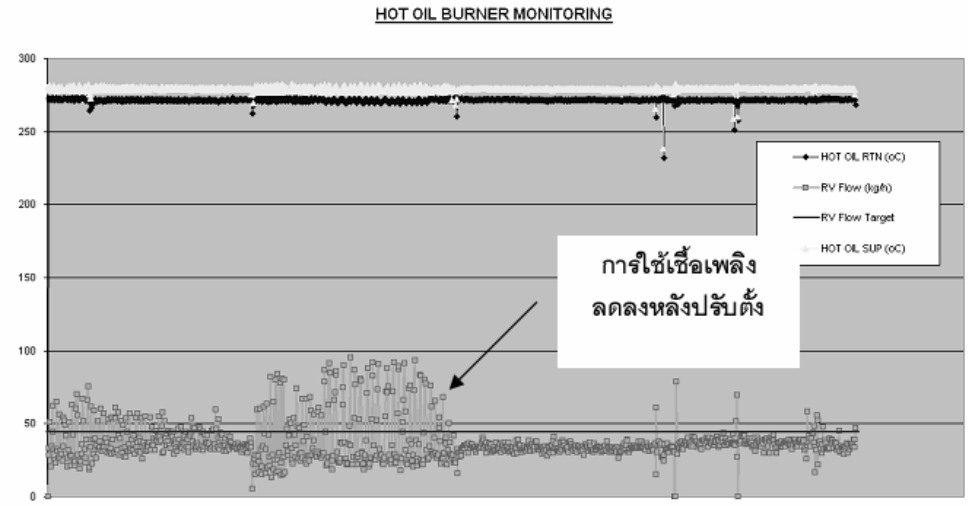
1. บันทึกสถิติการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงของหม้อน้ำมันร้อนจาก Fuel Flow Meter
2. ตรวจสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยวัดปริมาณสัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงและปริมาณ O_2 ของก๊าซไอเสีย
3. ทำการปรับตั้งความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ขับน้ำมันเชื้อเพลิง กับองศาของ Damper เพื่อควบคุมปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้
4. ตรวจสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้
5. วิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้
6. ติดตามผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการ และบันทึกสถิติการใช้ปริมาณเชื้อเพลิง
7. จัดทำเอกสารวิธีการปฏิบัติงานเพื่อความยั่งยืนของมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

สภาพหลังปรับปรุง

สามารถปรับปริมาณสัดส่วนอากาศเชื้อเพลิง หม้อน้ำมันร้อน A โดยจากการตรวจวัดพบว่ามีค่าปริมาณ O_2 ที่ออกจากปล่องก๊าซไอเสียลดลงจาก 11.2% อยู่ในระดับ 5%



รูปที่ 3.1.7-4 แสดงผลการปรับตั้ง Hot Oil Burner โดยมีการวัดค่าเปรียบเทียบผล 13 ครั้ง



รูปที่ 3.1.7-5 กราฟแสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหลังการปรับตั้ง

จากการดำเนินการทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 0.0251 ktoe/ปี และคิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 507,459.78 บาท/ปี โดยมีการลงทุน 8,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.02 ปี

มาตรการที่ 3.1.8
การทำความสะอาดปรับตั้งและซ่อมแซมส่วนประกอบของหัวเผา ในช่วงเวลาที่เหมาะสม

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การขาดการดูแลตามระยะเวลาที่เหมาะสมเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้หัวเผามีประสิทธิภาพลดน้อยลง เป็นที่โชคดีว่าหัวเผาเป็นอุปกรณ์ที่มีง่าย ดังนั้นการดูแลตามระยะเวลาที่เหมาะสมจึงสามารถทำได้ง่าย เพียงแค่ต้องมั่นใจได้ว่าได้ทำการดูแลรักษาตามกำหนดจริง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **ขั้นตอนการดูแลรักษา**

ให้ปฏิบัติตามวิธีการที่แนะนำโดยผู้ผลิตหัวเผา โดยปกติแล้วข้อแนะนำที่มาพร้อมกับหัวเผาจะประกอบไปด้วย Diagram ของหัวเผา ที่แสดงอุปกรณ์หรืองค์ประกอบทั้งหมด

หากไม่สามารถค้นหาคำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับการรักษาได้อย่างเพียง (อาจเป็นเพราะบริษัทผู้ผลิตเลิกกิจการไปแล้ว) ถ้าหากคำแนะนำมีไม่เพียงพอ ให้พิจารณาดังต่อไปนี้

1. พยายามรักษาให้ช่องผ่านของเชื้อเพลิงสะอาด หัวเผาที่ใช้เชื้อเพลิงแบบก๊าซหรือของเหลวทุกแบบนั้นจะมีการเตรียมเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ โดยการพ่นผ่าน Orifice ที่มีขนาดเล็ก หรือกลุ่มของ Orifice ที่มีขนาดเล็ก ในหัวเผาหลายๆ แบบเชื้อเพลิงจะมีการเคลื่อนที่แบบหมุนวนเพื่อให้เกิดช่องว่าง และเกิดการกระจายตัวที่ดีของเชื้อเพลิง การไหลวนของน้ำมันเชื้อเพลิงก่อให้เกิดช่องว่างเล็กๆ เพื่อใช้ในการควบคุมการไหลกลับของน้ำมันไปสู่ปั๊มเชื้อเพลิง หัวเผาสำหรับเชื้อเพลิงเบามีแนวโน้มที่จะสะอาดมากกว่า เนื่องจากคุณสมบัติของสารละลายที่อยู่ในน้ำมัน แต่สำหรับชิ้นส่วนที่สัมผัสกับอุณหภูมิสูงอาจจะเกิดการอุดตันได้ นอกจากนี้อนุภาคเล็กๆ ที่อยู่ในน้ำมันอาจทำให้หัวเผาเกิดการตันได้ ในกรณีของเชื้อเพลิงหนักอาจมีสิ่งตกค้าง ทำให้ช่องผ่านที่มีขนาดเล็กเกิดการอุดตันได้ ดังนั้นหัวเผาที่ใช้สำหรับเชื้อเพลิงหนัก จึงควรมีการถอดประกอบ และทำความสะอาดตามคาบเวลา การทำความสะอาดอาศัยสารละลายที่มีความสามารถในการกัดค่อนข้างสูง หรืออาจใช้วิธีการเอาออกเชิงกล ระมัดระวังการเกิดการเสียดสีของอุปกรณ์หากทำการทำความสะอาดแบบขัดถู อุปกรณ์ทำความสะอาดอ่อนกว่าวัสดุที่ใช้ทำหัวเผา เส้นลวดทองแดง และไม้แคะชิ้นเล็กใช้ในทำความสะอาดหัวฉีด และอุปกรณ์ที่อยู่ที่หัวเผา ไม้จิ้มฟันสามารถใช้ในการแคะเอาเศษที่เหลือจากองค์ประกอบของคาร์บอนที่อยู่ตามร่อง แต่ทั้งนี้ให้ทำด้วยความระมัดระวัง หัวเผาแก๊สมีแนวโน้มที่จะสะอาดอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากการเผาไหม้แก๊สไม่ได้ก่อให้เกิดผลผลิตที่สามารถทำให้หัวเผาอุดตันได้ ด้วยเหตุนี้หัวเผาก๊าซจึงสามารถทำงานได้ต่อเนื่องหลายปีโดยปราศจากการลดลงของประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามไม่ควรละทิ้งหรือไม่ควรละความเอาใจใส่กับหัวเผาประเภทนี้ ให้ทำการตรวจสอบหัวเผาก๊าซดังกล่าวเป็นคาบๆ ท่อร่วมของหัวเผาปกติแล้วทำจากเหล็ก และอาจผุกร่อนได้เมื่อเวลาผ่านไป

2. เปลี่ยน Orifice ที่มีการสึกหรอ Orifice ที่ใช้ในการทำให้เชื้อเพลิงแตกออกเป็นอนุภาคเล็กๆ ในหัวเผาที่ใช้น้ำมัน จะมีช่องผ่านที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการกัดกร่อน ผู้ผลิตบางรายแนะนำว่าควรจะมีการเปลี่ยน Orifice หรือหัวฉีดทุกๆ 1 ปีหรือ 2 ปี





รูปที่ 3.1.8-1 แสดงหัวฉีดที่สึกหรอทำให้กระจายเชื้อเพลิงได้ไม่ดี

3. ซ่อมแซมปะเก็นที่มีการรั่วไหล ทำการตรวจสอบหัวเผาเพื่อดูว่ามีรอยรั่วหรือไม่ในขณะที่หัวเผาทำงานภายใต้ความดัน แต่วาล์วน้ำมันหรือ โซลินอยด์น้ำมันปิดอยู่ การรั่วไหลของน้ำมันอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการรั่วไหลที่วาล์วน้ำมัน การรั่วไหลที่วาล์วควบคุมการไหลของน้ำมันหรือ การเสื่อมสภาพของปะเก็น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการออกแบบหัวเผา อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ไม่สามารถตรวจสอบหาการรั่วไหลของน้ำมันในท่อที่อยู่ด้านหลังของวาล์วเชื้อเพลิง ดังนั้นเราจึงควรตรวจสอบอย่างระมัดระวังในช่วงของอุปกรณ์ที่อยู่หลังจากวาล์วเชื้อเพลิง ปะเก็นและพื้นผิวของปะเก็นมีความอ่อนไหวเป็นอย่างมาก เมื่อหัวเผา หรือปลายของหัวเผาได้รับการถอดออกและประกอบใหม่ ภายใต้การทำงานที่ความดันสูงซึ่งใช้ในหัวเผาน้ำมัน รอยขัดสีเล็กบนพื้นผิวของปะเก็น อาจก่อให้เกิดการรั่วไหลในปริมาณมากได้

4. พยายามรักษาให้อุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนไหวสามารถทำงานได้โดยอิสระ และปราศจากระยะรุนให้ทำการหล่อลื่นก้านกลไก ใบของ Damper และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องการการหล่อลื่น ตรวจสอบอย่างละเอียดจุดที่จะเกิดการสึกหรอ ทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีการสึกหรอ

5. ตรวจสอบว่าบานปิด – เปิดสำหรับอากาศสามารถปิดได้อย่างแน่นหนา วิธีนี้ช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากสภาวะเตรียมพร้อมหรือสภาวะที่ยังไม่มีภาระการทำงาน ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่หัวเผายังไม่ได้รับการจุด

6. รักษาให้พัดลมดูดและพัดลมเป่า ทำงานอย่างเป็นปกติ จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาสำหรับพัดลมที่ใช้เป่าอากาศสำหรับการเผาไหม้ โดยให้ความสำคัญเท่าๆ กับพัดลมแบบเหวี่ยงหนีศูนย์ทั่วๆ ไป การดูแลรักษาโดยทั่วๆ ไปแล้ว เพียงแค่ทำความสะอาดใบพัดและหล่อลื่นตลับลูกปืน

- **การวิเคราะห์หาปัญหาของหัวเผา**

หัวเผามีโอกาสเกิดปัญหาได้หลายรูปแบบ ซึ่งต่างส่งผลให้ประสิทธิภาพของหัวเผาลดลง ดังนั้นจึงควรมั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับหม้อน้ำสามารถหาปัญหาที่เกิดขึ้นได้

ตารางสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาของหัวเผาที่ให้มาโดยผู้ผลิตนั้นมีประโยชน์ในการวิเคราะห์หาปัญหาเป็นอย่างมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับหัวเผาในรุ่นที่เฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามผู้ปฏิบัติงานควรสังเกตถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นอันดับแรก ตัวบ่งชี้โดยทั่วไปที่ทำให้เราทราบถึงปัญหามีดังต่อไปนี้

1. ควันเป็นตัวบ่งชี้การเผาไหม้ที่ไม่เหมาะสม ตรวจสอบควันอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามควันไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ถึงปัญหาเพียงอย่างเดียว หัวเผาที่มีการเสื่อมสภาพไม่จำเป็นต้องมีควันเสมอไปการอุดตันเป็นบางส่วนของหัวเผาส่งผลให้อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงมีค่าสูง ซึ่งทำให้ไม่เกิดควัน ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์อาจไม่ก่อให้เกิดควันที่สามารถสังเกตได้ชัดเจน

2. การลดลงของประสิทธิภาพการเผาไหม้ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เราควรทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ดังที่ได้แนะนำไว้แล้วในมาตรการที่ 3.1.6 การเสื่อมสภาพของหัวเผาจะเกิดขึ้นได้ง่ายในกรณีที่ปริมาณของคาร์บอนมอนนอกไซด์และหรือควันมีมากกว่าค่าปกติซึ่งมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับปริมาณของออกซิเจน

3. รูปร่างของเปลวไฟที่ไม่ปกติ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของสี รูปร่าง ความเข้มแสง และคุณลักษณะอื่นๆ ของเปลวไฟ พยายามตรวจสอบลักษณะของเปลวไฟอย่างสม่ำเสมอ การระเบิดอาจเป็นตัวบ่งบอกให้เห็นว่าการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ หรืออาจจะมีน้ำหรือสิ่งปลอมปนอื่นๆ อยู่ในเชื้อเพลิง การสังเกตเปลวไฟนี้ต้องใช้ประสบการณ์และมีการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ จึงจะแปลความหมายออกว่าลักษณะเปลวไฟที่สังเกตเห็นนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากอะไร

4. เสียงและการสั่นที่ไม่พึงประสงค์ หัวเผาที่เสื่อมสภาพอาจทำให้เกิดเสียงของเปลวไฟดังขึ้นจนสังเกตได้โดยผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ อย่างไรก็ตาม สำหรับผู้ปฏิบัติงานทั่วไปอาจจะไม่สามารถสังเกตได้ง่าย หัวเผาที่เสื่อมสภาพอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนผสมระหว่าอากาศและเชื้อเพลิง ซึ่งทำให้เปลวไฟนั้นไม่มีความสมดุล จึงก่อให้เกิดเสียง หรือการระเบิดภายในหม้อน้ำ เปลวไฟอาจจะเกิดความไม่แน่นอนถ้าหากมีการพยายามลดปริมาณอากาศส่วนเกินในกรณีที่ใช้หัวเผาแบบที่ไม่ได้ออกแบบมาใช้งานกับอากาศส่วนเกินปริมาณน้อย ซึ่งเปลวไฟที่ไม่อยู่นิ่งนี้ถือเป็นอันตรายอย่างมาก หากเปลวไฟดังกล่าวมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นอาจทำให้ห้องเผาไหม้เกิดการระเบิดได้

5. อุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ต่ำเกินไป ในกรณีของหัวเผาที่ปรับค่าไม่ได้ เราสามารถตรวจสอบการลดลงของอุณหภูมิก๊าซไอเสีย ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกว่าเปลวไฟหรือความร้อนที่ได้จากหัวเผานั้นมีการลดลงซึ่งสาเหตุเกิดจากการอุดตันของหัวเผา อย่างไรก็ตาม หัวเผาสามารถเกิดตะกรันได้บางส่วนโดยปราศจากการลดลงของอุณหภูมิก๊าซไอเสีย นอกจากนี้การลดลงของอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากตะกรันที่เกาะอยู่ที่หัวเผา อาจทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิได้ เนื่องจากการเกาะตัวของเขม่าที่บริเวณท่อ

6. สภาพหัวเผาที่สกปรก ตรวจสอบหัวเผาอย่างสม่ำเสมอ หม้อน้ำขนาดใหญ่มักจะมีหัวเผาจำนวนมากซึ่งสามารถถอดออกได้อย่างอิสระเพื่อที่จะทำการตรวจสอบและทำความสะอาดในขณะที่หม้อน้ำกำลังทำงาน แต่หัวเผาบางชนิดสามารถทำการตรวจสอบได้เฉพาะเมื่อหยุดทำงานหม้อน้ำเท่านั้น ส่วนประกอบของหัวเผาจะต้องดูสะอาดและแน่น ปัจจัยที่สำคัญในการทำให้เชื้อเพลิงกลายเป็นละอองได้ดี คือ ความ

สะอาดของช่องผ่านเล็กๆที่เชื้อเพลิงจะต้องไหลผ่าน วิธีการเดียวที่จะหาว่ามีสิ่งสกปรกไปอุดตันในบริเวณนี้หรือไม่ทำได้โดยการถอดประกอบเท่านั้น

7. การสะสมของเขม่า เขม่าที่เกิดขึ้นในทุกๆ ที่ เช่น ในหม้อน้ำ ในท่อ หรือ ในตัวหัวเผา เป็นตัวบ่งชี้ที่บอกให้เห็นถึงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ก๊าซที่ได้รับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะไม่มีเขม่า น้ำมันเบาจะก่อให้เกิดเขม่าเพียงเล็กน้อยตลอดช่วงระยะเวลาการทำงานที่นานมาก ส่วนเชื้อเพลิงหนักจะมีการสะสมเขม่ามากขึ้นเล็กน้อยแต่สามารถทำความสะอาดได้เป็นคาบๆ การเปลี่ยนแปลงลักษณะการสะสมของเขม่าจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงปัญหา ในกรณีที่มีเขม่าเกิดขึ้นอย่างผิดปกติในหม้อน้ำ รูปแบบของการสะสมเขม่าจะบ่งบอกได้ว่าปัญหาเกิดจากหัวเผาหรือจากสาเหตุอื่น ให้ทำการเปิดหม้อน้ำเพื่อตรวจสอบเขม่าและสภาพความสกปรกอื่นๆ แต่ไม่จำเป็นต้องทำบ่อยครั้งมากนัก

8. ลักษณะที่ผิดปกติของวัสดุกันไฟ ลักษณะที่ผิดปกติของอิฐทนไฟหรือวัสดุทนไฟอื่นๆ จะเป็นตัวบ่งบอกว่าเปลวไฟเข้ามาใกล้กับวัสดุทนไฟหรือวัสดุอื่นๆมากน้อยเพียงไร อาการที่สามารถบ่งบอกถึงปัญหาได้มีดังต่อไปนี้ การเปลี่ยนแปลงสี การละลาย หรือการหลุดลุ้ยของวัสดุ การอุดตันบางส่วนที่หัวเผาอาจทำให้รูปร่างของเปลวไฟมีการเปลี่ยนแปลงไปและเป็นสาเหตุอาการที่กล่าวมา อย่างไรก็ตามอาการที่กล่าวมาอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากหัวเผาไม่เหมาะสมกับหม้อน้ำหรืออาจทำงานที่ความดันไม่ถูกต้อง บางครั้งการปนเปื้อนในน้ำมันเชื้อเพลิงอาจก่อให้เกิดความผิดปกติที่วัสดุกันไฟได้

9. การหลวมของก้านควบคุม สามารถทำให้เกิดอัตราส่วนผสมระหว่าอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ไม่เหมาะสมได้อย่างรวดเร็ว ปัญหานี้เป็นปัญหาทั่วไป ยกตัวอย่างเช่น น็อตที่ยึดก้านควบคุมเกิดการหลวมหรือคลายออก การเสื่อมเหล่านี้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบได้โดยง่าย

- **การตรวจสอบและปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่าอากาศต่อเชื้อเพลิง**

เมื่อใดก็ตาม ที่ต้องทำงานเกี่ยวกับหัวเผาและส่วนประกอบของหัวเผา ให้ทำการปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงทุกครั้ง โดยให้ศึกษามาตรการที่ 3.1.7 ซึ่งอธิบายขั้นตอนดังกล่าวไว้อย่างละเอียด

การวิเคราะห์ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

ในการวิเคราะห์ผลประหยัดที่เกิดขึ้น จากการบำรุงรักษาหัวเผา จะทำการเปรียบเทียบที่ประสิทธิภาพของหัวเผาที่เพิ่มขึ้น โดยควรมีการทดสอบและตรวจวัดประสิทธิภาพ ทั้งในกรณี Full load และ Part load ด้วย ตารางที่ 3-4 แสดงพลังงานที่ประหยัดได้เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพ หัวเผาตัวอย่างการคำนวณ จะเป็นตัวช่วยในการประเมินผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจริง หากสามารถทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้เพิ่มขึ้นได้

ตารางที่ 3.1.8-1 แสดงพลังงานที่ประหยัดได้เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพหัวเผา

ประสิทธิภาพของ หัวเผาที่เพิ่มขึ้น (%)	พลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (GJ/year)
1	6,590
2	13,023
3	19,295

ตัวอย่างการคำนวณ

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำตัวอย่างขนาด 5 ton/h จากการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ปัจจุบันเท่ากับ 79% (E_1) ใช้น้ำมันเตาเกรด A ปริมาณ 1,920,000 ลิตรต่อปี ราคาเชื้อเพลิง 17.00 บาทต่อลิตร คิดเป็นค่าเชื้อเพลิง 32,640,000 บาทต่อปี สามารถคำนวณหาผลประหยัดที่ได้จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เพิ่มขึ้น 2%

ผลประหยัดต่อปี = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง x ราคาเชื้อเพลิง x $(1 - E_1/E_2)$

= 1,920,000 l/yr x 17 ฿/l x (1-(79/81))

= 805,925 บาทต่อปี

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : 0.5 – 10% ของเงินลงทุนที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง

มูลค่าการลงทุน : โดยทั่วไปแล้วน้อยมาก ในโรงงานที่มีผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อน้ำสามารถทำการบำรุงรักษาหัวเผาได้เอง โดยสามารถกำหนดเป็นตารางงานทั่วไป

ระยะเวลาคืนทุน : การบำรุงรักษาอย่างเหมาะสมจะช่วยให้สูญเสียเงินน้อยกว่าการปล่อยทิ้งไว้โดยไม่มีการสนใจ

กลเม็ดของมาตรการ

ทักษะ : *การฝึกฝนและทักษะสำหรับการบำรุงรักษาอย่างเป็นประจำ ควรปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตหม้อน้ำและหัวเผา การวิเคราะห์และการซ่อมแซมส่วนที่ผิดปกติอาจจะต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีทักษะและประสบการณ์อย่างสูง หากเป็นไปได้ควรเชิญผู้เชี่ยวชาญเข้ามาตรวจสอบหม้อน้ำในช่วงเวลาที่เหมาะสม*

การให้คำอธิบาย *เขียนคำอธิบายและ Checklist สำหรับการบำรุงรักษาเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทำตามขั้นตอนอย่างถูกต้อง*

การตรวจสอบสมรรถนะ *การบำรุงรักษาถือเป็นหน้าที่ของทุกคน แต่ไม่มีใครต้องการที่จะบำรุงรักษาหม้อน้ำ สิ่งที่ควรทำคือต้องเอาชนะปัญหาเหล่านี้ให้ได้*

กรณีศึกษา : มาตรการทำความสะอาดหัวฉีดเครื่องพ่นไฟ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

การใช้งานของหม้อไอน้ำใช้สำหรับนึ่งกุ้งและอาหารทะเลชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้ในกระบวนการผลิตของโรงงานมีการใช้ไอน้ำสำหรับบางผลิตภัณฑ์เท่านั้น โดยในแต่ละวันจะมีการใช้งานหม้อไอน้ำเฉลี่ยประมาณ 3 ชั่วโมง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากราคาน้ำมันดีเซลมีราคาเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้งานของหม้อไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยหม้อไอน้ำมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 75 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีการใช้งานเฉลี่ย 3 ชั่วโมงต่อวัน จะเห็นว่าชั่วโมงการทำงานในแต่ละวันไม่มากนัก ดังนั้นจึงทำให้การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไอน้ำไม่ดีเท่าที่ควร

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

เนื่องจากต้องการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับหม้อไอน้ำ ทางทีมงานจึงได้เสนอมาตรการในการดูแลและบำรุงรักษาทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันสำหรับหัวพ่นไฟเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของหัวฉีดให้สูงขึ้น โดยกำหนดให้ทำความสะอาดหัวฉีด พัดลม และห้องเผาไหม้เดือนละหนึ่งครั้ง

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 3.1.8-2 การถอดทำความสะอาดหัวพ่นไฟและมิเตอร์วัดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

จากผลการทำความสะอาดชุดหัวฉีดของหัวพ่นไฟ และห้องเผาไหม้ ทำให้สามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลจากเดิม 75 ลิตรต่อชั่วโมง เหลือ 55 ลิตรต่อชั่วโมง ทำให้สามารถประหยัดน้ำมันดีเซลลงได้ 20 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากใน 1 วัน เครื่องกำเนิดไอน้ำจะทำงาน 3 ชั่วโมง ดังนั้นจึงทำให้สามารถประหยัดน้ำมันดีเซลได้ถึง 60 ลิตรต่อวัน โดยรวมสามารถประหยัดพลังงานได้ 0.01762 ktoe/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 432,244.8 บาท/ปี โดยไม่มีการลงทุน

มาตรการที่ 3.1.9
กำจัดการรั่วไหลของอากาศในผนังอากาศตัวเรือนของพัดลมและท่อส่งต่าง ๆ

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

พัดลมในระบบหม้อน้ำใช้พลังงานในการทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ภายในหม้อน้ำและทำให้ก๊าซไอเสียเคลื่อนที่ออกจากหม้อน้ำ พลังงานสูญเสียจะมีปริมาณที่มากถ้าพัดลมถูกแยกออกจากหม้อน้ำโดยท่อที่มีความยาว และกรณีที่หม้อน้ำล้อมรอบด้วยผนังอากาศ ปกติแล้วพลังงานสูญเสียจะมีค่าน้อยแต่เราควรจะป้องกันไม่ให้มีการเกิดขึ้น

ถ้าหม้อน้ำมีพัดลมแบบดูดอากาศจะรั่วเข้าสู่ก๊าซไอเสีย ซึ่งจะทำให้ระบบควบคุมการเผาไหม้เกิดความผิดพลาด และการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้อาจมีปัญหาได้

การรั่วไหลโดยทั่วไปแล้วจะเกิดขึ้นกับข้อต่อท่อที่ยืดหยุ่นได้ ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดการสั่น การซ่อมแซมสามารถทำง่ายและมีราคาถูก

การหารอยรั่วนั้นง่ายและไม่ต้องใช้ทักษะมากมาย ในส่วนของระบบที่ทำงานภายใต้ความดันค่าบวกเราสามารถหารอยรั่วได้โดยการใช้มือแตะที่บริเวณพื้นผิวแล้วค่อย ๆเคลื่อนมือไปหากมีลมรั่วออกมาแสดงว่าจุดนั้นมีการรั่วไหลเกิดขึ้น ในกรณีของหม้อน้ำที่ทำงานภายใต้ความดันค่าลบ การตรวจสอบรอยรั่วจะทำได้ยากกว่าต้องใช้ธูปหรือสิ่งใดก็ได้ที่มีควันในการหารอยรั่วของท่อและปล่องก๊าซไอเสีย

- **การสูญเสียพลังงานของพัดลม**

ปริมาณของพลังงานที่ใช้โดยพัดลม จะสูญเสียไปในจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับการสูญเสียของระบบหม้อน้ำทั้งหมด สำหรับพื้นที่การรั่วไหลหนึ่ง ๆในระบบท่อ ปริมาณของอากาศรั่วไหลจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศในหม้อน้ำ การสูญเสียจะเกิดขึ้นมากที่สุดในกรณีที่อากาศถูกเร่งให้มีความเร็วในบริเวณที่อากาศไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ซึ่งอากาศจะมีความดันสูงที่สุด การสูญเสียที่น้อยที่สุดจะเกิดขึ้นในกรณีที่อากาศไหลผ่านพัดลม เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความดันน้อยที่สุดในช่องผ่านของอากาศทั้งหมด

ในหม้อน้ำที่มีพัดลมแบบดูด ช่องผ่านของอากาศจะอยู่ภายใต้ความดันค่าลบเล็กน้อย ความแตกต่างของความดัน โดยทั่วไปแล้วจะน้อยกว่าในกรณีที่ใช้พัดลมแบบเป่า ปริมาณของอากาศรั่วไหลจะขึ้นอยู่กับการปรับค่าของอัตราการไหลก๊าซไอเสีย

- **ผลของอากาศรั่วไหลเข้าไปสู่ก๊าซไอเสีย**

ในกรณีที่ใช้พัดลมแบบดูด อากาศอาจรั่วไหลเข้าสู่ก๊าซไอเสีย ซึ่งอากาศเหล่านี้จะทำให้ก๊าซไอเสียมีอุณหภูมิลดลงซึ่งส่งผลให้การอ่านค่าประสิทธิภาพของหม้อน้ำสูงขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้การอ่านค่าปริมาณอากาศส่วนเกินสูงขึ้น ซึ่งทำให้ผู้ปฏิบัติงานตั้งค่าสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงเกิดตะกรันสะสมขึ้นที่ฝั่งด้านไฟอย่างรวดเร็วประสิทธิภาพลดลงอย่างเห็นได้ชัดและปัญหาอื่น ๆ ตามมา ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในมาตรการที่ 3.1.7

การรั่วไหลในระบบที่ใช้พัดลมแบบเป่า โดยทั่วไปแล้วจะไม่มีปัญหาใดนอกเหนือจากการสูญเสียพลังงานเนื่องจากพัดลม การรั่วไหลของอากาศอาจทำให้สัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงในหม้อน้ำบางตัวมีการเปลี่ยนแปลงไปได้ ซึ่งปัญหานี้ถือว่าเป็นเรื่องผิดปกติ หม้อน้ำขนาดใหญ่เพียงพอที่จะมีการใช้

พัดลมแบบเป่าแยกกัน มักจะมีการติดตั้งระบบควบคุมการเผาไหม้ซึ่งสามารถทำการปรับตั้งสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงได้อย่างต่อเนื่อง

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : บางทีอาจสูงสุดถึง 10,000 บาทต่อปี ($300) สำหรับการรั่วไหลขนาดเล็กทั่วไปในระบบหม้อน้ำขนาดใหญ่ การรั่วไหลส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในระบบที่ใช้พัดลมแบบดูดนั้น อาจก่อให้เกิดการอ่านค่าสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ผิดพลาด ซึ่งทำให้สูญเสียพลังงานมากกว่าการรั่วไหลด้วยตัวเอง และอาจก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆตามมาได้

มูลค่าการลงทุน : โดยทั่วไปแล้วน้อยมาก

ระยะเวลาคืนทุน : การโดยทั่วไปแล้วค่อนข้างสั้น

กลเม็ดของมาตรการ

ตารางการทำงาน : *การรั่วไหลของอากาศมีการเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงควรมีการทำตารางการตรวจสอบในช่วงเวลาที่เหมาะสม เช่น ปีละหนึ่งครั้งเป็นต้น*

มาตรการที่ 3.1.10
การควบคุม Draft ให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

ควรมั่นใจว่า Draft ได้รับการปรับให้เหมาะสมสำหรับหม้อน้ำและเตาเผา ในบางกรณีการปรับ Draft ได้รับการติดตั้งเป็นระบบหนึ่งอย่างถาวร ดังนั้นหากมีระบบเช่นนี้จึงไม่ต้องการความสนใจพิเศษมากมายนัก อย่างไรก็ตาม หม้อน้ำทั่วไปต้องการการปรับตั้ง Draft เพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุด การปรับตั้งดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบหม้อน้ำ ระบบหัวเผา ก๊าซร้อน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับDraft

- **Draft คืออะไร**

ในบริบทของหม้อน้ำ Draft คือ ความดันแตกต่างระหว่างส่วนหนึ่งของระบบหม้อน้ำ กับอีกส่วนหนึ่ง ความดันแตกต่างนี้จะทำให้อากาศและก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านระบบหม้อน้ำเพื่อที่จะ

1. เพื่อเคลื่อนย้ายปริมาณอากาศที่เหมาะสมเข้าสู่หม้อน้ำเพื่อการเผาไหม้
2. เพื่อผสมอากาศเข้ากับเชื้อเพลิงที่หัวเผาในอัตราส่วนที่เหมาะสม
3. เพื่อเคลื่อนย้ายก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ผ่านไปยังตัวหม้อน้ำในอัตราการไหลที่เหมาะสม
4. เพื่อไล่ก๊าซไอเสียออกจากห้องเผาไหม้โดยผ่านทางปล่องก๊าซไอเสีย

Draft ในส่วนต่างๆของระบบหม้อน้ำอาจจะมีขึ้นได้โดยใช้ระบบการพาหรือแรงจากพัดลม ไม่ว่า Draft จะเกิดขึ้นโดยวิธีใด ต่างต้องการการปรับตั้ง

แหล่งอื่นที่ก่อให้เกิด Draft มีใช้อยู่ในการประยุกต์ใช้งานอย่างพิเศษ ยกตัวอย่างเช่น รถจักรไอน้ำที่ใช้ไอน้ำผ่านช่อง Venturi ที่ติดตั้งอยู่ฐานของปล่องก๊าซไอเสียก่อให้เกิด Draft ขึ้นที่ห้องเผาไหม้ Draft จากแหล่งอื่นๆที่ไม่ใช่การพาและพัดลมนั้นไม่เป็นที่นิยมแล้วในปัจจุบัน รายละเอียดของ Draft ทั้งสองชนิดนี้มีดังต่อไปนี้

1. Draft เนื่องจากการพา

Draft เนื่องจากการพาเกิดขึ้นโดยแรงลอยตัวของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ อุณหภูมิสูงทำให้ก๊าซดังกล่าวเกิดการขยายและมีความเบามากขึ้น แรงลอยตัวนี้เป็นแรงในการยกตัวซึ่งเป็นแรงในจินตนาการส่วนแรงที่แท้จริง คือแรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก ความโน้มถ่วงของโลกมีผลอย่างมากต่ออากาศที่มีน้ำหนักมากกว่าก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ที่มีน้ำหนักเบากว่า ดังนั้น ก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้จึงถูกแทนที่ทำให้มีทิศทางที่ไหลขึ้น

ความเข้มของ Draft แบบการพา เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความสูงของปล่องก๊าซไอเสียหรือโครงสร้างอื่นๆ ซึ่งล้อมรอบหรือบรรจุก๊าซที่ได้รับความร้อนแล้วอยู่ภายใน ความสูงของหม้อน้ำก็สามารถก่อให้เกิด Draft ได้เช่นกัน ปล่องก๊าซไอเสียมีความจำเป็นในกรณีที่หม้อน้ำไม่สูงเพียงพอที่จะก่อให้เกิด Draft ได้อย่างเหมาะสมหรือในกรณีที่ช่องผ่านภายในของหม้อน้ำมีความต้านทานการไหลมากเกินไปทำให้ก๊าซไหลไม่สะดวก ปล่องควันมีอีกหนึ่งหน้าที่ คือ ใช้ในการปลดปล่อยก๊าซไอเสียที่ระดับความสูงที่สูงขึ้นเพื่อกระจายเอาสิ่งเจือปนต่างๆออกในบริเวณที่ปลอดภัย

ความเข้มของ Draft แบบการพา จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดนี้ เกิดขึ้นในขณะที่เริ่มอุ่นหม้อน้ำจากสภาวะหยุดทำงาน อุณหภูมิของก๊าซจากการเผาไหม้ลดลงเมื่อก๊าซดังกล่าวถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ แต่อุณหภูมิก๊าซภายในหม้อน้ำยังคงสูงเพียงที่จะก่อให้เกิดการพา อุณหภูมิของก๊าซลดลงอย่างช้าๆ เมื่อก๊าซดังกล่าวถ่ายเทความร้อนส่วนหนึ่งให้แก่หม้อน้ำ ดังนั้น Draft ที่สร้างจากปล่องก๊าซไอเสียจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อความสูงของปล่องก๊าซไอเสีย

การพา เป็นการเกิด Draft เริ่มแรกสำหรับหม้อน้ำและยังคงมีบทบาทที่สำคัญในการติดตั้งหม้อน้ำในส่วนใหญ่ ในหม้อน้ำที่ใช้หัวเผาแบบความดันบรรยากาศต่างใช้หน้าที่ของ Draft ทั้ง 4 อย่างที่ได้กล่าวมาแล้วโดยการพาทั้งหมด แต่ในทางตรงกันข้ามหม้อน้ำที่ใช้พัดลมแบบ Forced-draft จะใช้การพาเพียงหน้าที่เดียวเท่านั้น ก็คือ การไล่ไอเสียออกทางปล่องก๊าซไอเสีย ส่วน 3 หน้าที่แรกจะกระทำโดยตัวพัดลมโดยตรง หัวเผาที่ใช้ในหม้อน้ำขนาดเล็กและขนาดกลางจะมีพัดลมติดตั้งอยู่เพื่อดูดอากาศสำหรับการเผาไหม้เข้าสู่ห้องเผาไหม้ และเพื่อปรับตั้งการผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงแต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ต้องพึ่งการพาเพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ให้ไหลผ่านหม้อน้ำ

2. Draft แบบพัดลมดูด

หน้าที่ทั้ง 4 ของ Draft ที่ได้กล่าวมาสามารถเกิดขึ้นได้โดยใช้พัดลมแทนที่การใช้ Draft แบบการพา การใช้พัดลมทำให้การพัฒนาหัวเผามีการพัฒนามากขึ้น เช่น มี Output ที่สูงขึ้นหรือสามารถควบคุมให้มีสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เป็นไปได้มากขึ้น การใช้พัดลมเพื่อเป่าหรือดันอากาศที่ได้จากการเผาไหม้ให้ไหลผ่านส่วนของหม้อน้ำต้องการปล่องควันที่มีความสูง พัดลมให้ Draft ที่มีความแรงมาก ดังนั้น Draft ดังกล่าวจึงมีกำลังมากพอที่จะสามารถปรับให้การไหลของก๊าซนั้นเกิดการพาภายในตัวหม้อน้ำได้

ตัวพัดลมเองให้การปรับตั้ง Draft ที่มีประสิทธิผล เนื่องจากพัดลมมีคุณลักษณะของ out put ที่คงที่ อย่างไรก็ตามการใช้พัดลมเพื่อใช้ในการสร้าง Draft ก็ไม่สามารถกำจัดความต้องการการปรับตั้ง Draft ออกไปได้ ตัวปรับตั้ง Draft ที่ใช้ในปล่องก๊าซไอเสียอาจมีความจำเป็นในกรณีที่ปล่องก๊าซไอเสียที่มีความสูงมากได้รับการติดตั้ง



รูปที่ 3.1.10-1 แสดงพัดลมแบบดูด

พัดลมที่ใช้ในหม้อน้ำอาจเป็นแบบเป่า หรือ Forced-draft หรือเป็นแบบดูด หรือ Induced-draft พัดลมแบบ Forced-draft จะทำการพัดลมเข้าสู่หม้อน้ำโดยผ่านทางช่องเปิดของหัวเผา ก่อให้เกิดความดันค่าบวกภายในห้องเผาไหม้ และในตัวหม้อน้ำพัดลมแบบ Induced-draft จะทำการดูดอากาศออกจากหม้อน้ำผ่านทางช่องขาออกของหม้อน้ำ ลมดูดดังกล่าวจะก่อให้เกิดความดันค่าลบภายในหม้อน้ำ

หม้อน้ำขนาดเล็กและหม้อน้ำขนาดกลาง ส่วนใหญ่แล้วจะใช้พัดลมแบบ Forced-draft หม้อน้ำขนาดใหญ่บางตัวจะใช้พัดลมแบบ Induced-draft พัดลมแบบ Induced-draft โดยทั่วไปจะติดตั้งรวมกับพัดลมแบบ Forced-draft ยกเว้นในกรณีของหม้อน้ำที่ใช้ในเรือรุ่นเก่าซึ่งทำงานโดยใช้พัดลมแบบ Induced-draft เพียงอย่างเดียว เพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซจากการเผาไหม้เข้าสู่ช่องว่างใต้ท้องเรือ

ระดับที่สำคัญอีกอันหนึ่งของหม้อน้ำและเตาเผาไม่ได้ขึ้นอยู่กับการพาทั้งหมด ยังมีอีกหนึ่งอย่างที่ใช้พื้นผิวถ่ายเทความร้อนขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการลดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียให้ต่ำกว่าอุณหภูมิควบแน่นของน้ำ ก๊าซไอเสียถูกทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างมากเพื่อก่อให้เกิด Draft ที่มีความแรง อุปกรณ์นี้ต้องการพัดลมอย่างน้อยหนึ่งตัวเพื่อที่จะเคลื่อนย้ายอากาศจากการเผาไหม้และก๊าซไอเสีย ซึ่งระบบนี้สามารถทำงานได้เป็นอย่างดีโดยไม่ต้องใช้ปล่องก๊าซไอเสีย

- **ตัวปรับตั้ง Draft**

การปรับตั้ง Draft ประกอบไปด้วย ตัวปรับตั้ง Draft ดังนั้นสิ่งที่ควรทำอันดับแรก คือการหาชนิดของตัวปรับตั้ง Draft และควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของตัวปรับตั้งดังกล่าว เราต้องมีความมั่นใจว่าชนิดของตัวปรับตั้ง Draft ที่เรามีนั้นมีความเหมาะสมและทำงานได้เป็นอย่างดี

ในระบบหม้อน้ำที่ใช้ Draft แบบการพา ปล่องก๊าซไอเสียถือเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ก่อให้เกิด Draft ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ Draft ที่เกิดขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับภาระของหม้อน้ำ อุณหภูมิอากาศภายนอก ลม และปัจจัยอื่นๆ วิธีการแก้ปัญหาโดยทั่วไป คือ ออกแบบปล่องก๊าซไอเสียให้สามารถสร้าง Draft ได้มากกว่าที่ต้องการและติดตั้งตัวปรับตั้ง Draft ระหว่างหม้อน้ำและปล่องก๊าซไอเสียเพื่อที่จะจำกัด Draft ที่เกิดขึ้นที่ช่องขาออกของหม้อน้ำ

หม้อน้ำที่ใช้พัดลมอาจไม่จำเป็นต้องติดตั้งตัวปรับตั้ง Draft เนื่องจากตัวพัดลมเองสามารถปรับตั้งการไหลได้ พัดลมแบบ Forced-draft มีแรงมากพอที่จะทำให้เกิดการสั่นของอุปกรณ์ภายในหม้อน้ำ อย่างไรก็ตาม Draft ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปล่องก๊าซไอเสียอาจจะต้องได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือนดังกล่าวบ้าง ในกรณีของปล่องก๊าซไอเสียที่มีความสูงมาก ตัวปรับตั้ง Draft มีความจำเป็นเพื่อใช้ในการชดเชยการสั่นดังกล่าวแม้ว่าหม้อน้ำจะติดตั้งพัดลมที่มีกำลังสูง

สภาวการณ์เดียวกันนี้ เกิดขึ้นในหม้อน้ำที่มีพัดลมแบบ Induced-draft ซึ่งทำงานที่ out put คงที่ ตัวปรับตั้ง Draft ติดตั้งอยู่ระหว่างพัดลมและช่องทางออกของหม้อน้ำเพื่อที่จะปรับ เร่ง หรือหลี่ Draft ที่เกิดขึ้นจากพัดลม

ความจริงที่ว่า หม้อน้ำที่มีพัดลมในระบบหัวเผาไม่ได้มีความจำเป็น นั้นหมายความว่า พัดลมก่อให้เกิด Draft ทั้งหมดตามที่ต้องการ พัดลมอาจจะมีส่วนเกี่ยวข้องในเฉพาะส่วนของอากาศและเชื้อเพลิง แต่อาจไม่มีความสามารถที่จะเคลื่อนย้ายก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ให้ผ่านความต้านทานการไหลเนื่องจากตัวหม้อน้ำ ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะเกิดขึ้นโดยทั่วไปกับหัวเผาที่ใช้น้ำมันแบบปืน ในบางหม้อน้ำ Draft แบบ การ

พา ต้องการที่จะเอาชนะความต้านทานในการไหลที่เกิดขึ้นในหม้อน้ำและตัวปรับตั้ง Draft ก็มีส่วนสำคัญในการควบคุม Draft แบบการพา

- **ชนิดของตัวปรับตั้ง Draft**

ตัวปรับตั้ง Draft เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ระหว่างหม้อน้ำและปล่องก๊าซไอเสีย เพื่อที่จะควบคุมความดันค่าลบที่เกิดขึ้นในช่องขาออกของก๊าซไอเสียของหม้อน้ำ โดยทั่วไปมีตัวปรับตั้ง Draft อยู่ 3 ชนิด ได้แก่

1. Draft Hood

เป็นส่วนสำคัญอยู่ในหม้อน้ำช่องเปิดของก๊าซไอเสียจะทำให้เกิดความดันที่เท่ากับความดันในห้องหม้อน้ำ Hood ที่ใช้ในการส่งถ่ายควันจะถูกติดตั้งอยู่ในส่วนที่สูงกว่าเพื่อทำให้ก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ลอยขึ้นไปยังปล่องก๊าซไอเสีย

ผลของ Draft hood คือ เป็นตัวแยกหม้อน้ำออกจากปล่องก๊าซไอเสีย Draft ของหม้อน้ำหาได้โดยผลต่างของความสูงระหว่างหัวเผาและส่วนท้ายสุดของ Draft hood หากต้องการเพิ่ม Draft ในหม้อน้ำ Draft hood จะต้องติดตั้งอยู่สูงกว่าตำแหน่งเดิม Draft ของ Boiler ที่เกิดขึ้นนั้นโดยทั่วไปแล้วมีค่าน้อย เนื่องจากข้อจำกัดด้านความสูงภายในห้องของหม้อน้ำ

ขณะทำงานในอัตราการเผาไหม้ต่ำ Draft ที่เกิดจาปล่องก๊าซไอเสีย จะมีอยู่อย่างเพียงพอ เนื่องจากอากาศภายในห้องของหม้อน้ำเอง Draft hood มีราคาถูกและสร้างง่ายไม่ต้องการการปรับตั้งใดๆ แต่ทั้งนี้ Draft hood ก็มีข้อเสียอยู่ Draft hood สร้างความดันลบเพียงเล็กน้อยในช่องทางออกของหม้อน้ำและไม่สามารถปรับตั้งได้ นอกจากนี้ยังไม่สามารถป้องกันการสูญเสียเนื่องจากากรทำงานในสภาวะที่ยังไม่มีภาระได้ นอกจากนี้ Draft hood ไม่สามารถป้องกันการไหลย้อนกลับของก๊าซไอเสียที่อยู่ในปล่องก๊าซไอเสียได้ เหตุการณ์นี้อาจเกิดขึ้นเมื่อตอนเริ่มต้นทำงานหม้อน้ำในขณะที่ปล่องก๊าซไอเสียมีอุณหภูมิต่ำหรือในกรณีที่เงื่อนไขของลมซึ่งมีผลต่อการไหลย้อนกลับของก๊าซไอเสียดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ Draft hood จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานกับหม้อน้ำที่ใช้หัวเผาแบบความดันบรรยากาศหรือหม้อน้ำที่ใช้หัวเผาแบบปืนที่มีขนาดเล็ก

2. Damper แบบความดัน

Damper สำหรับก๊าซไอเสียแบบความดันใช้ในการควบคุมการเปิดปิดในฝั่งของก๊าซไอเสีย Damper จะอนุญาตให้อากาศในห้องของหม้อน้ำเข้ามาผสมกับก๊าซไอเสียเป็นบางส่วนเพื่อจำกัด Draft เนื่องจากปล่องไอเสีย ความต้านทานการไหลของ Damper นั้น มีค่าน้อย ชนิดของ Damper แบบความดันโดยทั่วไปแล้วจะเป็นแบบใบเดี่ยวที่มีการถ่วงสมดุลด้วยก้อนมวล เราสามารถปรับตั้งปริมาณของความดันค่าลบโดยการเคลื่อนย้ายก้อนถ่วงนี้

Damper แบบความดันใช้แทน Draft hood ในกรณีที่หม้อน้ำต้องการ Draft ที่มีกำลังมากเพื่อที่จะเอาชนะความต้านทานการไหลที่เกิดขึ้นภายในของการไหลของก๊าซ Damper ความดันมีข้อดีคือ สามารถปิดเพื่อป้องกันก๊าซไอเสียที่ไหลมาจากห้องของหม้อน้ำ ในกรณีที่ห้องหม้อน้ำมีความดันเป็นบวก

Damper แบบความดันมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่า Draft hood แรงที่เคลื่อนใบของ Damper มีค่าน้อยมาก Damper แบบความดันที่มีราคาถูกหรือออกแบบมาอย่างไม่เหมาะสมจะไม่สามารถรักษาDraftให้คงที่ได้ในทุกๆอัตราการเผาไหม้ นอกจากนี้ Damper แบบความดันยังไม่สามารถป้องกันการสูญเสียในสภาวะการทำงานที่ไม่มีภาระได้ Damper แบบนี้โดยทั่วไปถูกจำกัดให้ใช้ในหม้อน้ำขนาดเล็กถึงขนาดกลางกลางเท่านั้น

3. Damper ก๊าซไอเสียแบบควบคุมด้วยมอเตอร์

มีหน้าที่คือ ขวางกั้นการไหลส่วนหนึ่งของก๊าซไอเสียจากหม้อน้ำ Damper ถูกควบคุมโดยหัววัด Draft ซึ่งติดตั้งอยู่ใกล้กับหัวเผา Damper ติดตั้งภายในท่อของหม้อน้ำหรือที่ตำแหน่งใดก็ได้ภายในท่อส่งก๊าซไอเสียที่ใกล้กับท่อทางออกของหม้อน้ำมากที่สุด

ข้อดีที่สำคัญของ Damper ลักษณะนี้คือ สามารถปิดได้เมื่อไม่มีการเผาไหม้ ดังนั้น Damper ลักษณะนี้จึงลดการสูญเสียในสภาวะที่ไม่มีภาระการทำงาน Damper ที่ควบคุมด้วยมอเตอร์มีข้อจำกัดด้านราคาและความซับซ้อนดังนั้นจึงเหมาะสมที่ใช้กับหม้อน้ำขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่

การควบคุมหัวเผา ควรมีการเปิด Damper อย่างเต็มที่ในช่วงการทำงานเต็มที่ของหัวเผา ระบบควบคุมควรเปิด Damper เป็นบางส่วนในช่วงที่หัวเผากำลังเริ่มทำงาน หาก Damper เกิดข้อผิดพลาดขึ้นในทุกๆตำแหน่งการทำงาน ที่ไม่ใช่ตำแหน่งเปิดสูงสุดอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงถึงขั้นเกิดการระเบิดได้ ดังนั้นระบบควบคุมหัวเผาจึงควรมีระบบตรวจสอบการทำงานของ Damper ด้วย เช่นในกรณีที่ Damper ไม่สามารถเปิดได้อย่างเต็มที่หัวเผาต้องสามารถลดอัตราการเผาไหม้ลงได้อย่างอัตโนมัติ หม้อน้ำควรจะมี เกจวัด Draft ที่มองเห็นได้เพื่อที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้ในการตรวจสอบการทำงานที่เหมาะสมได้อย่างง่ายดาย

4. พัดลมแบบ Induced-draft ที่สามารถปรับความเร็วได้

ในกรณีที่หม้อน้ำใช้พัดลมแบบ Induced-draft เราสามารถปรับตั้ง Draft ที่ทางออกของหม้อน้ำโดยการปรับค่าความเร็วของพัดลม

Draft hood และ Damper แบบความดัน อาจดึงเอาอากาศบางส่วนจากห้องหม้อน้ำเข้าสู่ก๊าซไอเสีย โดยทั่วไปแล้วนี่ไม่ใช่ปัญหาเพราะว่า มีความร้อนส่วนเกินมากมายที่เกิดขึ้นในห้องหม้อน้ำแต่อย่างไรก็ตามอากาศสูญเสียผ่านทางตัวปรับตั้ง Draft อาจทำให้การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากมีการดึงเอาอากาศที่ได้จากการเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูงออกจากตัวหม้อน้ำบางส่วนนั้นเอง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **การวัดและปรับตั้ง Draft**

วัตถุประสงค์หลักของเรา คือ การตั้ง Draft ที่หัวเผาซึ่งเรียกว่า Over-fire Draft จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของหัวเผา หัวเผาทั้งหมดควรทำงานภายใต้ข้อจำกัดของ Draft ซึ่งกำหนดโดยผู้ผลิตหม้อน้ำหรือผู้ผลิตหัวเผา เราทำการปรับตั้ง Overfire Draft นี้โดยการปรับที่ตัวปรับตั้ง Draft

Draft ทำการวัดได้ที่ตัวปรับตั้ง Draft หรือวัดได้ที่ปล่องก๊าซไอเสีย เพื่อที่จะมั่นใจได้ว่า ทั้งตัวปรับตั้ง Draft และปล่องก๊าซไอเสียทำงานได้อย่างปกติ

ทำการวัด Draft โดยใช้ เกจวัด Draft ซึ่งเป็น เกจวัดความดันที่มีความไวสูงติดตั้งท่ออ่อนจาก เกจวัด Draft ไปยังพื้นที่ที่เราต้องการวัดความดัน เกจวัด Draft จะทำการวัดความดันแตกต่างระหว่างปลายของหัววัดกับตัวเรือนของเกรด เกจวัด Draft มีราคาไม่แพงและมีขายทั่วไปตามร้านขายวัสดุสำหรับการทำความร้อนสำหรับบ้านทั่วไป

หม้อน้ำขนาดใหญ่ซึ่งมีผนังอากาศจะมีการติดตั้ง เกจวัด Draft อย่างถาวรอยู่แล้ว ผนังอากาศนี้อาจทำงานภายใต้ความดันค่าบวกหรือความดันค่าลบก็ได้ การรักษา Draft ให้ถูกต้องเป็นสิ่งที่สำคัญทั้งในหม้อน้ำขนาดใหญ่และหม้อน้ำขนาดเล็ก

เพื่อที่จะให้ค่าที่อ่านได้มีความถูกต้อง ต้องมั่นใจได้ว่าประตูต่างๆ ฝาครอบ และอื่นๆ ได้รับการติดตั้งและปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

1. Overfire draft

จากมุมมองที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการเผาไหม้ Draft ที่บริเวณหัวเผาเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากส่งผลกระทบโดยตรงต่อสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงและความสามารถของหัวเผา หาก Draft ที่หัวเผามีความถูกต้องก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ก็จะไหลผ่านหม้อน้ำอย่างเหมาะสม

Overfire draft ที่เกิดขึ้นกับหัวเผาแบบความดันบรรยากาศควรจะมีค่าลบเล็กน้อย มีความดันก๊าซเพียงเล็กน้อยที่ป้อนผ่านหัวเผาและความดันค่าบวกจะช่วยป้องกันการไหลของอากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิ ไม่ให้เข้าสู่ห้องเผาไหม้ หม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบความดันบรรยากาศโดยทั่วไปแล้วจะมีความดันค่าลบที่หัวเผาประมาณ 0.02 นิ้วน้ำ

Overfire draft ควรจะมีค่าลบในกรณีที่หม้อน้ำขนาดเล็กมีการติดตั้งพัดลมแบบ built in หรือติดตั้งมาพร้อมกับตัวหม้อน้ำ หน้าที่ของพัดลมของหัวเผาในลักษณะนี้ คือ การจำกัดสัดส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงให้เหมาะสม Draft ที่เกิดขึ้นจากปล่องไอเสียจะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ให้ผ่านหม้อน้ำโดยอาศัยการพา

Overfire draft ในหม้อน้ำที่มีหัวเผาแบบ Power จะมีค่าเป็นบวก พัดลมจะเป็นตัวขับหลักในการทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของก๊าซผ่านหม้อน้ำ แต่นี่ไม่ได้หมายความว่า Burner แบบ Power จะไม่ต้องการ Draft ความสามารถของหัวเผาและสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงจะส่งผลโดยตรงต่อความดันในห้องเผาไหม้

การวัด Overfire draft อาจต้องการรูเจาะผ่านไปยังตัวหม้อน้ำ เนื่องจากประตูทั้งหมดและช่องทั้งหมดควรจะต้องปิดอย่างสนิท หากเป็นไปได้ให้ทำการถอด สกูร หรือ น็อต ออกจาก flange หรือแผ่นปิดที่ใกล้กับหัวเผาแล้วทำการสอดหัววัดเข้าไปผ่านทางรูน็อตดังกล่าวนี้

2. Draft ที่เกิดขึ้นที่ตัวปรับ Draft

การวัด Draft ประเภทที่ 2 คือการวัดที่ Draft hood หรือตัวปรับตั้ง Draft วัตถุประสงค์ของการวัดนี้คือเพื่อที่จะยืนยันว่าอุปกรณ์ควบคุม Draft ทำงานและมีการปรับตั้งได้อย่างเหมาะสม Draft ควรมีค่าลบและมีค่าที่นิ่ง ดังนั้น อากาศจึงเคลื่อนที่จากห้องหม้อน้ำไปสู่ปล่องก๊าซไอเสีย เราสามารถตรวจสอบทิศทางของ Draft ได้โดยการใช้กระดาษที่มีน้ำหนักเบาสอดเข้าไปใกล้กับตัวปรับตั้ง Draft เพื่อที่จะดูทิศทางว่าก๊าซร้อนมีการไหลขึ้นจริงหรือไม่

หากหม้อน้ำใช้ Draft hood ก็ไม่มีความจำเป็นในการต้องปรับตั้งสิ่งใดๆ Overfire Draft ที่เหมาะสมจะถูกสร้างโดยผลต่างความสูงระหว่างหัวเผาและ Draft hood ในกรณีของหม้อน้ำที่ใช้ Damper แบบความดันเราสามารถปรับตั้ง Damper เพื่อก่อให้เกิด Overfire Draft ที่เหมาะสมได้ โดย Damper จะทำการปรับตั้งโดยการเปลี่ยนตำแหน่งของก้อนถ่วงน้ำหนัก

ตรวจสอบ Damper แบบความดันเพื่อที่จะมั่นใจว่า Damper สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและไม่มีการแกว่งหรือสั่นใดๆเกิดขึ้น Damper ควรมีการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว ในกรณีที่ระดับการทำงานของ

หัวเผามีการเปลี่ยนแปลง หากหม้อน้ำใช้ Damper ที่ขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ให้ปรับตั้ง Damper จนกระทั่ง Overfire Draft มีความถูกต้อง ไม่มีความจำเป็นต้องมีการวัด Draft ที่ตัว Damper นอกเสียจากว่าเราสังเกตเห็นความผิดปกติเกิดขึ้น

หากหม้อน้ำติดตั้งพัดลมแบบ Induced-draft ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ให้ทำการปรับตั้งจนกระทั่ง Overfire draft มีค่าที่ถูกต้องตามต้องการ

3.Draft เนื่องจากปล่องก๊าซไอเสีย

Draft เนื่องจากปล่องก๊าซไอเสีย หาได้จากความสูงของปล่องก๊าซไอเสียและโดยทั่วไปแล้วจะไม่สามารถปรับตั้งได้ วัตถุประสงค์ของการวัด Draft เนื่องจากปล่องก๊าซไอเสีย คือ เพื่อที่จะยืนยันว่า Draft ที่เกิดขึ้นมีกำลังมากเพียงพอ ซึ่งก็คือ ความดันที่ส่วนล่างของปล่องก๊าซไอเสียมีค่าลบภายใต้สภาวะการทำงานทุกสภาวะ Draft เนื่องจากปล่องก๊าซไอเสียจะไม่สามารถรักษาให้มีค่าที่คงที่ได้ด้วยตัวเอง แต่สามารถที่จะเคลื่อนย้ายก๊าซไอเสียออกจากตัวเองได้ในทุกสภาวะการทำงาน

ปล่องก๊าซไอเสียอาจจะได้รับผลกระทบจากลม ยกตัวอย่างเช่น การไหลย้อนกลับของลมที่กระทบกับอาคารที่อยู่ข้างเคียงซึ่งสามารถทำให้การไหลภายในปล่องก๊าซไอเสียนั้นมีทิศทางย้อนกลับได้ ทำการวัด Draft เนื่องจากปล่องก๊าซไอเสีย ในระหว่างที่ผู้ปฏิบัติงานสังเกตเห็นปัญหา

เราสามารถวัด Draft เนื่องจากปล่องก๊าซไอเสีย ในทุกๆตำแหน่งที่มีความสะดวกและใกล้กับถังของปล่องก๊าซไอเสีย หากมีการติดตั้งตัวปรับตั้ง Draft ให้ทำการวัด Draft เนื่องจากปล่องก๊าซไอเสียในบริเวณเหนือตัวปรับตั้งดังกล่าว โดยมีระยะห่างเท่ากับ 2-3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องก๊าซไอเสีย เราสามารถสอดหัววัดผ่านทางตัวปรับตั้ง Draft หากหัววัดมีก้านหรือสายที่มีความยาวเพียงพอที่จะสอดเข้าไปให้หัววัดมีตำแหน่งถูกต้องตามระยะที่กล่าวมาข้างต้น แต่หากเป็นไปไม่ได้ให้ทำการเจาะรูเล็กๆ ที่ปล่องก๊าซไอเสีย

- **เมื่อใดจึงที่ควรทำการตรวจสอบ Draft**

ตรวจสอบ Draft และปรับตั้ง Draft เมื่อจำเป็น หรือทุกๆครั้งที่เราทำการทดสอบประสิทธิภาพและทุกๆครั้งที่ทำการบำรุงรักษาหัวเผา

- **การแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ Draft ในฝั่งก๊าซไอเสีย**

หากเราไม่สามารถปรับตั้ง Draft ให้เหมาะสมได้หรือหากมีปัญหาที่ก่อให้เกิด Draft ที่ไม่เหมาะสม เรามีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนระบบ Draft ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *สูงถึง 2 % ของราคาเชื้อเพลิง*

มูลค่าการลงทุน : *ราคาของเกจวัด Draft น้อยกว่า 3,500 บาท ($100) จำนวนของผู้ปฏิบัติงานที่ต้องการใช้ในการปรับตั้ง Draft น้อยมาก*

ระยะเวลาคืนทุน : *สั้น การปรับตั้ง Draft ถือเป็นงานทั่วไปของการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ*

กลเม็ดของมาตรการ

การเตรียมพร้อม : *ควรมั่นใจว่าโรงงานมีการจัดซื้อตัวปรับตั้ง Draft สำหรับหม้อน้ำและระบบก๊าซไอเสียที่ถูกต้องและได้รับการติดตั้งให้มีการทำงานได้ถูกต้องเหมาะสม*

ทักษะ : *การปรับตั้ง Draft เป็นเรื่องไม่ยากแต่ต้องการความรู้เฉพาะทางดังนั้นจึงควรมั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานที่กำลังปรับตั้งอยู่นั้นมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของระบบเป็นอย่างดี*

การทำซ้ำ *: ให้ทำการวัด Draft ทุกครั้งที่เรามีการปรับตั้ง หรือมีการทำงานใดๆก็ตามที่เกี่ยวข้องกับหัวเผา นอกจากนี้ ทำการตรวจสอบ Damper แบบความดัน และ Damper สำหรับก๊าซไอเสียที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ในช่วงเวลาที่เหมาะสม หากเป็นไปได้ให้ทำการวางแผนไว้ในตารางการทำงานประจำปี*

มาตรการที่ 3.1.11
แก้ไขข้อผิดพลาดในระบบก๊าซไอเสียและการหมุนเวียนอากาศภายในหม้อน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ Draft

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

Draft ที่ไม่เหมาะสมก่อให้เกิดการลดลงของประสิทธิภาพหม้อน้ำเนื่องจากการรบกวนสัดส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังทำให้ต้องเพิ่มการดูแลรักษาเนื่องจากการก่อตัวของควันและเขม่า ปัญหาใหญ่ที่เกิดขึ้นจาก Draft สามารถส่งผลก่อให้เกิดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยได้โดยเฉพาะการเกิดการไหลย้อนกลับของก๊าซไอเสียเข้าสู่ตัวหม้อน้ำ ในกรณีที่ร้ายแรงที่สุด อาจก่อให้เกิดการระเบิดของหม้อน้ำได้

มาตรการนี้อธิบายสาเหตุทั่วไปของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ Draft ปัญหาของ Draft เกิดขึ้นได้ในทุกๆ ที่ที่มีอากาศและก๊าซไอเสีย เกิดขึ้นได้ทั้งในตัวอาคาร ในตัวหม้อน้ำ หรือภายในช่องทางผ่านของก๊าซไอเสีย

ปัญหาเกี่ยวกับ Draft เกิดขึ้นจากสาเหตุมากกว่าหนึ่ง ดังนั้นจึงควรมีข้อปฏิบัติที่เหมาะสมเพื่อที่จะกำจัดปัญหาทั้งหมดเหล่านี้

- **ความสัมพันธ์ระหว่างหัวเผาและพัดลม**

ความไว ของหม้อน้ำที่มีต่อ Draft ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบหัวเผา หัวเผาและพัดลมที่ทำงานภายใต้ความดันสูง จะสามารถผลิต Draft ที่มีกำลังเอาชนะการสั่นได้ แต่ในทางตรงกันข้ามหัวเผาแบบความดันบรรยากาศมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ Draft การออกแบบหัวเผาชนิดอื่นๆนั้นอยู่ระหว่างทั้ง 2 หัวเผาที่กล่าวมา

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **ปัญหาเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพ ความไม่เหมาะสม หรือการปรับตั้งที่ไม่ถูกต้องของตัวปรับตั้ง Draft**

ในกรณีที่ Draft เนื่องจากปล่องก๊าซไอเสียมีเพียงพอแต่ Draft ที่หัวเผามีกำลังน้อยเกินไป ปัญหาจะเกิดขึ้นที่ตัวปรับตั้ง Draft ตัวปรับตั้ง Draft อาจจะเสื่อมสภาพ หรือ ตั้งค่าไว้ไม่เหมาะสม หรืออาจจะใช้ผิดชนิดซึ่งไม่เหมาะสมกับหม้อน้ำที่ติดตั้งใช้งานอยู่ ตัวปรับตั้ง Draft สามารถจำกัดปริมาณ Draft ที่มากเกินไปได้แต่ไม่สามารถชดเชยในกรณีที่ Draft มีไม่เพียงพอ

- **Draft ของก๊าซไอเสียที่มากเกินไป**

สาเหตุของ Draft ที่มากเกินไป คือ ปล่องก๊าซไอเสียมีความสูงมากเกินความจำเป็น ปัญหานี้หลีกเลี่ยงไม่ได้ในบางการประยุกต์การใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น หม้อน้ำที่จัดวางอยู่ที่ใต้ถุนของอาคารที่มีความสูงมาก ที่ซึ่งปล่องก๊าซไอเสียจะต้องผ่านขึ้นไปจนกระทั่งถึงหลังคา

Draftที่เกินจำเป็นนี้สามารถลดได้โดยการติดตั้งคอคอดในส่วนปล่องก๊าซไอเสีย อย่างไรก็ตาม คอคอดที่มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายในคงที่นี้ อาจไม่เหมาะสมกับหม้อน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงภาระงานหรือเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงานโดยตลอดเวลา ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งทั้งคอคอดและระบบปรับตั้ง Draft

- **ปัญหาเกี่ยวกับ Draft ของก๊าซไอเสียที่มีไม่เพียงพอ**

Draftที่เกิดจากปล่องไอเสียที่มีไม่เพียงพออาจเกิดจากความสูงของปล่องที่ต่ำเกินไปหรือเกิดจากการกีดขวางที่เกิดขึ้นภายในท่อซึ่งส่งก๊าซไอเสียไปยังปล่องก๊าซไอเสีย วิธีการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหา Draft ไม่เพียงพอมีดังต่อไปนี้

1. นำวัสดุซึ่งขวางกั้นการไหลของก๊าซไอเสียออกจากท่อส่ง ในกรณีที่ท่อเชื่อมต่อระหว่างหม้อน้ำและปล่องก๊าซไอเสียมีการโค้งงอ ท่อโค้งงอเหล่านี้จะทำให้เกิดความต้านทานการไหลดังนั้นจึงควรกำจัดท่อโค้งงอที่มีมุมตั้งฉากหรือมุม 90 องศา แล้วเปลี่ยนเป็นข้อต่อซึ่งมีรัศมีการดัดโค้งที่ค่อนข้างยาว
2. ติดตั้งพัดลมแบบ Induce Draft ระบบหม้อน้ำขนาดเล็กสามารถใช้ Inducer ที่มีราคาถูกได้ แต่ในระบบที่มีขนาดใหญ่อาจจำเป็นต้องมีการติดตั้งพัดลมแบบ Induce Draft ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายปริมาตรของก๊าซไอเสียที่มีขนาดใหญ่ พัดลมควรมีการเชื่อมต่อกับระดับการเผาไหม้ของหัวเผา เพื่อที่จะรักษาพลังงานและหลีกเลี่ยงการเย็นตัวของก๊าซร้อนระหว่างการเปิดปิดการเผาไหม้ของหัวเผา
3. ติดตั้งปล่องก๊าซไอเสียที่มีความสูงมากขึ้น
4. เปลี่ยนหัวเผาให้เหมาะสมกับ Draft ที่มีอยู่

- **ปัญหาที่เกี่ยวกับผลของลมที่มีต่อก๊าซไอเสีย**

การเปลี่ยนค่าไปมาอย่างรวดเร็วของDraft เกิดขึ้นเนื่องจากผลของลม ปล่องก๊าซไอเสียไม่ได้รับผลกระทบอย่างร้ายแรงจากลมที่พัดในแนวนอนหรือแนวขนานกับพื้น อาคารที่อยู่ข้างเคียงหรือลักษณะภูมิประเทศบางอย่างอาจทำให้ลมมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างรุนแรง ที่ส่วนบนของปล่องก๊าซไอเสีย ปัญหานี้ถือว่าเป็นปัญหาทั่วไป เกิดขึ้นในกรณีที่ปากของปล่องก๊าซไอเสียอยู่ต่ำกว่าความสูงของอาคารหรือโครงสร้างที่อยู่ข้างเคียง

ลมที่มีทิศทางลงจะทำให้ก๊าซไอเสีย ไม่สามารถออกจากหม้อน้ำได้ Draft ย้อนกลับนี้อาจทำให้ไฟที่อยู่ในหม้อน้ำมีขนาดใหญ่มากขึ้น ในกรณีที่ใช้หัวเผาแบบความดันบรรยากาศ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ในกรณีที่เชื้อเพลิงที่ไม่ได้เผาไหม้ได้รับการจุดระเบิดหลังจากมีการสัมผัสกับส่วนที่มีความร้อนสูงของหม้อน้ำ

โดยทั่วไปแล้ววิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด คือ มีการติดตั้งฝาครอบที่บริเวณปากปล่องก๊าซไอเสียซึ่งทำหน้าที่ขวางกั้นลมที่เคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก เราสามารถออกแบบช่องสำหรับปลดปล่อยก๊าซไอเสียเพื่อลดความเร็วของอากาศที่พยายามจะไหลเข้าสู่ปล่องก๊าซไอเสียได้อีกด้วย

ตัวปรับตั้ง Draft ไม่สามารถแก้ปัญหาการไหลย้อนกลับนี้ได้ และไม่สามารถทำให้การเปลี่ยนค่าไปมาของลมที่ไหลเข้าสู่ปล่องก๊าซไอเสียมีค่าที่นิ่งได้ เช่นเดียวกับ พัดลมแบบ Induced-draft ก็ไม่สามารถทำให้ลมที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปมานิ่งได้

การเปลี่ยนหัวเผาที่ใช้อยู่เดิมไปเป็นแบบที่ทำงานภายใต้ความดันของพัดลมที่สูงขึ้น จะสามารถลดความไวของหัวเผาที่มีต่อการเปลี่ยนค่าไปมาของ Draft อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนหัวเผาไม่สามารถแก้ไขปัญหาเนื่องจาก Draft ได้ทั้งหมด

- **ปัญหาที่เกี่ยวกับความดันลมในห้องหม้อน้ำ**

เมื่อลมปะทะพื้นผิวจะก่อให้เกิดความดัน ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับความดันแตกต่างปกติในระบบหม้อน้ำ อาคารหรือโรงงานที่มีช่องเปิดสำหรับหมุนเวียนอากาศ ทำหน้าที่เป็นเกราะกำบังความดันลมดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากความดันในห้องหม้อน้ำมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยระหว่างความดันเหนือลมและความดันใต้ลม

อย่างไรก็ตามความดันห้องหม้อน้ำที่ไม่สมดุลเกิดขึ้นในกรณีที่ช่องเปิดเพื่อการหมุนเวียนอากาศเปิดเพียงด้านเดียวของอาคาร เราสามารถลดปัญหานี้ได้โดยการติดตั้งตัวสะท้อนลมที่ได้รับการออกแบบมาเป็นอย่างดี โดยติดตั้งไว้ด้านหน้าของช่องเปิด

- **ปัญหาที่เกี่ยวกับพื้นที่ช่องเปิดรับอากาศสดจากภายนอกมีไม่เพียงพอ**

พื้นที่ว่างรอบหม้อน้ำควรมีความดันเท่ากับความดันอากาศภายนอกอาคาร สามารถทำได้ในกรณีที่อากาศไหลผ่านเข้าสู่ห้องหม้อน้ำ โดยผ่านทางช่องเปิดที่มีมากกว่าหนึ่งช่อง ช่องเปิดนี้ควรมีขนาดใหญ่เพียงพอที่ไม่ทำให้เกิดการลดลงของความดันในขณะที่อากาศไหลเข้าสู่ห้องหม้อน้ำ พื้นที่ของช่องเปิดที่ไม่เพียงพอ ก่อให้เกิดความดันด้านลบภายในห้องหม้อน้ำ นอกจากนี้ความดันตกคร่อมจะสูงมากขึ้นเมื่ออัตราการเผาไหม้สูงขึ้น

กฎในการออกแบบขนาดช่องเปิดนั้นได้รับจากประสบการณ์ข้อแนะนำโดยทั่วไป คือ พื้นที่ช่องเปิด 1 ตารางนิ้ว ต่อ ความสามารถหม้อน้ำ 1,000 BTU/hr หากมีการติดตั้งตาข่ายละเอียด (ชนิดกันแมลง) ที่ปากทางเข้าของช่องเปิด ให้เพิ่มพื้นที่ช่องเปิดเป็น 2 – 3 เท่าของค่าปกติ

ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อน้ำอาจลบพื้นที่ช่องเปิด เพื่อไม่ให้อากาศหนาวภายนอกเข้ามาในห้อง การแก้ปัญหา คือ ควรต่อท่อลำเลียงอากาศสำหรับการเผาไหม้เข้าสู่ช่องเปิดโดยตรง หรือมีการสร้างห้องควบคุม สำหรับเป็นที่ปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานโดยเฉพาะ ซึ่งถือเป็นการลดเสียงรบกวนเนื่องจากหม้อน้ำอีกด้วย

หากเป็นไปไม่ได้ ควรใช้อากาศจากภายนอกไหลผ่านส่วนของห้องหม้อน้ำที่มีความร้อน เพื่อรับความร้อนก่อนจะเข้าสู่หม้อน้ำ ถือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำ และเป็นการทำเย็นพื้นที่ไปในคราวเดียว

หากหม้อน้ำใช้ Damper แบบความดัน หรือ Draft hood ห้องหม้อน้ำต้องการพื้นที่เปิดเพิ่มเติมสำหรับให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์เหล่านี้ ขนาดของช่องทางเข้าต้องเหมาะสมกับปริมาณอากาศที่ต้องไหลผ่าน Hood และ Damper ซึ่งจะมีปริมาณมากกว่าความต้องใช้อากาศในการเผาไหม้ หากช่องเปิดมีขนาดเล็กเกินไป ความดันในห้องหม้อน้ำจะมีค่าลบ และการไหลของก๊าซร้อนจะไม่เสถียร

- **ปัญหาที่เกี่ยวกับพัดลมในห้องหม้อน้ำ**

พัดลมทำให้อากาศเคลื่อนที่ได้โดยการสร้างความดันแตกต่าง ดังนั้นพัดลมที่ใช้ในการนำอากาศเข้าหรือออก ห้องหม้อน้ำจะทำให้เกิดความดันเปลี่ยนแปลงในห้องหม้อน้ำ การออกแบบห้องหม้อน้ำทั่วไปบางครั้งมีการติดตั้งพัดลมไล่ก๊าซไอเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีอุปกรณ์อื่นติดตั้งอยู่ด้วย เช่น หอพึ่งเย็นและระบบปรับอากาศ ซึ่งผู้ออกแบบมั่งไม่ได้คำนึงถึงการปั่นป่วนของ Draft ที่อาจเกิดขึ้นได้

การแก้ไขปัญหาในทุกกรณี คือ นำพัดลมที่ก่อให้เกิด Draft ที่ไม่เหมาะสมออก หากพัดลมสำหรับหมุนเวียนอากาศมีความดันแตกต่างมากเพียงพอ ที่จะทำให้เกิดเสียงลมผ่านในทุกช่องเปิด จะบ่งชี้ได้ว่าพัด

ลมมีขนาดใหญ่เกินไป หรือช่องเปิดมีขนาดเล็กเกินไป โดยหลักการแล้วสามารถลดผลที่เกิดจากพัดลมในห้องหม้อน้ำ โดยการสร้างช่องเปิดให้มีพื้นที่โดยรวมมากกว่าพื้นที่หน้าตัดของพัดลม แต่ในทางปฏิบัติอาจแก้ปัญหาจริงไม่ได้

พัดลมสำหรับหมุนเวียนอากาศภายในห้องหม้อน้ำ ไม่ก่อให้เกิดปัญหาใด ๆ นอกจาก ทำให้การทำงานของพัดลมสำหรับอากาศเผาไหม้และหัวเผามีปัญหาเกิดขึ้น

- **ปัญหาที่เกี่ยวกับการขวางกันของเขม่า**

หม้อน้ำบางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งหม้อน้ำที่สร้างจากเหล็กหล่อที่มีช่องผ่านแคบ Draft แบบเป็นหวง ๆ หรือแบบไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการสะสมของเขม่าหนัก

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *0.1 – 5% ของการบริโภคเชื้อเพลิง รวมถึงมูลค่าการทำความสะอาดท่อฝั่งไฟที่ลดลง นอกจากนี้ยังกำจัดปัญหาที่เกี่ยวกับความปลอดภัยได้อีกด้วย*

มูลค่าการลงทุน : *แปรเปลี่ยนค่อนข้างกว้างขึ้นอยู่กับธรรมชาติของปัญหา*

ระยะเวลาคืนทุน : *เนื่องจากเป็นมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนจึงมีระยะการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างกว้าง ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ Draft อาจมีเงื่อนไขที่ค่อนข้างยาก ซึ่งต้องทำการแก้ไขไปพร้อมกับการดำเนินมาตรการที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย*

กลเม็ดของมาตรการ

การวิเคราะห์หาปัญหา : *ปัญหาที่เกี่ยวกับ Draft สามารถวิเคราะห์ได้โดยง่ายแต่ต้องมีความมั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นก่อนที่จะทำการเลือกวิธีการแก้ปัญหา*

มาตรการที่ 3.1.12
การลดการสูญเสียจาก Draft ในขณะเดินตัวเปล่า

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

การสูญเสียในขณะเดินตัวเปล่าเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียพลังงานในหม้อน้ำ หากหม้อน้ำใดประสบปัญหาดังกล่าวนี้ให้รีบทำการแก้ไขเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน

- **การสูญเสียขณะเดินตัวเปล่าคืออะไร**

เมื่อหม้อน้ำกำลังทำงานความร้อนจะถูกถ่ายเทจากพื้นผิวภายในของหม้อน้ำ เนื่องจากการเผาไหม้ของก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นผิวดังกล่าว ในทางกลับกันหม้อน้ำจะสูญเสียความร้อนสู่อากาศเย็นภายในหม้อน้ำ ในขณะที่หัวเผาไม่มีการเผาไหม้ ถ้าอากาศสามารถหมุนเวียนผ่านหม้อน้ำในขณะที่ไม่มีการเผาไหม้ ความร้อนสูญเสียจะเกิดขึ้นด้วยวิธีนี้เป็นอย่างมาก ความร้อนสูญเสียนี้เรียกว่า ความร้อนสูญเสียขณะเดินตัวเปล่า หรือ Stand by loss มี 2 สาเหตุด้วยกัน ที่อากาศสามารถไหลผ่านพื้นที่เผาไหม้ในขณะที่ หม้อน้ำไม่มีการเผาไหม้ นั่นคือ เนื่องจากการพา และการ Purge โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียเนื่องจากการพา

อากาศ บรรยากาศ ที่มีอุณหภูมิต่ำ ไหลเวียนได้ด้วยการพาโดยผ่านตัวหม้อน้ำ จะทำการนำเอาความร้อนจากก๊าซไอเสียร้อนไปด้วย อุณหภูมิที่สูงภายในหม้อน้ำจะก่อให้เกิดแรงเนื่องจากการพา และทำให้อากาศที่อยู่ภายในหม้อน้ำมีความหนาแน่นต่ำลงและมีมวลที่น้อยลง หากหม้อน้ำไม่ได้มีการติดตั้ง แดมเปอร์ เพื่อป้องกันการพา ดังนั้นเมื่อหัวเผาไม่มีการเผาไหม้ การพาก็จะเกิดขึ้นภายในหม้อน้ำ การสูญเสียในขณะเดินตัวเปล่า ที่เกิดจากการพานั้น จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่หม้อน้ำหยุดการเผาไหม้

การพาที่ก่อให้เกิดผลแย่ที่สุด เกิดขึ้นในหม้อน้ำที่มีห้องเผาไหม้ซึ่งเปิดออกสู่บรรยากาศ หม้อน้ำเหล่านี้ไม่มีวิธีใดที่จะจำกัดการพาได้ และนอกจากนั้นความต้านทานการไหลของช่องผ่านก๊าซก็ต่ำอีกด้วย

การพาที่ก่อให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด เกิดขึ้นในหม้อน้ำที่มีห้องเผาไหม้แบบปิดและใช้พัดลมแบบเป่าในการจำกัดการพาหัวเผาแบบ Power ที่มีขนาดใหญ่โดยส่วนใหญ่นั้นจะมี แดมเปอร์ ติดตั้งอยู่เป็นชุดเดียวกัน เพื่อใช้สำหรับปิดช่องทางเดินของอากาศในกรณีที่หัวเผาหยุดทำงาน

ระบบหม้อน้ำบางระบบ ใช้ แดมเปอร์ ในฝั่งก๊าซไอเสียซึ่งสามารถปิดได้ในขณะที่หม้อน้ำไม่มีการเผาไหม้ ในหม้อน้ำที่ไม่มี แดมเปอร์ ปริมาณของการสูญเสียเนื่องจากการพาจะขึ้นอยู่กับ ความต้านทานการไหลของก๊าซภายในหม้อน้ำเป็นหลัก หม้อน้ำที่ใช้หัวเผาแบบความดันบรรยากาศโดยทั่วไปแล้วจะมีความต้านทานการไหลภายในน้อยมาก ดังนั้นการสูญเสียเนื่องจากการพาจึงมีแนวโน้มสูง บางครั้งอาจสูงถึง 10% ของอัตราการใช้เชื้อเพลิง ในทางกลับกันหม้อน้ำแบบท่อไฟที่มีการวกกลับหลายครั้งมีความต้านทานการไหลที่สูง ดังนั้นการสูญเสียเนื่องจากการพาจึงมีค่าลดลง

การสูญเสียเนื่องจากการพาสามารถลดได้โดยใช้หัวเผาที่มีค่า Turndown ratio สูง หัวเผาแบบนี้สามารถปรับระดับการเผาไหม้ได้อย่างกว้างตลอดระยะเวลาการทำงาน เพื่อลดระยะเวลาที่ทำให้เกิดการสูญเสียแบบการพา หรือลดระยะเวลาที่ต้องปิดหัวเผาได้

2. การสูญเสียเนื่องจากการ Purge

การ Purge เป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยสำหรับหม้อน้ำที่ใช้พัดลมแบบเป่า วัตถุประสงค์ของการ Purge คือเพื่อมั่นใจว่า ภายในห้องเผาไหม้จะมีเพียงอากาศเท่านั้นสำหรับใช้ในการเผาไหม้ เนื่องจากหากห้องเผาไหม้มีส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่อากาศและเชื้อเพลิงอาจเกิดการระเบิดขึ้นได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการระเบิด ระบบหัวเผาได้รับการโปรแกรมให้สั่งงานพัดลมให้ทำงานในช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะมีการเผาไหม้เกิดขึ้น เพื่อทำหน้าที่ดึงอากาศปริมาณหนึ่งออกจากหม้อน้ำ อากาศนี้จะถูกแทนที่ด้วยอากาศสดซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าและอากาศสดนี้จะเข้ามาดูดซับความร้อนที่เกิดขึ้นจากหม้อน้ำในการทำงานก่อนหน้านี้

ระบบหัวเผาบางระบบ สามารถทำการ Purge ได้หลังจากหยุดการเผาไหม้ หรือที่เรียกว่า Post-purge วัตถุประสงค์ของ Post-purge คือ ไล่ผลผลิตจากการเผาไหม้ทั้งหมดออกจากระบบหลังจากที่หยุดการเผาไหม้ วิธีนี้มีความจำเป็นเนื่องจากเมื่อมีการหยุดการเผาไหม้อาจก่อให้เกิด Draft ที่ไหลย้อนกลับซึ่งอาจจะพาเอาก๊าซไอเสียกลับมาสู่ห้องเผาไหม้ได้ การ Post-purge นี้ถือเป็นการสูญเสียความร้อนที่สำคัญเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงในฝั่งด้านไฟจะสูญเสียไปกับการ Purge อย่างรวดเร็ว

การสูญเสียในขณะเดินตัวเปล่าจากการ Purge เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราที่หัวเผาทำการเปิดและปิด ด้วยเหตุนี้การสูญเสียเนื่องจากการ Purge สามารถลดได้โดยใช้หัวเผาที่มี Turndown ratio สูง ซึ่งสามารถทำงานได้ในขณะที่มีภาระการทำงานต่ำโดยไม่ต้องมีการปิดหัวเผา

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **การลดการสูญเสียในขณะเดินตัวเปล่าจะช่วยลดอันตรายที่เกิดขึ้นกับหม้อน้ำ**

การลดการสูญเสียในขณะเดินตัวเปล่าสามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อน้ำได้ ยกตัวอย่างเช่น การรั่วไหลของของไหลในท่อ และการเสื่อมสภาพของวัสดุทนไฟ ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในหม้อน้ำ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการพาและการ Purge

เมื่อหัวเผามีการเปิดและปิด หากจำนวนรอบในการเปิดและปิดมีบ่อยครั้ง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่อยู่ภายในหม้อน้ำบ่อยครั้งตามไปด้วย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินี้จะทำให้เกิดการพาอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในตัวหม้อน้ำ แม้ว่าหม้อน้ำจะได้รับการออกแบบให้ทนต่อปรากฏการณ์ดังกล่าวแต่ถ้าหากเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวมากเกินไปก็อาจส่งผลทำให้หม้อน้ำเกิดความเสียหายได้

การ Purge ก่อให้เกิดวัฏจักรของความเครียดที่มีปริมาณมากขึ้นกับหม้อน้ำ การไหลแบบทันทีทันใดของอากาศเย็นก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของอุปกรณ์ภายในหม้อน้ำ วัฏจักรของการ Post-purge ก็มีผลในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน

- **การพิจารณาด้านความปลอดภัย**

อากาศเผาไหม้และก๊าซไอเสียต้องสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ตราบใดที่หัวเผายังทำงานอยู่ พัดลมทั้งหมดในช่องทางผ่านของก๊าซเผาไหม้ต้องทำงานในขณะที่หัวเผาเผาไหม้ แดมเปอร์ ทุกตัวต้องทำงานอย่างเหมาะสมในขณะที่มีการเผาไหม้ และแดมเปอร์ เหล่านี้ต้องเปิดอย่างเต็มที่ในช่วง วัฏจักรการทำงานของ Pre-purge และ Post-purge ความล้มเหลวของพัดลมหรือ แดมเปอร์ อาจก่อให้เกิดการไหลย้อนกลับของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียถึงขั้นเกิดการระเบิดขึ้นได้ ดังนั้นในการ

ปรับปรุงใดๆ ควรมีการปรึกษาหรือควรกระทำโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้รับการอบรมมาเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นเกี่ยวกับความปลอดภัย

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *สูงถึง 2 % ของมูลค่าที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง*

มูลค่าการลงทุน : *ราคาของเกจวัด Draft น้อยกว่า 3,500 บาท ($100) จำนวนของผู้ปฏิบัติงานที่ต้องการใช้ในการปรับตั้ง Draft น้อยมาก*

ระยะเวลาคืนทุน : *สั้น การปรับตั้ง Draft ถือเป็นงานทั่วไปของการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ*

กลเม็ดของมาตรการ

การเตรียมพร้อม : *ควรมั่นใจว่าโรงงานมีการจัดซื้อตัวปรับตั้ง Draft สำหรับหม้อน้ำและระบบก๊าซไอเสียที่ถูกต้องและได้รับการติดตั้งให้มีการทำงานได้ถูกต้องเหมาะสม*

ทักษะ : *การปรับตั้ง Draft เป็นเรื่องไม่ยากแต่ต้องการความรู้เฉพาะทางดังนั้นจึงควรมั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานที่กำลังปรับตั้งอยู่นั้นมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของระบบเป็นอย่างดี*

การทำซ้ำ *: ให้ทำการวัด Draft ทุกครั้งที่เรามีการปรับตั้ง หรือมีการทำงานใดๆ ก็ตามที่เกี่ยวข้องกับหัวเผา นอกจากนี้ ทำการตรวจสอบ Damper แบบความดัน และ Damper สำหรับก๊าซไอเสียที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ในช่วงเวลาที่เหมาะสม หากเป็นไปได้ให้ทำการวางแผนไว้ในตารางการทำงานประจำปี*

มาตรการที่ 3.1.13
การควบคุมปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การโบลว์ดาวน์ คือ การระบายน้ำบางส่วนของหม้อน้ำเพื่อนำเอาสิ่งสกปรกที่เจือปนในน้ำที่สะสมในหม้อน้ำออกไป ส่วนมากสารปนเปื้อนเหล่านี้จะถูกนำเข้ามาในระบบโดยน้ำเติม ในการบำบัดทางเคมีของน้ำ สองส่วนของสารฟอสเฟตจะประกอบด้วยสารประกอบที่มีความกระด้าง (ส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียม)หนึ่งส่วน ซึ่งทำให้เกิดของแข็งสามส่วนโดยจะสะสมอยู่ที่ด้านล่างของหม้อน้ำและกลายเป็นตะกรันโคลน ตะกรันเหล่านี้จะถูกระบายออกก่อนที่จะแข็งตัว หรือสะสมพอเพียงที่จะขัดขวางการไหลของน้ำ

ดังนั้นการโบลว์ดาวน์ก็คือส่วนหนึ่งของการบำบัดน้ำในหม้อน้ำ เปอร์เซ็นต์ของการโบลว์ดาวน์จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำเติม และน้ำในหม้อน้ำ ในหม้อน้ำที่ใช้น้ำเติมที่มีความบริสุทธิ์มาก เปอร์เซ็นต์ของการโบลว์ดาวน์จะต่ำ ในการใช้งานถ้าน้ำเติมมีสารปนเปื้อนจำนวนมาก เปอร์เซ็นต์ของการโบลว์ดาวน์ก็จะสูงขึ้นด้วย

ผลของการโบลว์ดาวน์ไม่เพียงพอจะเกิดตะกรันเกาะพื้นผิวการถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพหม้อน้ำลดลง และทำให้เกิดการกัดกร่อนในท่อต่างๆ และหม้อน้ำ

การโบลว์ดาวน์มากเกินไปจะทำให้สูญเสียพลังงาน เพิ่มต้นทุนในการบำบัดน้ำ และทำให้สูญเสียปริมาณน้ำดิบ การโบลว์ดาวน์มากเกินไปเกิดขึ้นได้ในโรงงานต่างๆ มากมาย เนื่องจากการผู้ใช้พยายามทำให้หม้อน้ำทำงานอยู่ในสภาวะที่ปลอดภัย วิธีการควบคุมการโบลว์ดาวน์ของหม้อน้ำส่วนใหญ่ จะเปิดวาล์วโบลว์ดาวน์บางส่วนและปล่อยให้ปริมาณน้ำในหม้อน้ำบางส่วนไหลออกมา ในการโบลว์ดาวน์นั้นจะต้องทำการควบคุมปริมาณน้ำที่ทำการโบลว์ดาวน์ด้วย และต้องทำการตรวจวัดคุณภาพของน้ำอย่างต่อเนื่อง และทำการปรับอัตราการโบลว์ดาวน์ให้สอดคล้องกัน

มาตรการนี้ทำให้ทราบถึงวิธีการควบคุมการโบลว์ดาวน์ ซึ่งเป็นการควบคุมด้วยมือ ส่วนมาตรการที่ 3.2.10 เป็นการแนะนำการติดตั้งระบบอัตโนมัติในการควบคุมการโบลว์ดาวน์ ซึ่งเหมาะสมในการควบคุมการโบลว์ดาวน์ได้อย่างแม่นยำ

- **การระบายน้ำจากด้านบนและด้านล่างหม้อน้ำ (Top Blow and Bottom Blow)**

สารเจือปนที่เป็นของแข็งซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าน้ำจะจมลงอยู่ก้นของหม้อน้ำ สารเจือปนเหล่านี้จะถูกระบายออกที่ก้นของหม้อน้ำ วิธีการนี้จะเรียกว่า ‘‘การโบลว์ดาวน์จากด้านล่าง’’ ตะกอนโคลนจะสะสมอยู่ที่ก้นของหม้อน้ำ ซึ่งสามารถรอจนกระทั่งตะกอนโคลนสะสมพอเพียงที่จะทำการระบายออก

สำหรับของแข็งปนเปื้อนที่มีน้ำหนักเบากว่าน้ำ สารปนเปื้อนเหล่านี้จะลอยอยู่บนผิว สารปนเปื้อนเหล่านี้จะแยกตัวออกจากสารละลายที่พื้นผิวของน้ำ เมื่อน้ำถูกระเหยออกไป สารปนเปื้อนจะถูกกำจัดจากการโบลว์ดาวน์ ซึ่งจะติดตั้งใกล้ๆด้านล่างของท่อน้ำ วิธีนี้เรียกว่า ‘‘การโบลว์ดาวน์จากด้านบน หรือ การโบลว์ที่ผิว’’



รูปที่ 3.1.13-1 แสดงการโบลว์ดาวน์ที่ผิว และ การโบลว์ดาวน์ก้นหม้อน้ำ

ในทางปฏิบัติที่ถูกต้องเพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารปนเปื้อนโดยวิธีการโบลว์ดาวน์จากด้านบนจะดีกว่าการโบลว์ดาวน์จากด้านล่าง สารปนเปื้อนและน้ำดิบซึ่งลอยอยู่บนผิวจะถูกนำออกไปกับไอน้ำ ดังนั้นการระเหยที่ผิวทำให้ความเข้มข้นของสารเจือปนเหล่านี้จะสูงขึ้น

ในหม้อน้ำชนิดท่อน้ำ การโบลว์ดาวน์จากด้านล่างจะเป็นสาเหตุของการไหม้ของท่อน้ำ เนื่องจากน้ำโบลว์ดาวน์ที่ระบายทิ้ง จะทำให้การไหลของน้ำในท่อน้ำลดลงทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างน่ากลัว จนกระทั้งทำให้ท่อน้ำเกิดการไหม้เกิดขึ้น

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **การคำนวณอัตราการโบลว์ดาวน์**

เราสามารถคำนวณอัตราการโบลว์ดาวน์ได้ง่ายจากความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำโดยใช้สมการดังนี้

$$\text{อัตราการโบลว์ดาวน์} = \frac{\text{อัตราของน้ำเติม x [ค่า TDS ของน้ำป้อน]}}{\text{(ค่า TDS ของน้ำในหม้อน้ำ - ค่า TDS ของน้ำป้อน)}}$$

เมื่อ TDS คือ จำนวนของแข็งที่ละลายทั้งหมด (ppm)

อัตราการการโบลว์ดาวน์ และอัตราของน้ำเติมอยู่ในรูปของอัตราการไหลเชิงมวล เช่น kg/hr

ตัวอย่างเช่น ถ้า ค่า TDS ของน้ำป้อนเท่ากับ 5 % ของ TDS ที่ต้องการในหม้อน้ำ อัตราการโบลว์ดาวน์ควรจะมากกว่า 5 % ของอัตราของน้ำเติม ถ้าระบบมีการสูญเสียไอน้ำ 1,000 kg/hr อัตราการโบลว์ดาวน์ที่ถูกต้องจะเท่ากับ 52.6 kg/h

- **พลังงานที่สูญเสียจากการโบลว์ดาวน์**

จำนวนพลังงานที่สุญเสียจากการโบลว์ดาวน์จะเป็นสัดส่วนต่ออุณหภูมิของน้ำในหม้อน้ำและอัตราการโบลว์ดาวน์ (ปริมาณพลังงานของน้ำในหม้อน้ำจะอยู่ในรูปของความร้อนสัมผัสทั้งหมด ซึ่งเป็นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ) ตัวอย่างเช่น ถ้าความดันของหม้อน้ำเท่ากับ 7.0 bar อุณหภูมิของน้ำในหม้อน้ำจะเท่ากับ165 °C และอุณหภูมิของน้ำเติมเท่ากับ 35 °C ดังนั้นพลังงานที่น้ำเติมต้องการในการให้ความร้อนแก่น้ำเติมเท่ากับ 535.60 kJ เพื่อให้น้ำเติมมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 130 °C

จากตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นว่าการสูญเสียความร้อนจากการโบลว์ดาวน์เป็นสิ่งที่เลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากการโบลว์ดาวน์เป็นการรักษาคุณภาพของน้ำอย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามการโบลว์ดาวน์ที่มากเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน และน้ำ

- **การควบคุมการโบลว์ดาวน์จากด้านบนหม้อน้ำ**

โดยปกติการโบลว์ดาวน์จะควบคุมจากพื้นฐานของการรักษาระดับของค่า TDS (Total Dissolved Solid) ซึ่งวัดปริมาณสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำของหม้อไอน้ำโดยตรงว่าใน 1 ล้านส่วนมีสารแขวนลอยกี่ส่วน (ppm) ไม่ให้สูงเกินยอมรับได้ ความเข้มข้นของ TDS ของน้ำในหม้อน้ำจะสัมพันธ์กับความกระด้าง ซึ่งก็คือความเข้มข้นของอิออนของแคลเซียม และอิออนของแมกนีเซียม

- **การโบลว์ดาวน์จากด้านบนแบบต่อเนื่อง หรือแบบครั้งคราว**

การโบลว์ดาวน์แบบครั้งคราว จะทำก็ต่อเมื่ออัตราการโบลว์ดาวน์มีค่าต่ำ และการโบลว์ดาวน์แบบต่อเนื่อง จะทำก็ต่อเมื่อต้องการโบลว์ดาวน์จำนวนมาก ปัจจัยหลักของการโบลว์ดาวน์ก็คือ อัตราการโบลว์ดาวน์ ถ้าเปิดวาล์วโบลว์ดาวน์เต็มที่ในช่วงเวลาหนึ่ง เราสามารถที่จะคาดคะเนปริมาณการโบลว์ดาวน์ได้ถูกต้อง ในทางกลับกัน ถ้าค่อยเปิดวาล์วโบลว์ดาวน์ เราไม่สามารถคาดคะเนปริมาณการโบลว์ดาวน์ได้เลย

ประเด็นสำคัญควรรักษาอัตราการโบลว์ดาวน์ให้ใกล้ค่าที่เหมาะสมเท่าที่จะเป็นไปได้ ถ้าต้องการอัตราการโบลว์ดาวน์สูงๆ จะต้องทำการโบลว์ดาวน์อย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาระดับของค่า TDS ในทางตรงข้าม ถ้าอัตราของน้ำเติมต่ำ และน้ำเติมมีความบริสุทธิ์ อาจจะทำการโบลว์ดาวน์ 2-3 ชั่วโมงครั้ง

- **การวัดค่า TDS**

วิธีที่ง่ายที่สุดในการวัดค่า TDS คือใช้มิเตอร์วัด TDS โดยความเป็นจริงแล้วมิเตอร์จะวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อน้ำ แต่จะแสดงออกมาในรูปของค่า TDS มิเตอร์วัด TDS มีประโยชน์มากสำหรับการวัดแบบต่อเนื่อง และมีความจำเป็นอย่างยิ่งในหม้อน้ำมีอัตราการโบลว์ดาวน์สูง เราสามารถวัด TDS โดยวิธีทดสอบทางเคมี ในหม้อน้ำขนาดเล็กซึ่งมีอัตราการโบลว์ดาวน์ต่ำ หรือใช้วิธีการทดสอบทางเคมีเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของมิเตอร์วัด TDS

- **วิธีการควบคุมด้วยมือ**

ถ้าต้องการโบลว์ดาวน์แบบครั้งคราว ทำการเปิดวาล์วโบลว์ดาวน์ในช่วงเวลาที่กำหนด เช่น 10 วินาที และสังเกตค่า TDS จากมิเตอร์วัด TDS ทำซ้ำจนกระทั้งรักษาค่า TDS อยู่ในระดับเหมาะสม

ถ้าต้องการโบลว์ดาวน์อย่างต่อเนื่อง ต้องทำการปรับวาล์วโบลว์ดาวน์เทียบกับค่าที่อ่านได้มิเตอร์วัด TDS โดยผู้ควบคุมหม้อน้ำควรเฝ้าสังเกตค่าที่อ่านจากมิเตอร์อย่างต่อเนื่อง

ถ้าการควบคุมการโบลว์ดาวน์ด้วยมือทำได้ลำบาก ควรทำการติดตั้งการควบคุมการโบลว์ดาวน์อัตโนมัติ โดยจะกล่าวถึงในมาตรการที่ 3.3.8

- **การควบคุมการโบลว์ดาวน์จากด้านล่างหม้อน้ำ**

ทำการโบลว์ดาวน์แบบครั้งคราว หาช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยการต่อท่อทางออกไปยังภาชนะบรรจุและสังเกตสิ่งที่ปล่อยออกจากการโบลว์ดาวน์ ถ้าการโบลว์ดาวน์จากด้านล่างยังปรากฏตะกรันโคลนอยู่ ทำการขยายเวลาออกไปอีก

- **ความต้องการการโบลว์ดาวน์ที่น้อยที่สุด**

สำหรับการหาอัตราการโบลว์ดาวน์ดังที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าความต้องการการโบลว์ดาวน์จะเป็นสัดส่วนกับอัตราของน้ำเติมและความเข้มข้นของของแข็งในน้ำป้อน จากความสำคัญดังกล่าวจะเห็นได้ว่า

1. ถ้าระบบหม้อน้ำมีน้ำสูญเสียจำนวนเล็กน้อย การโบลว์ดาวน์จะมีปริมาณน้อยลงไปด้วย เนื่องจากหม้อน้ำมีความต้องการน้ำเติมในปริมาณต่ำจึงทำให้เกิดสารปนเปื้อนไปยังระบบน้อยลง

2. ถ้าน้ำเติมมีความบริสุทธิ์ ความต้องการในการโบลว์ดาวน์จะน้อยลง เนื่องจากไม่มีน้ำเติมที่ทำให้เกิดสารปนเปื้อนไปยังระบบ ดังนั้นเพื่อที่จะลดความต้องการการโบลว์ดาวน์

1) ลดการรั่วในระบบมากเท่าที่จะเป็นไปได้

2) รักษาสภาพน้ำเติมให้ดีที่สุดก่อนที่จะกลายเป็นน้ำป้อน

การวิเคราะห์ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การลดอัตราการโบลว์ดาวน์ลง หมายความว่าการใช้พลังงานก็ลดลงเช่นกัน เนื่องจากอุณหภูมิน้ำโบลว์ดาวน์นั้นเท่ากับอุณหภูมิไอน้ำที่ผลิต นั่นก็คือต้องใช้พลังงาน หรือเชื้อเพลิงในปริมาณที่เท่ากันในการที่จะทำให้ได้อุณหภูมิสูง อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนน้ำป้อนที่ต้องใช้ในการทดแทนน้ำที่โบลว์ดาวน์ออกไปด้วย ทั้งนี้หากมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแบบอัตโนมัติก็จะสามารถลดอัตราการโบลว์ดาวน์ที่เกินจำเป็นนี้ได้

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ติดตั้งระบบควบคุมการโบลว์ดาวน์แบบอัตโนมัติ โดยสามารถลดอัตราการโบลว์ดาวน์จาก 8% เหลือ 6% สมมุติให้ระบบผลิตไอน้ำทำงานแบบต่อเนื่อง ใช้น้ำมันเตา A เป็นเชื้อเพลิง, ความดัน 7.0 bar , ผลิตไอน้ำ 5.0 ton/hr อุณหภูมิน้ำป้อน 60 °C ประสิทธิภาพหม้อน้ำ 80% ต้นทุน 17 บาทต่อลิตร ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำ 0.02 บาทต่อลิตร หม้อไอน้ำทำงาน 16 ชั่วโมง 300 วันต่อปี ประสิทธิภาพการเผาไหม้ 80% สามารถคำนวณผลประหยัดได้ดังนี้

น้ำป้อนหม้อไอน้ำก่อนการปรับปรุง	=	5,000 / (1 — 0.08)	
	=	5,434.78	kg/hr
น้ำป้อนหม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง	=	5,000 / (1 — 0.06)	
	=	5,319.15	kg/hr
สามารถประหยัดน้ำป้อนได้	=	5,434.78 - 5,319.15	
	=	115.63	kg/hr
Enthalpy of Boiler Water (@ 7.0 bar)	=	697.20	kJ/kg
Enthalpy for Makeup water (@60 °C)	=	251.11	kJ/kg

พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	697.20 – 251.11	
	=	446.09	kJ/kg
ค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	115.63 kg/hr x 4,800 h/y x 446.09 kJ/kg x 17 ฿/l	
		(0.80 x 38.18 x 1000)	
	=	137,802.55	฿/y
ค่าน้ำป้อน และสารเคมีที่ใช้บำบัด	=	115.63 kg/hr x 4,800 h/y x 0.02 ฿/l	
	=	11,100.48	฿/y
ผลประหยัดรวม	=	148,903.03	฿/y

ในการควบคุมอัตราการโบลว์ดาวน์อัตโนมัตินั้นต้องต้องตั้งค่าให้สัมพันธ์กับคุณภาพของน้ำด้วย เช่น ค่า Conductivity ค่าความเข้มข้นของ Chlorides และ ค่า TDS เป็นต้น

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *0.1-2 เปอร์เซ็นต์ของการใช้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำ ขึ้นอยู่กับอัตราของน้ำเติม ความดันของหม้อน้ำ และสภาพของน้ำเติม*

มูลค่าการลงทุน : *น้อยมาก*

ระยะเวลาคืนทุน : *ทันที*

กลเม็ดของมาตรการ

การติดตั้งและตรวจสอบ : *ปรับปรุงแผนการในการโบลว์ดาวน์ให้เหมาะสมกับสภาพของน้ำ ชนิดของหม้อน้ำ และสภาวะการทำงานของหม้อน้ำ ใช้ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำเป็นแนวทางในการโบลว์ดาวน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่า TDS เมื่อหม้อน้ำเย็นตัวลง ตรวจสอบระดับน้ำด้านข้าง เพื่อยืนยันว่าเพียงพอสำหรับการโบลว์ดาวน์ ตรวจสอบพื้นที่ระบายด้านล่างเพื่อพอเพียงสำหรับการโบลว์ดาวน์จากด้านล่าง*

การฝึกฝนและการให้คำแนะนำ : *สร้างตารางเวลาสำหรับการโบลว์ดาวน์ และนำไปไว้รวมกับตารางจดบันทึกการทำงานของหม้อน้ำ ตรวจสอบว่าขั้นตอนต่าง ๆได้ปฏิบัติตามขั้นตอนหรือไม่*

กรณีศึกษา : มาตรการการควบคุมปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์

ความเป็นมาและปัญหาก่อนการปรับปรุง

ในระบบการผลิตไอน้ำของโรงงานมีหม้อไอน้ำจำนวน 1 ลูก ขนาด 3 ตัน ชนิดของ หม้อไอน้ำเป็นแบบท่อไฟ ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดันเฉลี่ย 7 bar(g) ซึ่งในส่วนของการดูแลเรื่องการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อไอน้ำ พนักงานของโรงงานจะคอยดูแลทำการโบลว์ดาวน์ทิ้งวันละ 3 ครั้ง หรือกะละครั้ง ในการควบคุมการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อไอน้ำทิ้งของระบบก่อนปรับปรุงนั้น พนักงานผู้ควบคุมจะทำการโบลว์ดาวน์ทิ้งวันละ 3 ครั้ง โดยจากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย (TDS) ของน้ำในหม้อไอน้ำขนาด 3 ตัน วัดค่าได้ 1,600 ppm (โดยเฉลี่ยจากการบันทึกค่าการตรวจวัดของโรงงาน) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยที่ค่ามาตรฐานควรจะรักษาให้อยู่ที่ 3,500 ppm สำหรับไอน้ำที่แรงดัน 0 – 20 บาร์ แสดงว่าทางโรงงานมีการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อไอน้ำทิ้งเกินความจำเป็นมากเกินไป ดังนั้นจึงทำให้สูญเสียปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งไปนั้น



รูปที่3.1.13-2 ค่า TDS ของน้ำในหม้อไอน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุง

ทำการปรับลดปริมาณการโบลว์ดาวน์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. เก็บข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อไอน้ำ
2. ทำการปรับลดปริมาณการโบลว์ดาวน์ลง โดยรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อไอน้ำให้อยู่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่สุด
3. วิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากปรับลดปริมาณการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อไอน้ำขนาด 3 ตัน ลง โดยทำการโบลว์ดาวน์ 1 อาทิตย์/ครั้ง แล้วผลปรากฏว่าสามารถรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อไอน้ำให้อยู่ที่ 3500 ppm ซึ่งทำให้ลดการสูญเสียปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งลงได้ จากการดำเนินการสามารถประหยัดเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ 0.01519 ktoe/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 55,974 บาท/ปี โดยไม่มีการลงทุน

มาตรการที่ 3.1.14
การปรับความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงจะส่งน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังเก็บไปยังหัวเผา, ปรับความดันน้ำมันสำหรับการแตกตัว และให้ความร้อนสำหรับการปั๊ม และการเผาไหม้ ทุกกรณีกระบวนการเหล่านี้ใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในระบบหม้อไอน้ำ อย่างไรก็ตามการปรับปรุงขบวนการนี้ จะทำให้มีการประหยัดพลังงานมากขึ้น และจะช่วยลดค่าใช้จ่าย น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ในหม้อไอน้ำทั่วไป ถูกแบ่งออกเป็นจำนวนเกรดอยู่ในช่วงระหว่าง 1-6 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะแตกต่างกันตามเกรด ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดน้ำมันและกระบวนการผลิตน้ำมันแต่ละชนิดนั้น เชื้อเพลิงฟอสซิลจะแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของคุณสมบัติของเชื้อเพลิงฟอสซิลต่าง ๆ

การปรับปรุงค่าความหนืดของน้ำมันเพื่อให้เพื่อเพิ่มระสิทธิภาพของหัวเผา

1) การติดตั้งเครื่องมือควบคุมความหนืดของน้ำมันแบบอัตโนมัติ
2) การใช้แหล่งกำเนิดความร้อนที่มีจุดคุ้มทุนมากที่สุด ในการอุ่นน้ำมัน
3) การเพิ่มปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการสันดาป และ การปรับปรุงคุณสมบัติของนำมันเชื้อเพลิง
4) การเปลี่ยนปั๊มมอเตอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ความเข้มข้นของความหนืดของของเหลว ความเข้มข้นของเชื้อเพลิงควรจะอยู่ในช่วงเฉพาะในลำดับขั้นการเผาไหม้ ปัญหาของการเผาไหม้ คือ ช่วงปรับค่าอุณหภูมินั้น และกลุ่มของน้ำมันนั้นกว้าง

การปรับค่าความหนืดของน้ำมันชนิดหนักสำหรับการสันดาปทำโดยการควบคุมความร้อนในการให้ความร้อน ควรมีการควบคุมความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงหนัก ชนิด Number 4 และการหนักกว่า ส่วนน้ำมันที่มีความหนืดน้อยที่น้อยเพียงพอ ที่สามารถเก็บในอุณหภูมิห้อง จะสามารถแตกตัวได้โดยไม่ต้องให้ความร้อน



รูปที่ 3.1.14-1 แสดงอุปกรณ์อุ่นน้ำมันเตาก่อนเข้าหัวเผา

- **ความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงสำคัญอย่างไร**

ถ้าความหนืดของเชื้อเพลิงมีค่าสูงแล้ว จะเกิดการแตกตัวที่ไม่เหมาะสม เป็นสาเหตุให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ การทดลองชดเชยสำหรับการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำโดยการเพิ่มจำนวนการเผาไหม้อากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของ Boiler มากขึ้น สาเหตุการแตกตัวน้อย เปลวไฟที่ยาว เพราะว่ามีการถ่ายเทน้ำมันเชื้อเพลิงเข้า Boiler ก่อนมีการเผาไหม้เกิดขึ้น ในกรณีสุดท้าย เปลวไฟควรจะมาถึงในพื้นผิวของ Boiler ที่มีพื้นผิวเปียก และจะทำให้เปลวไฟดับลง

ถ้าความหนืดของเชื้อเพลิงน้อยมาก แล้วส่วนประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทีการระเหยสูงจะแยกตัวออกจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทีการระเหยต่ำไปยังการเผาไหม้ และเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ในกรณีที่แย่กว่านี้เปลวไฟจะขยายตัวออก เกิดการระเบิดที่เป็นอันตรายของเชื้อเพลิงที่ไม่มีการปรับแต่งโดยในกล่องไฟร้อน (A hot firebox)

การให้ความร้อนมากเกินไป เช่นเดียวกับการเพิ่มการใช้พลังงานในตัวทำความร้อนในน้ำมันเชื้อเพลิง ความร้อนทั้งหมดจะกลับมาใน Boiler ถ้าแหล่งพลังงานของการเผาไหม้มีค่าแพงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงของ Boiler แล้วจะเสียเงินค่าพลังงานความร้อนมากเกินความจำเป็น

- **ความคาดหมายในการปรับค่าความหนืดของนำมันเชื้อเพลิง**

ถ้าลักษณะเฉพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงคงที่ แล้ว การรักษาความหนืดที่ดีจะช่วยให้การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงดี ที่อุณหภูมิเหมาะสม อย่างไรก็ตาม สามารถปรับค่าความหนืดได้ตาเกรดของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นๆ ยกตัวอย่างเช่น ความต่างของน้ำมัน เบอร์ 5 ควรมีค่าปรับค่าอยู่ในช่วงความหนืด 150-800 SSU ที่อุณหภูมิมาตรฐานทดสอบ (การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงหนักได้ออกแบบการทำงานของค่าความหนืดที่ 150 SSU) นอกจากนี้ ถ้าเชื้อเพลิงที่เก็บไว้เป็นเวลานาน ค่าความหนืดจะเปลี่ยนแปลงทำให้ส่วนประกอบของน้ำมันเบามากขึ้นจนลอยขึ้นมาด้านบนของถังเก็บ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **การหาสภาวะที่ดีที่สุดของความหนืดโดยวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้**

ตามทฤษฎีการหาค่าความหนืดที่ดีที่สุดโดยวิธีปรับค่าอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงจนกระทั่งค่าประสิทธิ์ภาพของการเผาไหม้ถึงค่าสูงที่สุดในสภาวะที่มีอากาศเพียงพอ

ลักษณะความไม่แน่นอนของปรับแต่งค่า การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้จะไม่สามารถอธิบายได้เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงไม่เกิดการเผาไหม้ การเผาไหม้ที่มากขึ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงจากการปรับปรุงการแตกตัวของเชื้อเพลิงที่ซึ่งทำให้อุณหภูมิของ Stack เพิ่มขึ้น ในการเผาไหม้ที่อุณหภูมิของ stack ที่มีค่าสูงจำให้ประสิทธิภาพกาเผาไหม้ลดลง ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ควรให้ค่า CO หรือ ค่าระดับของควันนั้นคงที่ในการทดสอบ ทุกๆการสูญเสียของการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้อาจจะเกิดได้จากหลายสาเหตุ

- **แนวทาง: การวัดคาวามหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิง**

แนวทางในการปรับแก้สำหรับความต่างของชนิดเชื้อเพลิงที่ทำการวัดค่าความหนืดของเชื้อเพลิงชนิดใหม่ การคำนวณค่าความหนืดโดยเวลา สำหรับตัวอย่างของเชื้อเพลิงที่ได้จากท่อทิ้งของถังเก็บ อีกวิธีหนึ่งทำโดยวัดค่าความหนืดของการปั่นจานในตัวอย่างเชื้อเพลิง ความสำคัญของการเปรียบเทียบโดยการทดสอบที่อุณหภูมิเดียวกัน ต้องการควบคุมอุณหพลศาสตร์ให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้ 1-2 องศา

➢ **หน่วยของความหนืด**

- SSU : Saybolt Seconds Universal ใช้กับเชื้อเพลิงเบา ใช้วัดที่อุณหภูมิ 38°C
- SSF : Saybolt Seconds Furol ใช้กับเชื้อเพลิงหนัก ใช้วัดที่อุณหภูมิที่ 50°C

➢ **การปรับแต่งความหนืดอย่างไร**

การปรับแก้ค่าความหนืดของเชื้อเพลิงในทุกครั้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเชื้อเพลิง ค่าความหนืด และคุณสมบัติของเชื้อเพลงจะแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดของเชื้อเพลิงนั้น ความบริสุทธิ์ และกระบวนการแตกตัวภายใน ถ้ามีการใช้เหมือนกันแล้วมีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมในการใช้อาจจะทำให้ค่าความหนืดนั้นเปลี่ยนแปลง

ความปลอดภัยสูงสุดในการปฏิบัติการปรับแก้ความหนืดของกลุ่มเชื้อเพลิงใหม่ ซึ่งรวมถึงการไม่รบกวนเชื้อเพลิง การชดเชยการแบ่งชั้น ซึ่งสามารถทำโดยปรับค่าอุณหภูมิของเชื้อเพลิงให้ลดลง

- **การใช้สารเติมแต่งในเชื้อเพลิงเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ**

ความหลากหลายของสารเติมแต่งหาได้ทั่วไปตามท้องตลาด บางชนิดไม่เป็นอันตราย บางชนิดเป็นอันตราย และบางชนิดมีผลกระทบน้อย สารเติมแต่งส่วนมากตามท้องตลาดเป็นปัญหาโดยตรงต่อเชื้อเพลิงหนัก ส่วนเชื้อเพลิงเบาจะมีวิธีแก้ไขแต่มีเงื่อนไขที่ยุ่งยาก

ประโยชน์และวิธีการทางกล

- **การทำให้มีการแตกตัวดีขึ้น** ความสามารถของตัวเผาไหม้ที่ดีของการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามตัวการในการเผาไหม้นั้นต้องการอากาศที่มากในการทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เพราะเราไม่สามารถที่จะผสมอาการกับเชื้อเพลิงได้สมบูรณ์แบบ สารเติมแต่งบางชนิดต้องการการปรับปรุงการแตกตัวให้ดีขึ้น ในทางทฤษฎีอนุญาตการแตกตัวของการเผาไหม้นั้นสมบูรณ์โดยลดความต้องการของอากาศ มี 2 วิธีในการปรับปรุงการแตกตัวของสารเติมแต่งให้แตกต่างจากเดิม คือ ลดแรงตึงผิว และการสร้างไอน้ำในหยดน้ำมัน โดยตามทฤษฎีทำโดยเติมน้ำเข้าไปตอนเชื้อเพลิงกำลังเกิดการระเบิดเป็นไอ วัตถุประสงค์ที่ทำเพื่อให้น้ำเข้าไปผสมอยู่ในเชื้อเพลิง
- **การเพิ่มการเผาไหม้โดยการกระตุ้นทางเคมี** การเข้ากันได้ของโมเลกุลขนาดใหญ่ของเชื้อเพลิงหนัก ปฏิกิริยาเคมีที่ต่อเนื่องของการลด CO_2 และน้ำ จะเร่งอัตราการสลายตัวของการเผาไหม้โดยการลดความต้องการของพลังงาน
- **การลดการผุของ Fireside** การปรับปรุงการแตกตัวของหยดน้ำมันของสิ่งที่เกิดจากการเผาไหม้จะช่วยลดควันและคราบเขม่าที่ติดที่ท่อของ Boiler อย่างไรก็ตามการเตรียมหยดน้ำมันที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีอนุภาคที่ใหญ่เกินไป ด้วยเหตุนี้ลักษณะของสารเติมแต่งของการเผาไหม้จึงไม่มีการปรับปรุง

  สารเติมแต่งอาจจะปกป้องการผุโดยเจือปนเชื้อเพลิงให้ไม่สามารถเผาไหม้ได้รวมในเชื้อเพลิงหนัก สารเติมแต่งบางชนิดเปลี่ยนจุดหลอมเหลวของสารประกอบโลหะไม่ให้ไหลไปเกาะติดที่พื้นผิวของท่อ

1. **ระบบน้ำมันป้องกันการกัดกร่อนโดยกรดน้ำมัน**
   1.1 การทำกรดให้เป็นกลางกับสารที่เป็นด่าง
   1.2 การป้องกันแบฟิล์มที่พื้นผิวโลหะ
2. **การขจัดน้ำออกจากน้ำมัน** น้ำในน้ำมันเป็นสาเหตุของปัญหาต่างๆ เช่น กัดกร่อนระบบโดยตรง รวมตัวกับกำมะถัน และอีกหลายกรณีที่เกิดจากการกัดกร่อน น้ำยังเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดตะกอนน้ำมันในถังอีกด้วยโดยให้น้ำที่ละลายในน้ำมันสัมผัสกับพื้นผิวโลหะ
3. **วิธีการลดตะกอนน้ำมัน ทำได้โดย**
   3.1 ยับยั้งการเกิดตะกอนโดยปฏิกิริยาเคมี
   3.2 การดึงน้ำออกจากน้ำมัน
4. **การป้องกันโดยการเก็บเป็นชั้น** การแยกเชื้อเพลิงหนักโดยการใช้ผลต่างของน้ำหนัก ถ้าเราปล่อยเชื้อเพลิงหนักไว้นานแล้ว ส่วนที่เบากว่าจะลอยขึ้นเหนือส่วนที่หนักกว่า ขอบเขตของการแบ่งชั้นของส่วนประกอบน้ำมัน คือ การรักษาอุณหภูมิ
5. **ทางเลือกของสารเติมแต่งน้ำมันเชื้อเพลิง**
   สารเติมแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงเกือบทุกชนิดสามารถแก้ไขปัญหาในหลายๆทาง วิธีแก้ปัญหาของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดคือ การเลือกซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูง(กำมะถันต่ำ ปริมาณน้ำน้อย เป็นต้น) ผู้ซื้อควรหลีกเลี่ยงน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปัญหามากโดยสามารถตรวจสอบรายละเอียดส่วนประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนั้นๆก่อน

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *0.1-1.0 % ของราคาน้ำมันเชื้อเพลิง*

มูลค่าการลงทุน : *อุปกรณ์ตรวจวัดความหนืดชนิดถ้วยมีราคา ต่ำกว่า 3,500 บาท ($100) อุปกรณ์ตรวจวัดความหนืดชนิดอื่นสามารถที่อาจจะมีราคามากกว่านี้แต่ไม่จำเป็นที่ต้องใช้*

ระยะเวลาคืนทุน : *สั้นมาก ในโรงงาน Boiler มีการใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวนมาก*

กลเม็ดของมาตรการ

การฝึกฝนและการให้คำแนะนำ : *การทดสอบความหนืดนั้นไม่ซับซ้อนแต่ในแต่ละขบวนการห้ามละทิ้ง ใช้การอ่านค่าในการบันทึก เมื่อมีการปรับแก้*

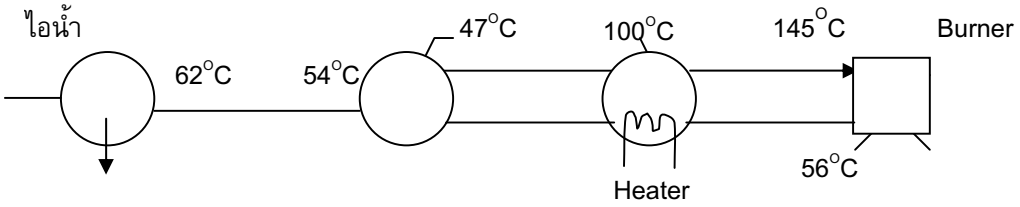
กรณีศึกษา : มาตรการลดอุณหภูมิการอุ่นน้ำมันเตาของหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้งานหม้อไอน้ำ 2 ชุด ขนาด 3 และ 2.4 ตัน ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด C มีการอุ่นน้ำมันด้วยไฟฟ้าและไอน้ำ ฮีตเตอร์อุ่นน้ำมันมีขนาด 18 kW

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การอุ่นน้ำมันส่วนใหญ่ใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนที่ใช้ไอน้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อุณหภูมิน้ำมัน ณ จุดต่าง ๆ ตรวจสอบได้ดังนี้



รูปที่ 3.1.14-2 อุณหภูมิน้ำมัน ณ จุดต่าง ๆ

อุณหภูมิที่ตั้งไว้ก่อนเข้าหัวเผา 145 °C สูงกว่ามาตรฐานของน้ำมันเตา C ทั่วไป ซึ่งควรมีค่าประมาณ 110 °C ทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น



รูปที่ 3.1.14-.3 อุณหภูมิน้ำมันก่อนเข้าหัวเผาก่อนและหลังการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

โรงงานจะดำเนินการปรับปรุงลดอุณหภูมิการอุ่นเชื้อเพลิงจาก 145 °C เป็น 125 °C ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้

สภาพหลังปรับปรุง

หลังการดำเนินการปรับลดอุณหภูมิการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงแล้ว ระบบการเผาไหม้ยังสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์และไม่มีมลภาวะใดๆ จากการดำเนินการสามารถประหยัดพลังงานได้ 0.001 ktoe/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 18,000 บาท/ปี โดยไม่มีการลงทุน

มาตรการที่ 3.1.15
การใช้กับดักไอน้ำที่เหมาะสม

หลักการ ทฤษฎี และ เทคโนโลยี

เนื่องจากกับดักไอน้ำมีหลายประเภท ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์และลักษณะงานต่างๆ การเลือกใช้กับดักไอน้ำ ต้องพิจารณาความเหมาะสมกับเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

- ความดันไอน้ำ
- อุณหภูมิไอน้ำ
- ปริมาณน้ำคอนเดนเสทที่เกิดขึ้น
- เงื่อนไขในการติดตั้ง

โดยปกติแล้ว หลักเกณฑ์ง่ายๆ ในการเลือกใช้กับดักไอน้ำมีดังนี้

- ใช้กับดักไอน้ำแบบจานกับท่อไอน้ำหลัก ท่อย่อย ถังรองรับ และเฮดเดอร์ หรือบริเวณที่อาจจะเกิดการกระแทกของน้ำ (Water Hammer)
- ใช้กับดักไอน้ำแบบลูกลอยอิสระ ถ้วยกลมอิสระ ถ้วยกลมติดคานและแบบถ้วยคว่ำกับเครื่องให้ความร้อนด้วยไอน้ำ เครื่องระเหย เครื่องกลั่น เครื่องอบแห้ง
- ในกรณีที่ปริมาณการใช้ไอน้ำสูงควรใช้กับดักไอน้ำแบบถ้วยกลมอิสระและแบบถ้วยคว่ำติดคาน หากเป็นกรณีที่ปริมาณน้อยควรใช้แบบลูกลอยอิสระ ลูกลอยติดคานและแบบถ้วยคว่ำอิสระ
- ถ้าการใช้ไอน้ำอาจจะเกิดการกระแทกของน้ำ ไม่ควรใช้กับดักไอน้ำแบบถ้วยคว่ำติดคานแบบลูกลอยติดคานและแบบลูกลอยอิสระ เพราะการกระแทกของน้ำจะทำให้คานและลูกลอยเสียรูปทรงได้ ซึ่งจะทำให้วาล์วปิดไม่สนิท
- โดยทั่วไปแล้ว กับดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิกส์ไม่เหมาะกับอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ โดยเฉพาะถ้ามีการนำคอนเดนเสทกลับ กับดักไอน้ำนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียของไอน้ำอย่างมาก

การเลือกกับดักไอน้ำในระบบไอน้ำอิ่มตัว(Saturated Steam) สามารถแบ่งออกได้ 5 ประเภท

1. ถังบรรจุ (Storage Tanks) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท
   - ถังบรรจุที่ให้ความร้อนภายนอก กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Ball float (FT) หรือ กับดักไอน้ำชนิด ถ้วยคว่ำ Inverted Bucket (IB) และควรต่อ Air vent คร่อมด้วย
   - ถังบรรจุที่มี Coil อยู่ด้านล่างถัง กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Balanced Pressure (BP) หรือ กับดักไอน้ำชนิด Bimetallic (SM)
2. ท่อประธานของไอน้ำ (Steam Mains Drainage) กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic (TD)
3. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน(Heat Exchanger), หม้อต้ม (Jackets), ลมร้อน (Air Heaters), ถังเก็บไอน้ำแฟลช (Flash vessels), ลูกกลิ้ง (Rotating Cylinders) กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Ball float (FT) หรือ กับดักไอน้ำชนิด ถ้วยคว่ำ Inverted Bucket (IB) และควรต่อ Air vent คร่อมด้วย

4. ระบบอุ่นอุณหภูมิในท่อ (Tracers and Jacketed pipe) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

- เครื่องมือวัด (Instrument) กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Balanced Pressure (BP) หรือ กับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic (TD)
- ระบบป้องกันน้ำแข็งตัว(Frost Protection) กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Balanced Pressure (BP) หรือ กับดักไอน้ำชนิด Bimetallic (SM)
- ระบบฉุกเฉิน (Critical) กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic (TD) หรือ กับดักไอน้ำชนิด Balanced Pressure (BP)

5. ระบบให้ความร้อนสัมผัส แบ่งออกเป็น 4 ประเภท

- ชุด Coil ที่เป็นท่อ กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิดกับดักไอน้ำชนิด Balanced Pressure (BP) หรือ กับดักไอน้ำชนิด Ball float (FT)
- เครื่องกระจายความร้อน(Radiators)กับดักไอน้ำที่เหมาะสมคือกับดักไอน้ำชนิดกับดักไอน้ำชนิด Balanced Pressure (BP)
- เครื่องปรับอากาศ (AHU), ชุดให้ความร้อน (Unit Heaters) ,ชุดวัดความร้อน (Calorifiers) กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิดกับดักไอน้ำชนิด กับดักไอน้ำชนิด Ball float (FT) หรือ กับดักไอน้ำชนิด ถ้วยคว่ำ Inverted Bucket (IB)และควรต่อ Air vent คร่อมด้วย
- ชุดเปล่งรังสี (Radiant Panels) กับดักไอน้ำชนิดกับดักไอน้ำชนิด กับดักไอน้ำชนิด Ball float (FT) หรือ กับดักไอน้ำชนิด Balanced Pressure (BP)

การเลือกกับดักไอน้ำในระบบไอน้ำไอดง (Superheated Steam) สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน(Heat Exchanger), หม้อต้ม (Jackets), ลมร้อน (Air Heaters), ถังเก็บไอน้ำแฟลช (Flash vessels) , ลูกกลิ้ง (Rotating Cylinders) กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Ball float (FT) หรือ กับดักไอน้ำชนิด ถ้วยคว่ำ Inverted Bucket (IB) และควรต่อ Air vent คร่อมด้วย

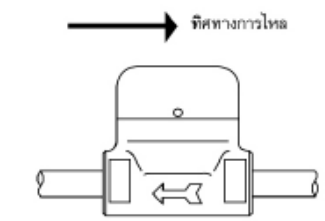
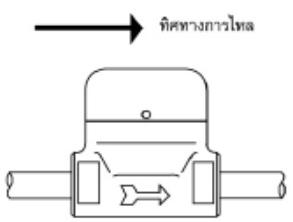
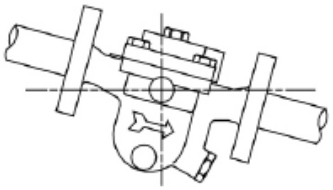
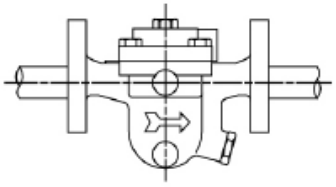
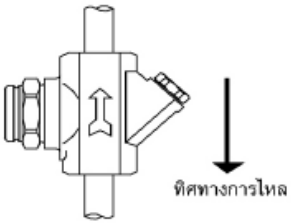
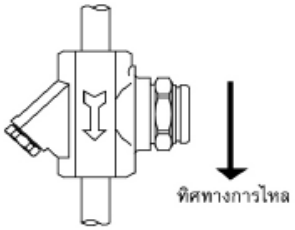
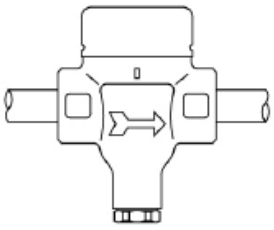
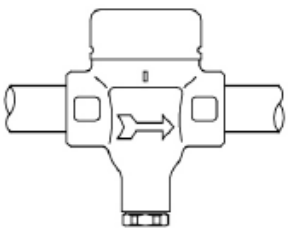
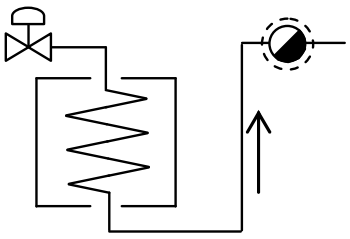
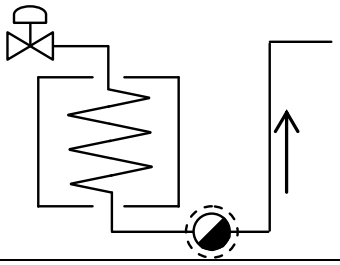
2. ท่อประธานของไอน้ำ (Steam Mains Drainage) กับดักไอน้ำที่เหมาะสม คือ กับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic (TD) หรือ กับดักไอน้ำชนิด Bimetallic (SM)

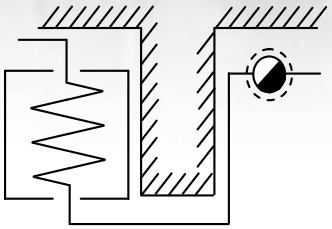
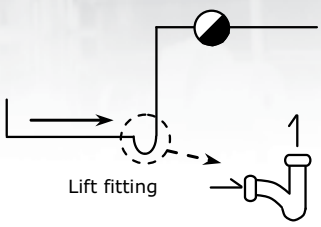
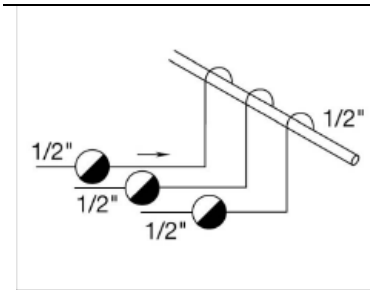
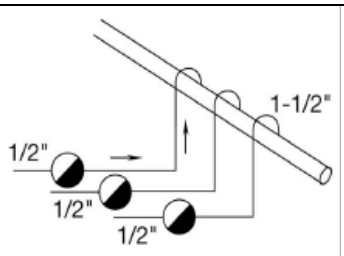
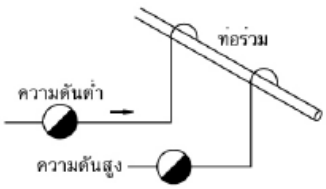
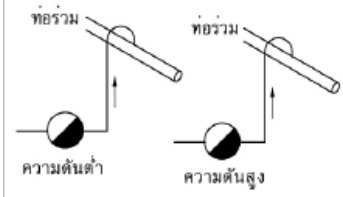
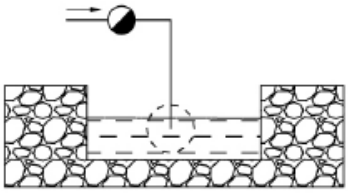
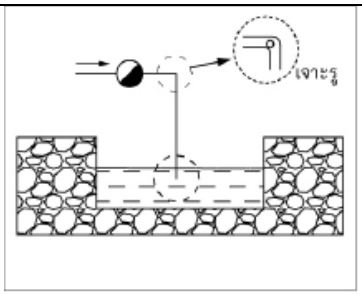
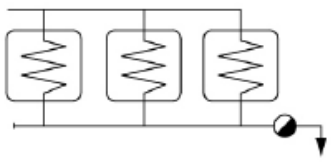
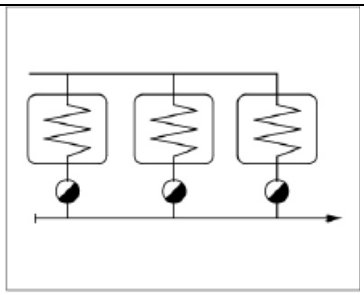


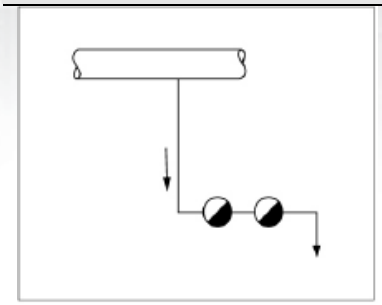
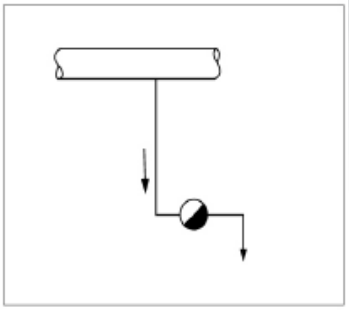
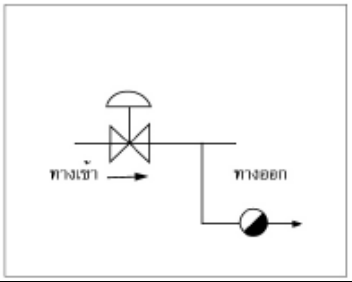
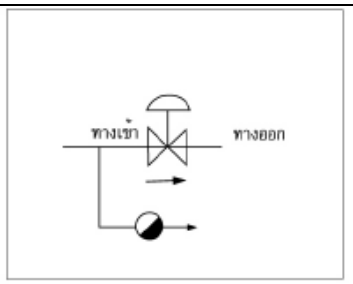
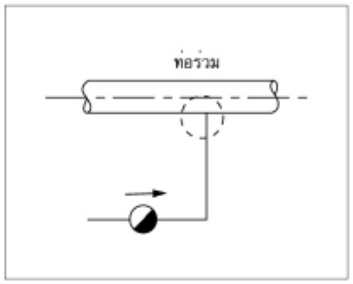
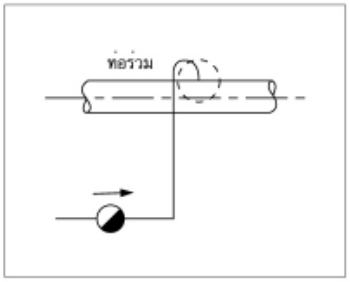
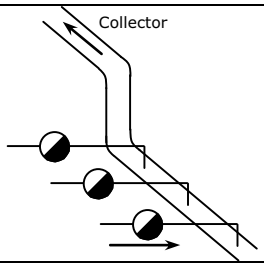
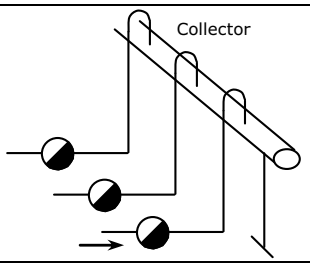
รูปที่ 3.1.15-1 แสดงกับดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิกส์

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

- **ข้อแนะนำในการติดตั้งกับดักไอน้ำ**

ผิด	ถูก	คำแนะนำ
		ติดตั้งกับดักไอน้ำให้ถูกต้องตามทิศทางการไหล
		กับดักไอน้ำแบบลูกลอยอิสระต้องติดตั้งในแนวนอน
		กับดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิกส์ไม่มีข้อจำกัดในการติดตั้ง
		ไม่ควรใช้ท่อเล็กกว่าขนาดของกับดักไอน้ำ
		ไม่ควรติดตั้งกับดักไอน้ำสูงกว่าจุดที่ระบายน้ำออก ทางเข้าของกับดักไอน้ำควรอยู่ในระดับที่คอนเดนเสทสามารถไหลเข้ามาได้ด้วยแรงโน้มถ่วง

ผิด	ถูก	คำแนะนำ
		ถ้ากับดักไอน้ำต้องติดตั้งในระดับที่สูงกว่าจุดระบายน้ำออก ควรใช้ Lift Fitting
		ขนาดของท่อร่วมที่จะนำน้ำกลับควรมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของกับดักไอน้ำ และพื้นที่หน้าตัดต้องมากกว่าพื้นที่หน้าตัดของกับดักไอน้ำทั้งหมดรวมกัน
		คอนเดนเสทที่มีความดันแตกต่างกัน ไม่ควรนำไปรวมในท่อร่วมเดียวกัน
		ท่อทางออกไม่ควรจุ่มอยู่ในน้ำ และควรมีรูเล็กๆ เพื่อไม่ให้เกิดการดูดกลับ
		อุปกรณ์แต่ละอย่างควรมีกับดักไอน้ำแยกกันไม่ควรติดตั้งกับดักไอน้ำตัวเดียวกับอุปกรณ์หลายๆ อย่าง เพราะจะทำงานได้ไม่ดี

ผิด	ถูก	คำแนะนำ
		การใช้กับดักไอน้ำซ้อนกัน 2 ตัว จะทำงานได้ไม่ดี ใช้ตัวเดียวก็พอ
		กับดักไอน้ำต้องติดตั้งไว้ด้านทางเข้าเพื่อเอาน้ำคอนเดนเสทออกก่อนที่จะเข้าวาล์วควบคุม (Regulating Valve)
		ทางออกของกับดักไอน้ำไม่ควรต่อที่ด้านล่างของท่อร่วม
		ท่อร่วมไม่ควรมีส่วนที่ยกขึ้น เพราะจะทำให้มีความดันเกิดขึ้นเนื่องจากความสูงของน้ำคอนเดนเสทซึ่งจะทำให้เกิดความดันย้อนกลับ (Back Pressure)

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ศักยภาพผลประหยัด : *การใช้กับดักไอน้ำผิดประเภทจะทำให้สิ้นเปลือง 1-30 % ของการไหลของไอน้ำไปยังตัวอุปกรณ์*

มูลค่าการลงทุน : *ราคากับดักไอน้ำชนิด Ball float (FT) หรือ กับดักไอน้ำชนิดถ้วยคว่ำ Inverted Bucket (IB) อยู่ที่ 3,500 – 17,500 บาท ($100 - $500)*

ระยะเวลาคืนทุน : *มากกว่า 2 เดือนถึงมากกว่า 2 ปี*

กลเม็ดของมาตรการ

การเลือกกับดักไอน้ำ : *ศึกษาการใช้งานของกับดักไอน้ำแต่ละประเภท ทราบชนิดและขนาดของกับดักไอน้ำที่จะนำไปใช้*

กรณีศึกษา : มาตรการเปลี่ยนอุปกรณ์ดักไอน้ำเครื่องทำลอน2

ความเป็นมาและปัญหาในการใช้พลังงาน

ไอน้ำที่ส่งไปใช้ที่เครื่องทำลอน 2 มีการติดตั้ง steam guard หรืออุปกรณ์ดักไอน้ำจำนวน 20 ตัว แต่บางตัวขนาดไม่ถูกต้องและมีการรั่ว



รูปที่ 3.1.15-2 กับดักไอน้ำบางตัวขนาดไม่ถูกต้องและมีการรั่วก่อนและหลับการปรับปรุง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

1. สำรวจ steam guard ที่ชำรุด
2. วิเคราะห์ศักยภาพประหยัดพลังงาน
3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินการ
4. ดำเนินการ
5. ติดตามและประเมินผล

สภาพหลังปรับปรุง

เปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดเพื่อลดไอน้ำรั่วไหลและทำให้ได้คอนเดนเสทที่ต่อเนื่อง ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 0.0508 ktoe/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 725,421 บาท/ปี โดยมีการลงทุน 470,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 0.60 ปี



บทที่ 4

เทคโนโลยีหม้อน้ำ และอุปกรณ์หม้อน้ำ



บทที่ 4

เทคโนโลยีหม้อน้ำและอุปกรณ์หม้อน้ำ

วัตถุประสงค์ของแนวทางการปฏิบัติที่ดีก็เพื่อให้ผู้ใช้รายเดิมและผู้ใช้รายใหม่มีโอกาสในการประหยัดค่าใช้จ่าย สิ่งแรกเมื่อทำการวิเคราะห์หม้อน้ำที่ใช้งานอยู่ หรือตัดสินใจที่จะติดตั้งหม้อน้ำใหม่ ต้องแน่ใจว่าการจ่ายและการใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำมีการสูญเสียน้อยที่สุด และทันทีที่สามารถแก้ไขการเปลี่ยนรูปพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ หม้อน้ำก็จะให้ผลผลิตที่สูงตามไปด้วย เทคโนโลยีของหม้อน้ำและอุปกรณ์หม้อน้ำ ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดการประหยัดได้ ถ้ามีการเลือกใช้ให้เหมาะสม ในส่วนของบทนี้จึงเป็นการรวบรวมเทคโนโลยีของหม้อน้ำและอุปกรณ์ไอน้ำเพื่อให้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้หม้อน้ำ ดังมีรายการของเทคโนโลยี ดังนี้

- เทคโนโลยีหม้อน้ำ (Boiler Technology)
  - 1st Generation Super Boiler Technology
  - 2nd Generation Super Boiler Technology
  - หม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด (Supercritical Boiler)
  - หม้อน้ำแบบ Once-Through
  - หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed Combustion, FBC)
  - หม้อน้ำลูกผสม (Hybrid Boiler)
- เทคโนโลยีเกี่ยวกับหัวเผาและอุปกรณ์การเผาไหม้
  - Regenerative Burner
  - Self-Recuperative Burner
  - หัวเผาเม็ดพลาสติก
  - แก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)
- เทคโนโลยีเกี่ยวกับไอเสีย
  - Economizer แบบ Tube & Fin
  - Economizer แบบสัมผัสตรง
  - Economizer แบบท่อความร้อน (Heat Pipe)
  - Recuperative Air Preheater
  - Rotary Air Preheater
  - Steam Air Preheater
  - Xthermal Air Preheater
- เทคโนโลยีเกี่ยวกับเชื้อเพลิง
  - Coal Water Mixture (CWM)
  - การใช้อุปกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ Contact Catalyst
  - การเติมแมกนีเซียมเข้ากับน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อลดการเกิด Slag

- การเติมสารลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในน้ำมันเชื้อเพลิง
- เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

- เทคโนโลยีเกี่ยวกับน้ำป้อนสำหรับหม้อน้ำ
  - การบำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการ Reverse Osmosis (RO)
  - การบำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการเติมสารเคมีลงไปในระบบ
  - การบำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการ Electro-Magnetic
- เทคโนโลยีเกี่ยวกับคอนเดนเสท
  - Deaerator
  - Steam Trap
  - Mechanical Pump
- เทคโนโลยีเกี่ยวกับการโบลว์ดาวน์ (Blowdown)
  - Automatic Blowdown Control System
- เทคโนโลยีเกี่ยวกับระบบควบคุม
  - การใช้ระบบควบคุมแรงดันไอน้ำ
  - การใช้ระบบควบคุมการเผาไหม้
  - การใช้ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ดูดอากาศ
  - การปรับสมดุลการใช้หม้อน้ำ
  - Steam Trap แจ้งเตือนอัตโนมัติ
- เทคโนโลยีเกี่ยวกับระบบไอน้ำ
  - ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration)
  - ระบบ Combined Cycle
  - การทำ Repowering

เทคโนโลยีที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบหม้อน้ำที่ได้กล่าวถึงข้างต้น จะแสดงรายละเอียดเทคโนโลยี หลักการทำงาน ข้อดี-ข้อเสีย การลงทุน และข้อมูลผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 เทคโนโลยีหม้อน้ำ (Boiler Technology)

ถ้าการทำงานของหม้อน้ำเป็นไปอย่างถูกต้อง หม้อน้ำสมัยใหม่ทุกประเภทจะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานจากเชื้อเพลิงให้เป็นไอน้ำและน้ำร้อนมากหรือน้อยไม่แตกต่างกันมากนัก ประเภทของหม้อน้ำที่สำคัญมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ ประเภทท่อน้ำ (Water Tube Type) ซึ่งจะมีน้ำอยู่ในท่อและใช้แก๊สในการเผาไหม้ให้เกิดความร้อนอยู่รอบๆ ท่อเหล่านั้น และอีกประเภทก็คือแบบเปลือกหรือท่อไฟ (Shell or Fire Tube) ซึ่งตรงกันข้ามกับประเภทแรก หม้อน้ำรุ่นต่อมาทั้งหมดได้มีการพัฒนาสืบเนื่องมาจากหม้อน้ำทั้ง 2 ชนิดนี้ แต่ออกแบบให้แตกต่างกันออกไปเพื่อให้มีขนาดที่ต่างกันออกไป มีข้อจำกัดในการใช้งานที่ต่างกัน หรือมีความต้องการในการปฏิบัติการของหม้อน้ำแตกต่างกัน ซึ่งมีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

4.1.1 ชื่อเทคโนโลยี : 1st Generation Super Boiler Technology

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☐
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☐
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☐

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

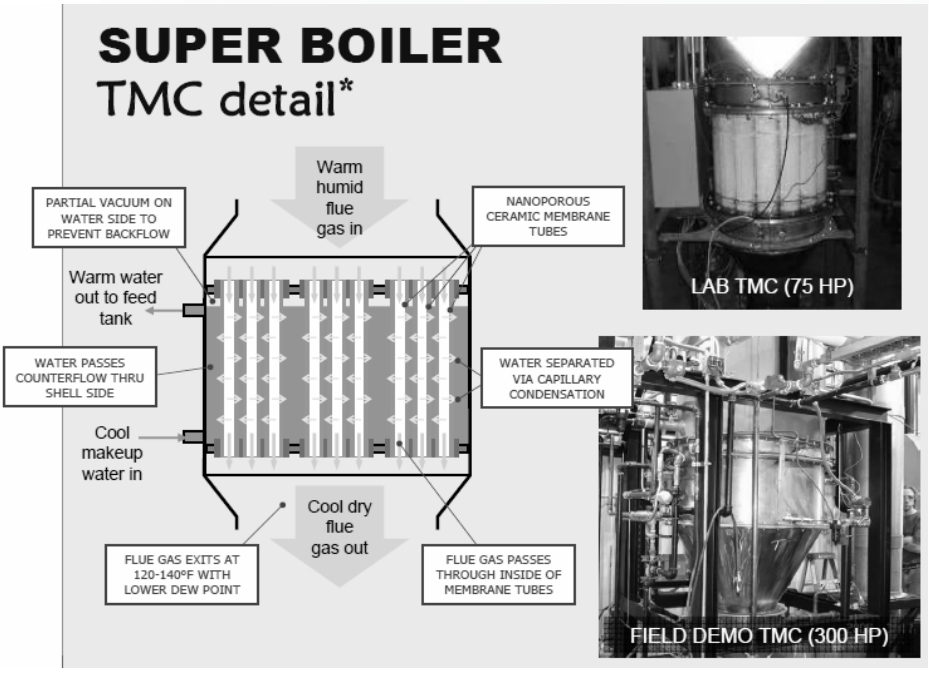
☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

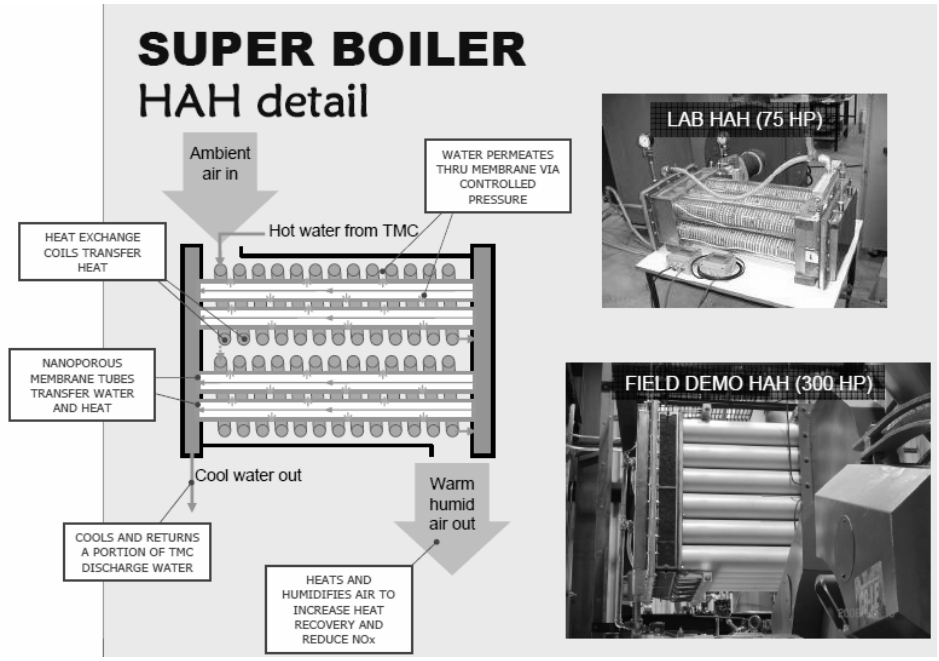
Super Boiler รุ่นแรกนี้จะใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพของหม้อน้ำแบบท่อไฟ โดยมีจุดมุ่งหมายคือ ให้ได้ประสิทธิภาพออกมาได้มากกว่า 94% HHV และมีการปล่อยมลภาวะน้อยที่สุด โดยการออกแบบ Super Boiler จะใช้หลักการนำเอาพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยการนำเอาความร้อนที่จะทิ้งไปกลับมาใช้ใหม่ การออกแบบ Super Boiler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

อุปกรณ์มีหลักการทำงานดังนี้ คือ แก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกส่งผ่านมายัง High-Pressure Economizer ซึ่งภายในอุปกรณ์ตัวนี้จะมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ ซึ่งจะเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศเพื่อนำน้ำไปป้อนให้หม้อน้ำ หลังจากนั้น แก๊สไอเสียก็จะถูกส่งต่อไปยัง Low-Pressure Economizer ซึ่งภายในอุปกรณ์ตัวนี้ก็จะมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศเพื่อทำการอุ่นน้ำก่อนป้อนไปที่ Deaerator หลังจากนั้น Deaerator จะส่งน้ำไปยัง High-Pressure

Economizer ต่อจากนั้น แก๊สไอเสียก็จะถูกส่งไปยัง TMC ซึ่งภายใน TMC ก็จะมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนประสิทธิภาพสูงเพื่อทำการอุ่นน้ำเพื่อป้อนไปยัง Low-Pressure Economizer และน้ำส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยัง HAH เพื่อทำการอุ่นอากาศและป้อนกลับไปยังห้องเผาไหม้ภายในหม้อน้ำ และน้ำที่ไหลออกจาก HAH ก็จะถูกป้อนกลับไปยัง TMC อีกครั้ง ส่วนแก๊สไอเสียก็จะออกสู่บรรยากาศ

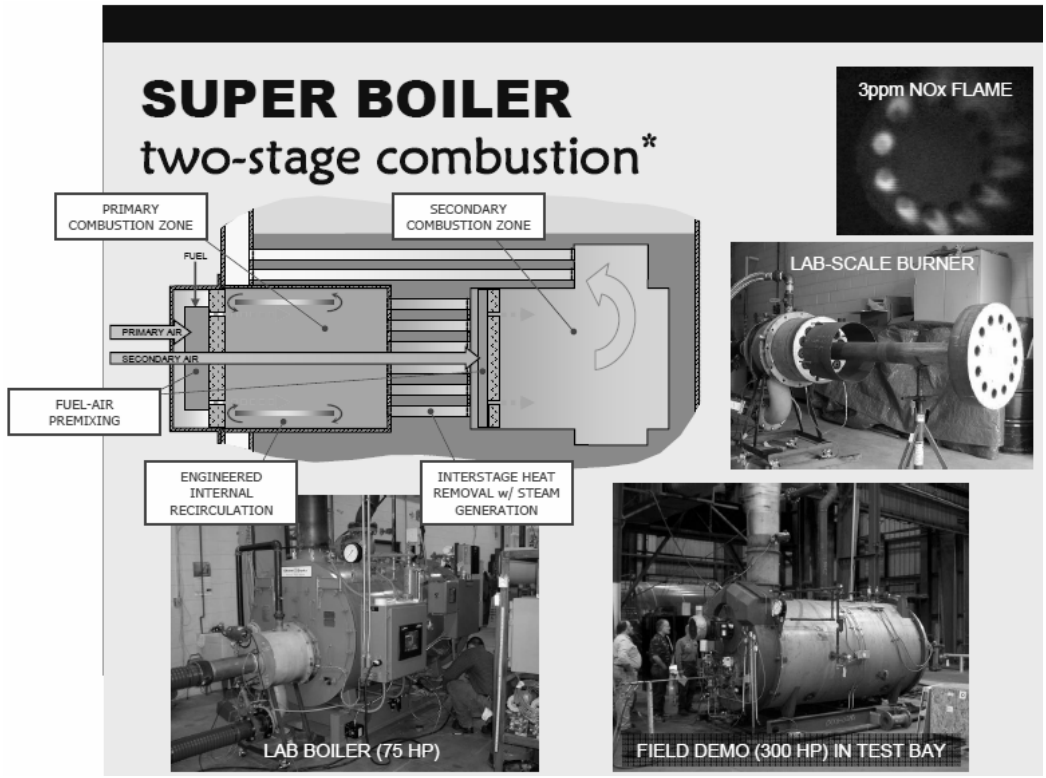


รูปที่ 4.1.1-1 การทำงานของอุปกรณ์ Transport Membrane Condenser (TMC)

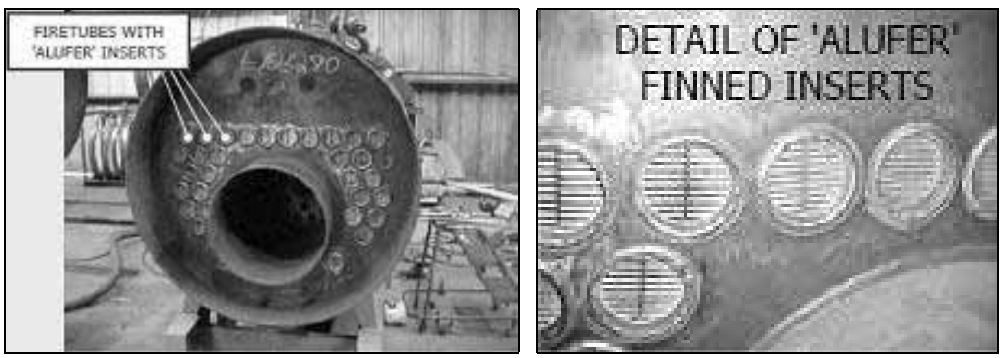


รูปที่ 4.1.1-2 การทำงานของอุปกรณ์ Humidifying Air Heater (HAH)

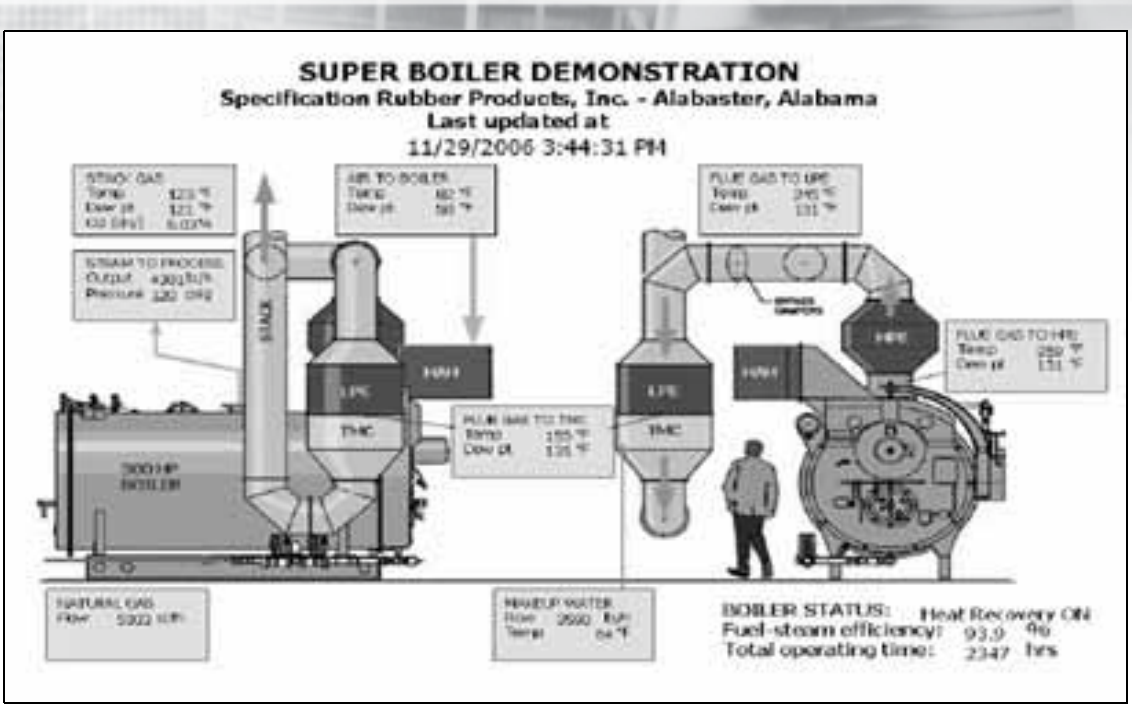
หลักการทำงานของห้องเผาไหม้ จะให้หลักการของ Gasifier คือ จะแบ่งขั้นตอนของการเผาไหม้ออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก จะเผาเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิต่ำโดยที่การเผาไหม้นี้จะถูกควบคุมให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะได้แก๊สที่มีคุณสมบัติติดไฟและมีการคายพลังงานออกมาในปริมาณที่สูง จากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังการเผาไหม้ขั้นที่สอง โดยจะเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า ส่งผลให้ได้พลังงานความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าเพื่อนำไปต้มน้ำต่อไป การใช้ความร้อนจากทั้งสองขั้นตอนเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานให้มากที่สุด โดยได้มีการออกแบบท่อไฟขึ้นมาใหม่ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1.1-4** ซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าเดิมถึง 18 เท่า



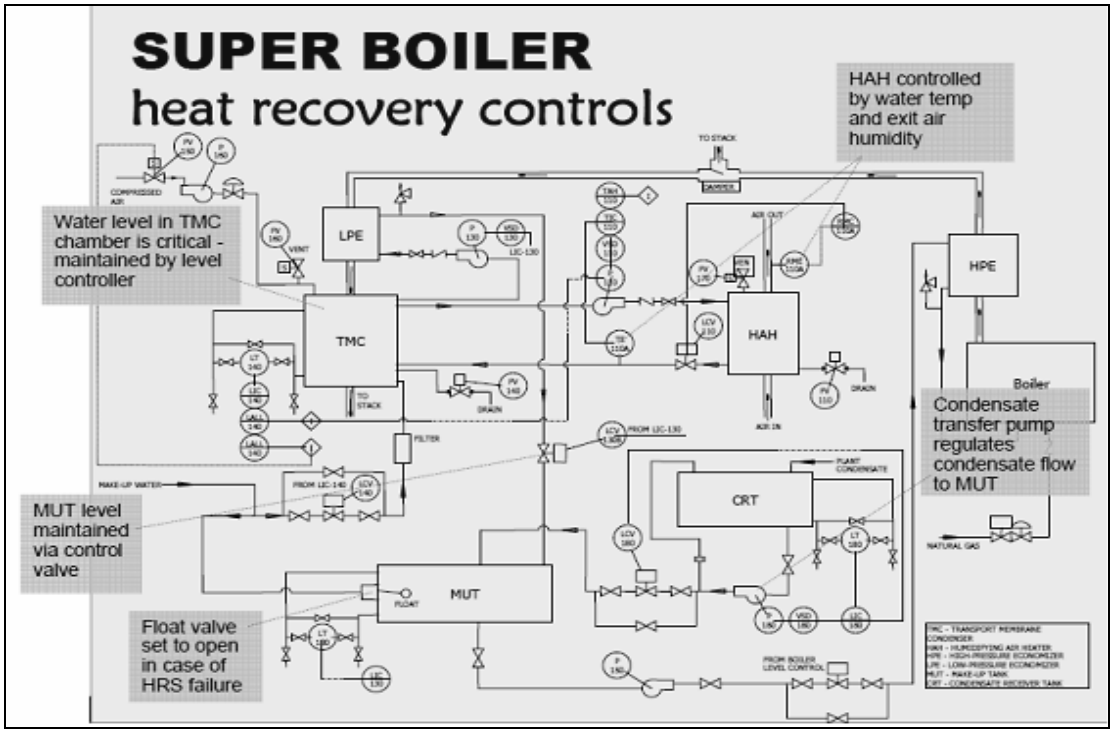
รูปที่ 4.1.1-3 ขั้นตอนการทำงานของระบบเผาไหม้แบบ Gasifier



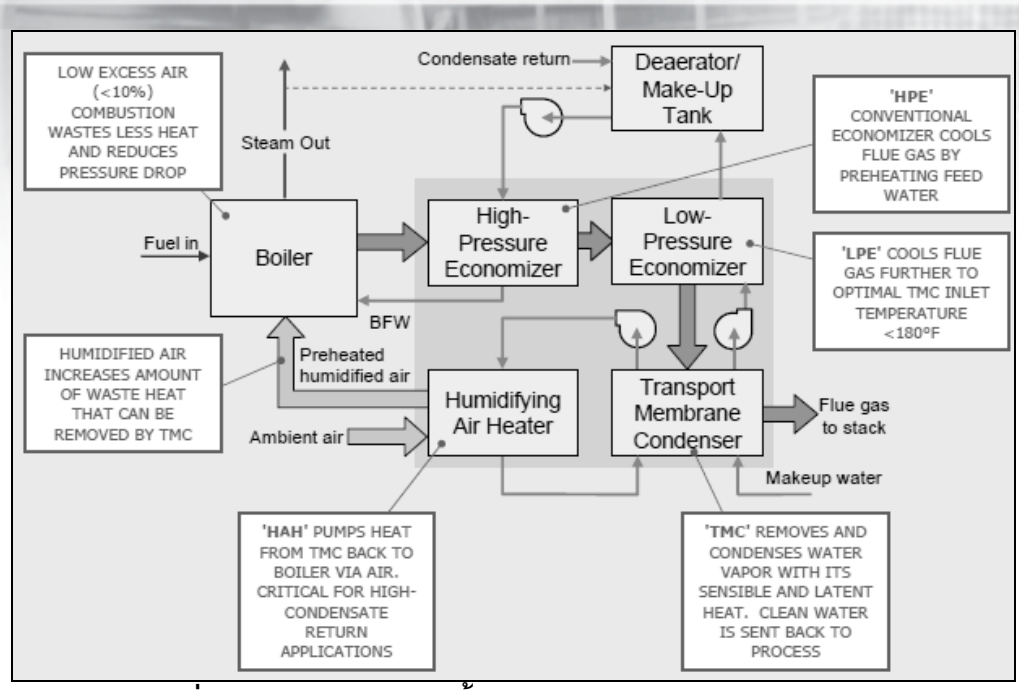
รูปที่ 4.1.1-4 ลักษณะของท่อไฟที่ได้ทำการออกแบบมาใหม่



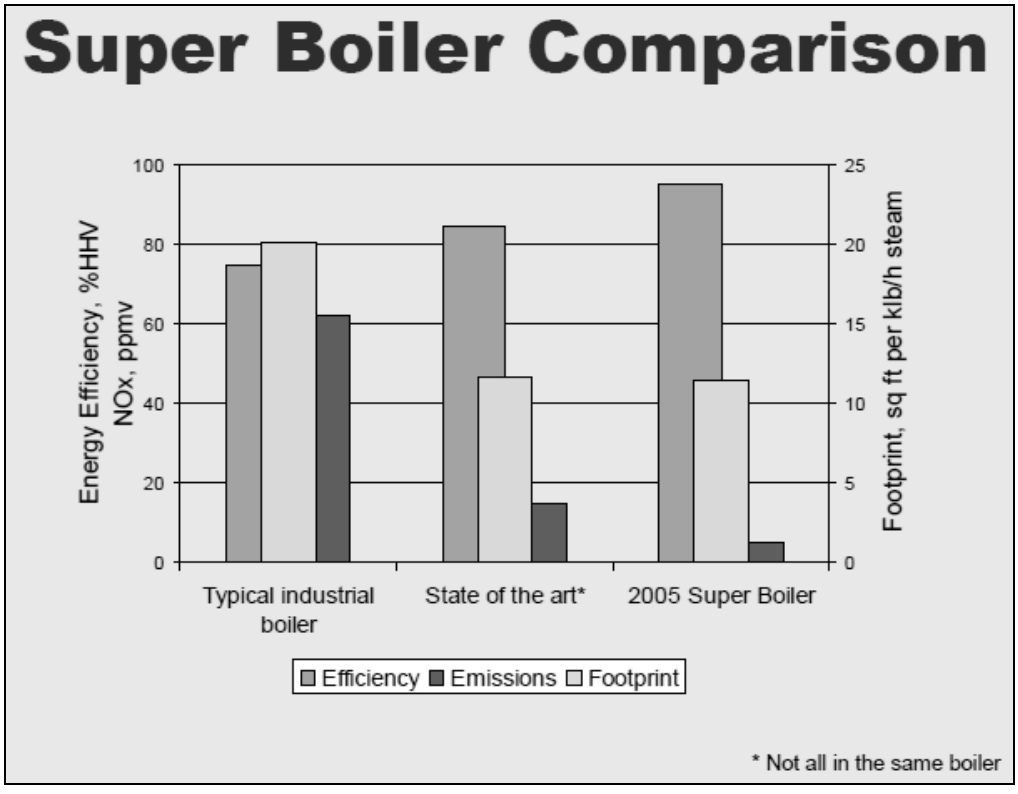
รูปที่ 4.1.1-5 ระบบหม้อน้ำแบบ Super Boiler



รูปที่ 4.1.1-6 แผนผังการควบคุมอุปกรณ์นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ของ Super Boiler



รูปที่ 4.1.1-7 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของ Super Boiler



รูปที่ 4.1.1-8 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพและน้ำหนักระหว่างหม้อน้ำทั่วไปกับ Super Boiler

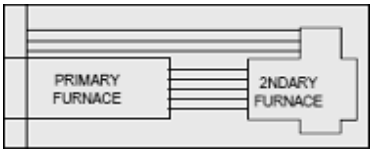
ตารางที่ 4.1.1-1 ข้อมูลการปล่อยของเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของ Super Boiler

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



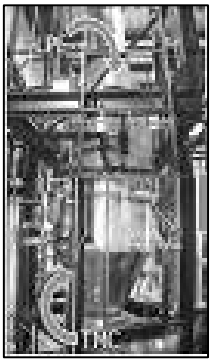








- ***ความคืบหน้า***
  - เริ่มเดินเครื่อง เมษายน 2549
  - ได้ประสิทธิภาพ 93-95%
  - NO_x 7 ppm_v ที่ภาระสูงสุด
  - เดินเครื่องมากกว่า 2,400 ชั่วโมง





ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Cleaver-Brooks: Dan Willems, Vice President R&D
  Tel: 414-438-5460
  E-mail: dwillems@cleaver-brooks.com
- Southern California Gas Company

4.1.2 ชื่อเทคโนโลยี : 2nd Generation Super Boiler Technology

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☐	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☐	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งมีหม้อน้ำที่ใกล้จะหมดอายุการใช้งาน การเลือกซื้อหม้อน้ำตัวใหม่จึงเป็นสิ่งสำคัญเพราะจะต้องได้หม้อน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง จากการพัฒนา Super Boiler รุ่นแรกซึ่งเป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟ 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 แก๊สไอเสียที่ออกจาเตาตัวที่สองจะถูกส่งต่อไปยัง High-Pressure Economizer ซึ่งภายในอุปกรณ์ตัวนี้จะเป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับแก๊สไอเสีย น้ำที่ออกจาก High-Pressure Economizer จะถูกส่งไปยัง ICP เตาตัวแรก เตาตัวที่สอง และ CP

ขั้นตอนที่สี่ แก๊สไอเสียจะถูกส่งต่อไปยัง Low-Pressure Economizer ซึ่งภายในอุปกรณ์ตัวนี้จะมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนไปยัง Deaerator ซึ่ง Deaerator จะส่งน้ำต่อไปยัง High-Pressure Economizer

ขั้นตอนที่ห้า แก๊สไอเสียจะถูกส่งไปยัง TMC ที่อุปกรณ์ตัวนี้ แก๊สไอเสียจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ และน้ำที่ออกจาก TMC จะถูกส่งไปยัง Low-Pressure Economizer และ HAH ซึ่งที่ HAH จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศและจะได้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อใช้ป้อนไปยังห้องเผาไหม้ ส่วนน้ำที่ออกมาจะถูกส่งกลับไปที่ TMC และแก๊สไอเสียก็จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ

ตารางที่ 4.1.2-1 ความสามารถในการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

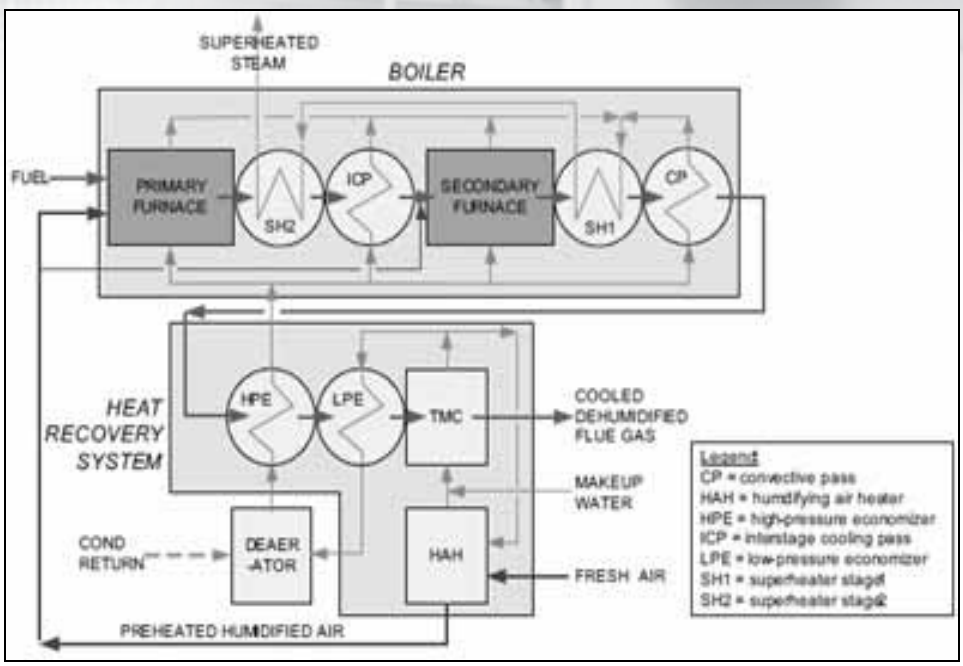
Heat Recovery : Energy Efficiency from Model

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 4.1.2-1 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 มีประสิทธิภาพสูง
- DFSH มีขนาดที่กะทัดรัด
- Economizer เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งได้ง่าย มีขายทั่วไปตามท้องตลาด มีอายุการใช้งานสูง มีอัตราการคืนทุนสูง
- ระบบควบคุม (Control System) ช่วยให้การควบคุมระบบมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น ทำให้ได้สมรรถนะเพิ่มขึ้น
- หัวเผา Gasifier เป็นระบบที่ใช้กันทั่วไป เป็นระบบที่นำพลังงานจากเชื้อเพลิงมาใช้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา

กรณีศึกษา :

บริษัท Rohm and Haas, Inc.

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



ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Cleaver-Brooks: Dan Willems, Vice President R&D
  Tel: 414-438-5460
  E-mail: dwillems@cleaver-brooks.com

4.1.3 ชื่อเทคโนโลยี : หม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด (Supercritical Boiler)

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☑		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

เป็นหม้อน้ำที่พัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตไอน้ำโดยใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งทำให้สามารถลดปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ต่อหน่วยผลผลิต ลดการปล่อยมลพิษ และที่สำคัญ ลดปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่งด้วย

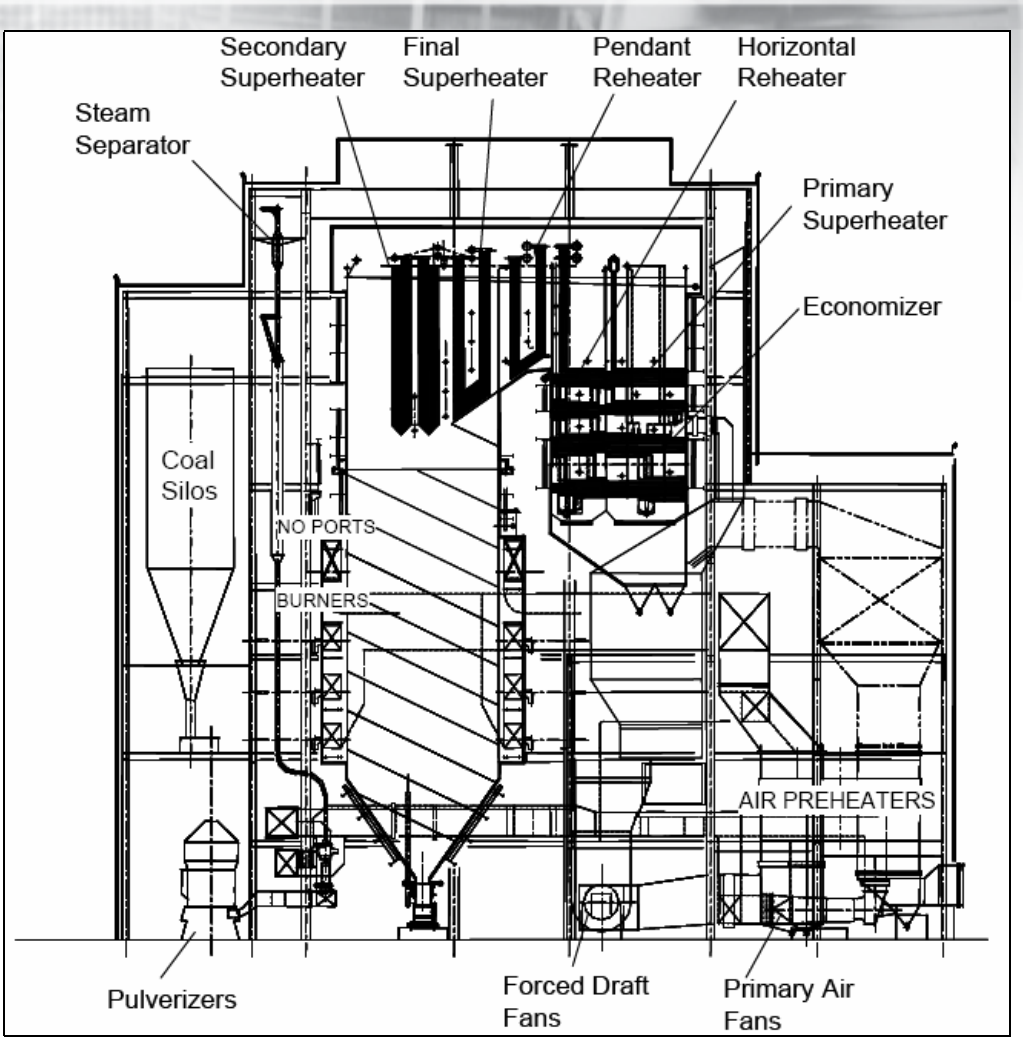
เทคโนโลยีหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดมีการพัฒนามานานมากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะประเทศแถบยุโรปและอเมริกา แนวคิดของการออกแบบหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดเป็นของ Mark Benson โดยจดสิทธิบัตรที่สหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1922 เริ่มแรกได้ออกแบบหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดขนาด 3 ตันต่อชั่วโมง ต่อมาปี ค.ศ. 1924 บริษัท Siemens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

สำหรับหม้อน้ำที่ใช้กันทั่วไปเป็นหม้อน้ำแบบยิ่งยวด (Subcritical Boiler) มีความดันของไอน้ำอยู่ในช่วงประมาณ 160-200 เท่าของความดันบรรยากาศ ไอน้ำที่ได้จากส่วนทำระเหยจะอยู่ในสถานะของผสมระหว่างน้ำและไอน้ำอิ่มตัว ซึ่งต้องมีถังไอน้ำ (Steam Drum) เพื่อแยกไอน้ำก่อนที่จะนำไปรับความร้อนต่อเพื่อทำไอน้ำยิ่งยวดต่อไป สำหรับหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด (Supercritical Boiler) จะมีความดันไอน้ำสูง

กว่า 220 เท่าของความดันบรรยากาศ (ค่าความดันวิกฤตของน้ำ คือ 220 bar หรือ 22 MPa หรือ 3,200 psi) โดยจะได้เป็นไอน้ำความดันและอุณหภูมิสูงทั้งหมดจากส่วนทำระเหย จึงไม่จำเป็นต้องมีถังไอน้ำ (อาจจะกล่าวได้ว่ามีหลักการทำงานแบบหม้อน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด หรือ Once-Through Boiler แต่วัฏจักรการทำงานของหม้อน้ำจะอยู่บนเงื่อนไข Supercritical Cycle) ซึ่งท่อน้ำและอุปกรณ์ในหม้อน้ำจะต้องทำด้วยวัสดุพิเศษที่ทนอุณหภูมิและความดันดังกล่าวได้ ปัจจุบันวัสดุที่ทำท่อน้ำใช้โลหะอัลลอยด์ประเภทมาร์เทนซิติก (Martensitic Alloy Steels) ซึ่งมีส่วนผสมของโครเมียม โมลิบดินัม และวาเนเดียม ในปริมาณ 9-12% แต่ยังคงจำกัดอุณหภูมิสูงสุดที่ 600°C ปัจจุบันกำลังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถเพิ่มอุณหภูมิของไอน้ำขึ้นไปได้ถึง 700°C และความดันถึง 300-400 เท่าของความดันบรรยากาศ

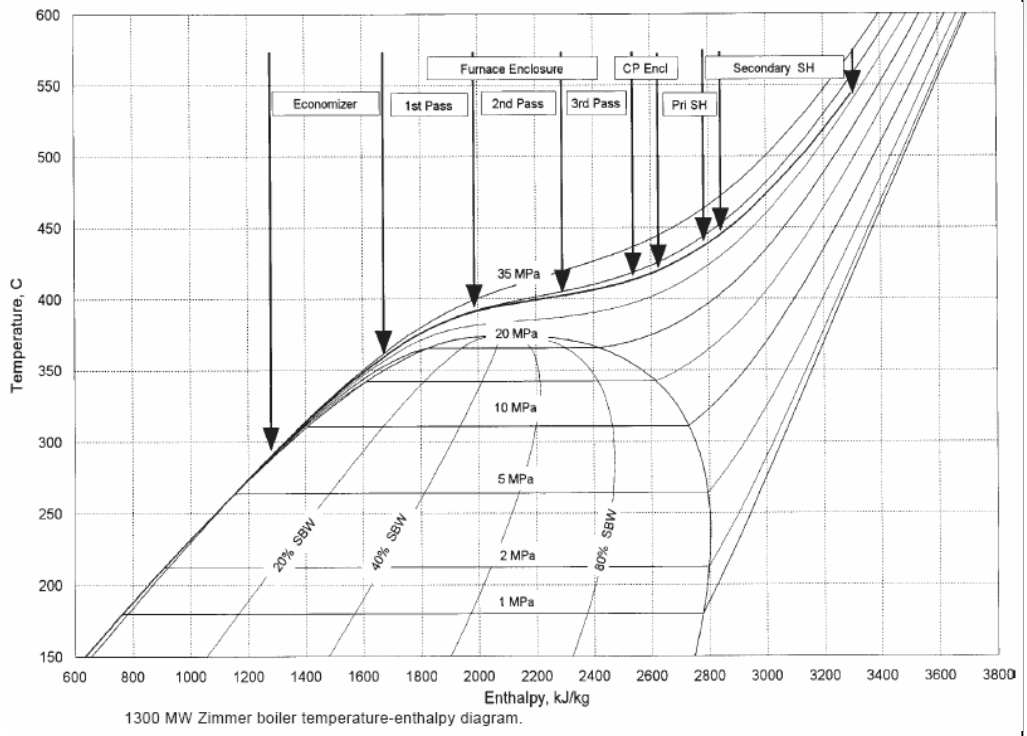
เทคโนโลยีหม้อน้ำเหนือยิ่งยวดมีการพัฒนาให้ใช้กับเชื้อเพลิงถ่านหินเป็นหลัก โดยเฉพาะเทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหินแบบผง (Pulverised Coal Combustion, PCC) ผ่านวัฏจักรไอน้ำ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามากที่สุดและมีการใช้เป็นที่แพร่หลายที่สุดในโลก ซึ่งโรงไฟฟ้าถ่านหินในประเทศไทยก็ใช้เทคโนโลยีนี้เช่นกัน ถ่านหินถูกเตรียมให้อยู่ในรูปของผงก่อนป้อนโดยการพ่นเข้าสู่หม้อน้ำโดยเผาไหม้กับอากาศในปริมาณที่เกินพอ อุณหภูมิของการเผาไหม้ประมาณ 1,200-1,700°C ขึ้นอยู่กับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผลิตท่อน้ำเพื่อผลิตไอน้ำ ไอน้ำที่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ของแข็งที่เหลือที่เผาไหม้ไม่ได้ คือ ขี้เถ้า ซึ่งประกอบด้วยสารอนินทรีย์ ถ้ามีคุณสมบัติเหมาะสมก็จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เช่น นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตยิปซั่ม เป็นต้น แก๊สไอเสียจะประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นหลัก รวมทั้งมีออกไซด์ของซัลเฟอร์และไนโตรเจนที่เกิดขึ้นและปนออกมากับแก๊สไอเสีย แก๊สซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) กำจัดได้ด้วยการดักจับด้วยหินปูนซึ่งเป็นหลักการทำงานของระบบกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ออกไซด์ (Desulphurization) ส่วนแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) สามารถกำจัดหลังกระบวนการเผาไหม้ โดยใช้ฉีดสารเคมีประเภทแอมโมเนียในสภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาหรือในระหว่างการเผาไหม้โดยใช้หัวเผาที่ออกแบบให้ลดการก่อตัวของออกไซด์ของแก๊สไนโตรเจน (Low NO_x Burners) ซึ่งประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ออกไซด์และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ในปัจจุบันสามารถลดมลพิษในแก๊สไอเสียให้อยู่ภายใต้มาตรฐานสิ่งแวดล้อมได้

ตัวอย่างโครงสร้างของหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวดที่ออกแบบและสร้างโดยบริษัท Babcock-Hitachi ที่มีสภาวะการทำงานที่ความดัน 253.7 bar อุณหภูมิ 604°C แสดงใน**รูปที่ 4.1.3-1**

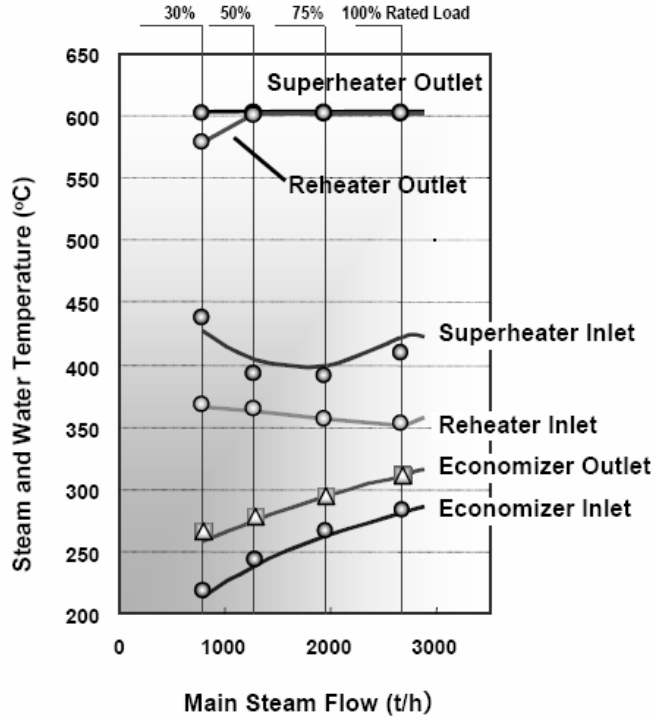


รูปที่ 4.1.3-1 โครงสร้างของหม้อน้ำแบบเหนือยิ่งยวด

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



1300 MW Zimmer boiler temperature-enthalpy diagram.



Static Characteristics of Steam and Water Temperature

รูปที่ 4.1.3-2 คุณลักษณะของน้ำและไอน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

- เป็นหม้อน้ำประสิทธิภาพสูง ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
- ลดปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- ได้ไอน้ำคุณภาพสูง

ข้อเสีย

- ยังมีข้อจำกัดในเรื่องวัสดุพิเศษที่สามารถทนต่อสภาวะการทำงานที่อุณหภูมิสูงได้

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- The Babcock & Wilcox Company
  800 Main Street, 4th Floor
  Lynchburg, VA 24505, USA
  Website: http://www.babcock.com
- Foster Wheeler Service (Thailand) Limited
  Regional Sales/Service Office
  9th Floor, Maneeya Building
  518/5 Ploenchit Road
  Lumpini, Pathumwan
  Bangkok 10330, Thailand
  Tel: 66-2-652-0760, Fax: 66-2-652-0763
  Website: http://www.fwc.com
- Babcock-Hitachi Dongfang Boiler Co., Ltd
  No.4 Qiao, Chengnan Road
  Jiaxing, Zhejiang, China 314050
  Tel: 0573-262-5170, Fax: 0573-262-5032
  Website: http://www.hitachi.com.cn/
- Shanghai Boiler Works, Ltd.
  250 Huaning Road
  Minhang, Shanghai, China 200245
  Tel: 8621-64302391
  E-mail: sbwl@sbwl.com
  Website: http://www.sbwl.com
- Dongfang Boiler Group Co., Ltd.
  No.150, Huangjueping Road, Wuxing Street, Ziliujing District
  Zigong, Sichuan, China 64300
  Tel: 86-813-473-2523

4.1.4 ชื่อเทคโนโลยี : หม้อน้ำแบบ Once-Through

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

หม้อน้ำแบบ Once-Through มักจะมีโครงสร้างง่ายๆ มีน้ำอยู่ในท่อ โดยมีท่อขดเป็นคอยล์หรืออาจจะเป็นท่อตรง มีปริมาณน้ำน้อย ทำให้การระเหยกลายเป็นไอน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว ราวกับว่าน้ำที่ป้อนเข้ามาแล้วระเหยไปทันที จึงได้ตั้งชื่อเรียกหม้อน้ำแบบนี้ว่า Once-Through Boiler หม้อน้ำชนิดนี้เข้าใจว่ามีถิ่นกำเนิดจากสหรัฐอเมริกา แต่ปรากฏว่าได้ถูกพัฒนาและนิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่น โดยในปี พ.ศ. 2498 ญี่ปุ่นได้สั่งหม้อน้ำชนิด Single-Tube Type Steam Generators จากสหรัฐฯ และได้พัฒนาต่อจากนั้นมา 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

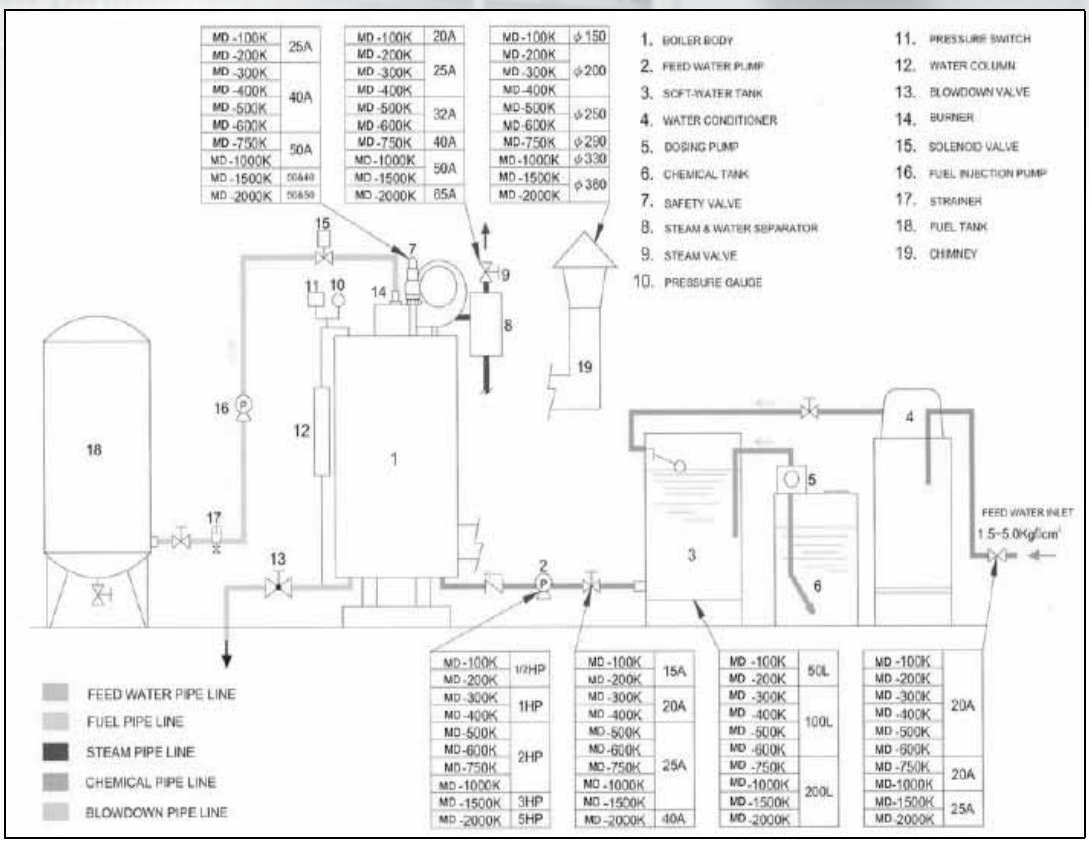
1. เป็นแบบท่อน้ำ
2. พื้นผิวรับความร้อนน้อยกว่า 10 ตารางเมตร
3. ความดันใช้งานสูงสุด 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ตัวอย่างข้อมูลของหม้อน้ำแบบ Once-Through ขนาดเล็กมีดังนี้

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

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.1.4-1 ระบบการทำงานของหม้อน้ำแบบ Once-Through

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

- มีขนาดเล็ก ทำให้ประหยัดพื้นที่
- มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากมีแรงดันน้อย
- ใช้งานง่าย เพราะเป็นการควบคุมอัตโนมัติ

ข้อเสีย

- มีแรงดันน้อย ทำให้ใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีแรงดันสูงไม่ได้

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

ประสิทธิภาพของหม้อน้ำโดยทั่วๆ ไป ผู้ผลิตหม้อน้ำมักจะบ่งบอกประสิทธิภาพหม้อน้ำในขณะที่ใช้งานที่ภาระสูงสุด แต่ในการใช้งานจริง ภาระที่หม้อน้ำประสบมักจะไม่ใช่ภาระสูงสุด วิธีการหนึ่งที่จะทำให้ประสิทธิภาพหม้อน้ำสูงตลอดเวลา สามารถทำได้โดยการใช้หม้อน้ำขนาดเล็กหลายตัว

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- บริษัท บิสิเนส ซัคเซส จำกัด
  121/40 ม.6 แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน
  กรุงเทพฯ 10220
  โทรศัพท์: 66-2-998-4303 โทรสาร: 66-2-963-5586
  E-mail: info@mdboilers.com

4.1.5 ชื่อเทคโนโลยี : หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบด

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☐	เชื้อเพลิงเหลว	☐
หม้อน้ำแบบผสม	☐	เชื้อเพลิงแก๊ส	☐
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☐	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

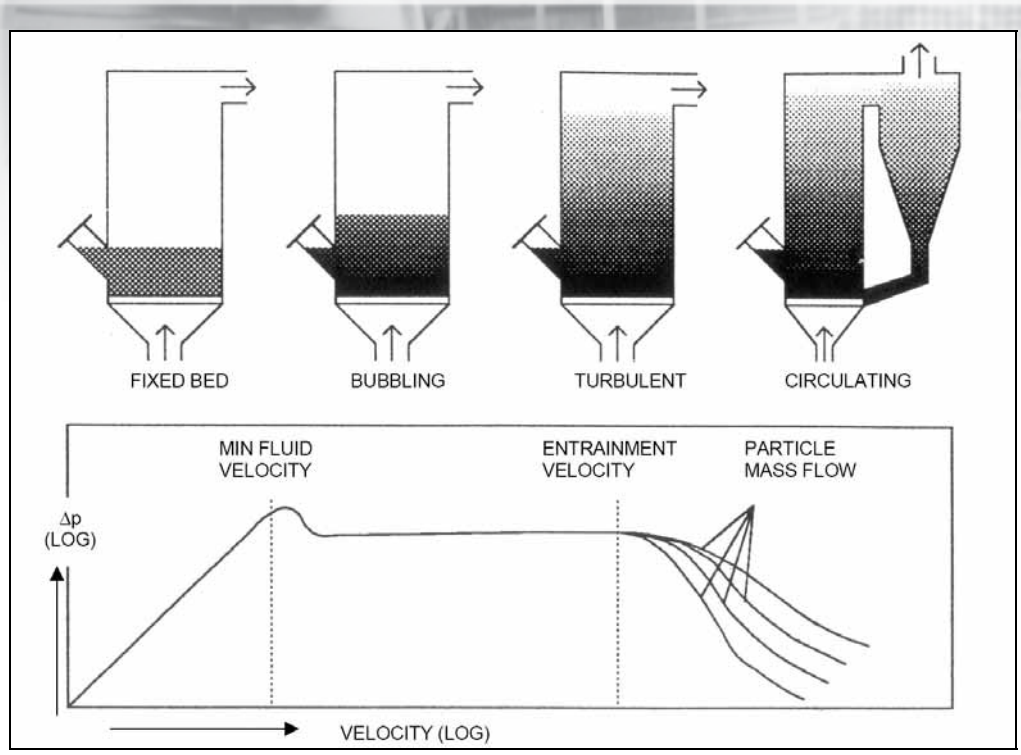
หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed Combustion, FBC) ใช้ทรายเป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ เหมาะกับเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงและสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิดพร้อมกัน แม้เชื้อเพลิงนั้นจะมีคุณภาพต่ำ แต่ยังให้ประสิทธิภาพการเผาที่สูงอยู่ นอกจากนี้ โดยที่อุณหภูมิของการเผาไหม้ไม่สูงมากนัก จึงลดการเกิด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

หลักการของการเผาไหม้วิธีนี้ คือ ถ่านหินที่บดจนมีขนาดเล็กมากถูกพ่นเข้าไปในหม้อน้ำพร้อมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านทรายหรือมีหินปูนด้วยซึ่งใช้เป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ ถ่านหินที่พ่นเข้าไปจะแขวนลอยอยู่ในคลื่นอากาศร้อน โดยมีลักษณะคล้ายของเหลวเดือด ทรายเป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ ขณะที่หินปูนจะทำหน้าที่คล้ายฟองน้ำดักจับกำมะถันที่เกิดขึ้น ความเร็วของการไหลของอากาศทำให้เกิดสภาวะหรือการไหลในเตาเผาที่ต่างกันดัง**รูปที่ 4.1.5-1**

ประเภทหลักของหม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดมีดังนี้

- Bubbling Fluidized Bed (BFB) Boiler คือ หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ความเร็วของการไหลของอากาศมีค่าต่ำ อนุภาคขนาดเบาหรือเล็กเท่านั้นที่จะลอยขึ้นสู่ด้านบนของเบด หม้อน้ำประเภทนี้ใช้กับงานที่ต้องการกำลังน้อยกว่า 100 MW ตัวอย่างหม้อน้ำประเภทนี้แสดงใน**รูปที่ 4.1.5-2**

- Circulating Fluidized Bed (CFB) Boiler คือ หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ความเร็วของการไหลของอากาศมีค่าสูง มีการผสมของแก๊สและของแข็งอย่างดีจึงทำให้มีอัตราความเร็วของการเผาไหม้สูง อุณหภูมิของการเผาไหม้ไม่สูงมากนักจึงลดการเกิดมลพิษได้ ตัวอย่างหม้อน้ำประเภทนี้แสดงใน**รูปที่ 4.1.5-3**



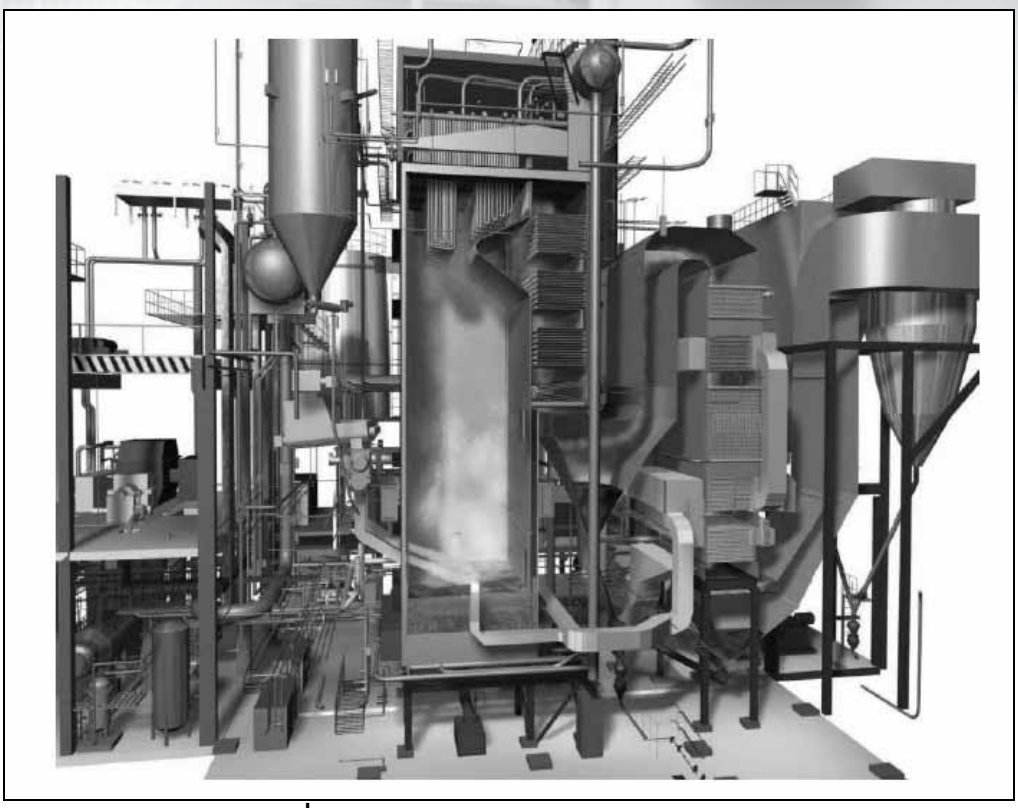
รูปที่ 4.1.5-1 การเกิดฟลูอิไดซ์เบดแบบต่าง ๆ

สำหรับหม้อน้ำ Circulating Fluidized Bed อนุภาคที่มีขนาดปานกลางอาจหลุดไปกับแก๊สได้ จึงต้องมีการดักจับอนุภาคเหล่านี้โดยใช้ไซโคลน อนุภาคที่ถูกดักจับได้จะป้อนกลับเข้าสู่ห้องเผาไหม้อีกครั้ง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ลักษณะเด่นของหม้อน้ำแบบนี้ คือ

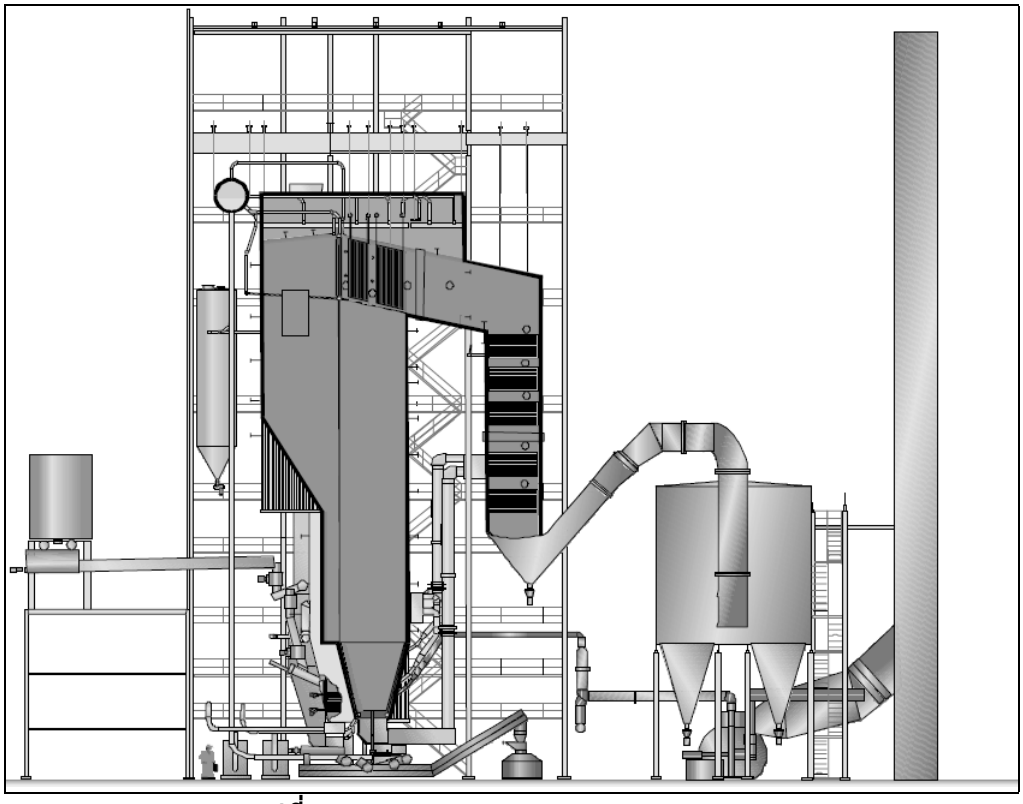
- ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูง
- ถ้ามีการใช้หินปูนร่วมด้วยเพื่อดักจับมลพิษ จะใช้ในปริมาณน้อยแต่ลดมลพิษได้มาก
- เหมาะกับกระบวนการที่ต้องการการตอบสนองต่อการใช้ไอน้ำอย่างรวดเร็ว
- ใช้กับงานที่ต้องการกำลังในช่วง 100-500 MW

การใช้ประโยชน์หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดมีตัวอย่างเช่น ผลิตความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินเพื่อนำมาต้มน้ำ ทำให้เกิดไอน้ำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระบวนการนี้สามารถลดปริมาณกำมะถันที่จะถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ได้มากถึงร้อยละ 90 ความร้อนที่ผลิตได้นำไปใช้ผลิตไอน้ำเพื่อขับกังหันไอน้ำ ส่วนแก๊สร้อนที่ได้มีแรงดันและอุณหภูมิสูง สามารถนำไปขับกังหันแก๊สเพื่อผลิตไฟฟ้าร่วม การผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง ในประเทศไทยมีการติดตั้งใช้งานในโรงไฟฟ้าไบโอแมสพาวเวอร์ บริษัทแอดวานซ์ อะโกร และไทยพาวเวอร์ซัพพลาย

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.1.5-2 Bubbling Fluidized Bed (BFB) Boiler



รูปที่ 4.1.5-3 Circulating Fluidized Bed (CFB) Boiler

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

หม้อน้ำแบบฟลูอิไดซ์เบดสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิดพร้อมกัน แม้เชื้อเพลิงนั้นจะมีคุณภาพต่ำแต่ประสิทธิภาพการเผาไหม้จะยังคงสูงอยู่ เป็นเทคโนโลยีการขจัดหรือลดมลพิษออกจากระบบ กรณีที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงซึ่งเทคโนโลยีนี้มีข้อดีในแง่ที่ว่าไม่ต้องสร้างเครื่องมือขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อกำจัด SO_x และ NO_x

4.1.6 ชื่อเทคโนโลยี : หม้อน้ำลูกผสม (Hybrid Boiler)

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☐
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☐
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☐

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑ ประหยัดพลังงาน ☑ ประหยัดค่าพลังงาน

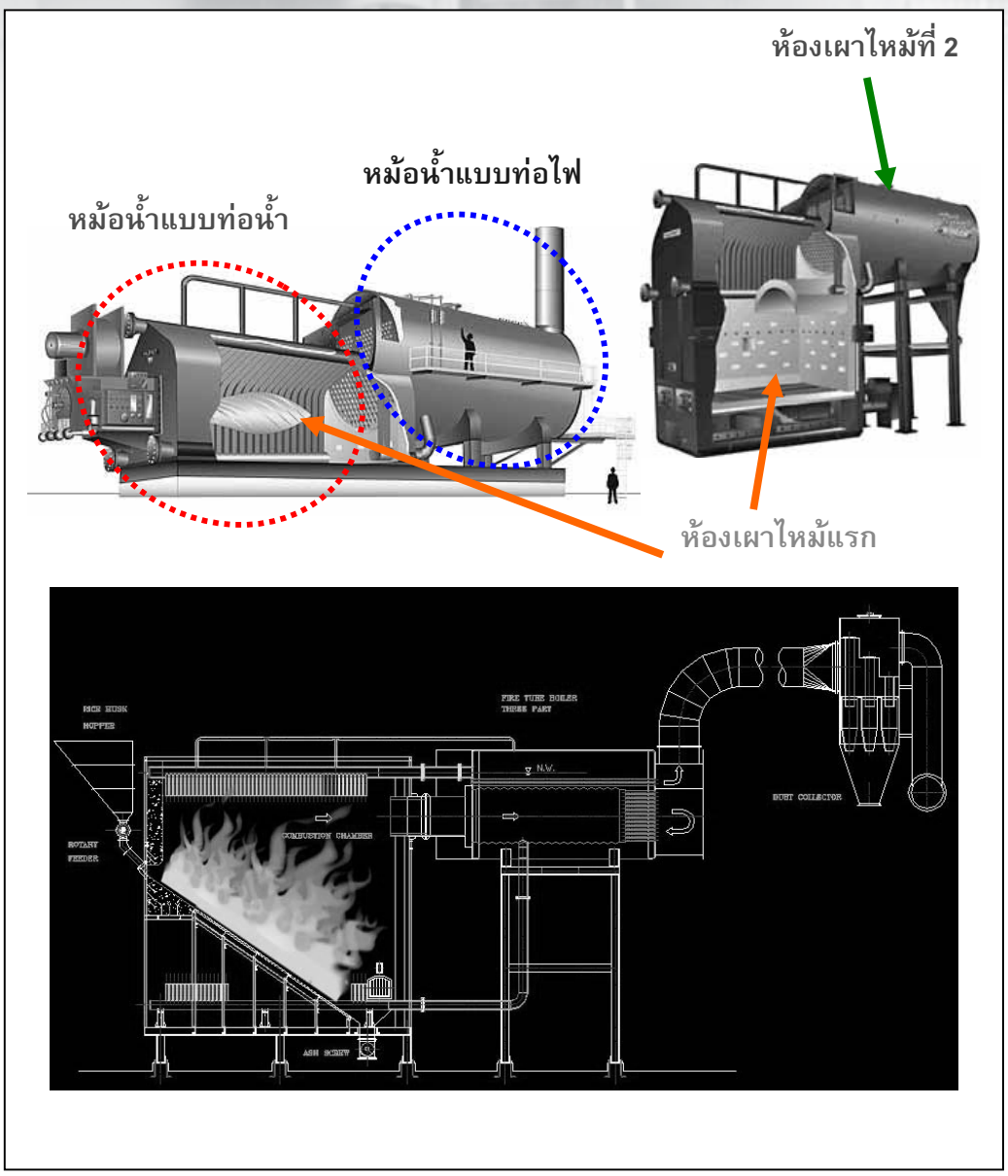
☐ ลดมลภาวะ ☐ อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.1.6-1 การทำงานของระบบหม้อน้ำแบบลูกผสม (Hybrid Boiler)

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิด โดยเฉพาะเชื้อเพลิงแข็ง ชีวมวล รวมทั้งขยะและของเสียจากอุตสาหกรรมหรือพาณิชยกรรมก็นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ด้วย

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- บริษัท แอล เค บอยเลอร์ อินดัสตรี จำกัด
  95 ม. 15 ถ.กิ่งแก้ว
  ต.ราชาเทวะ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540
  โทรศัพท์: 66-2-738-3605-7, 66-2-738-3537-9 โทรสาร: 66-2-738-3608
  E-mail: info@lkboiler.com
  Website: http://www.lkboiler.com
- Hurst Boiler & Welding Company, Inc.
  P.O. Drawer 530, Highway 319 N.
  Coolidge, GA 31738, USA
  Tel: 229-346-3545, Fax: 229-346-3874
  Website: http://www.hurstboiler.com
- George K. Moss Co., Inc.
  P.O. Box 380156
  Birmingham, AL 35238, USA
  Tel: 205-408-2929, Fax: 205-408-4337
  Website: http://www.coalfiredboilers.com
- Patterson-Kelley Co. Boiler Sales
  P.O. Box 458
  100 Burson Street
  East Stroudsburg, PA 18301, USA
  Tel: 570-476-7261, Fax: 570-476-7247
  E-mail: pkboilers@patkelco.com

4.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับหัวเผาและอุปกรณ์การเผาไหม้

การเผาไหม้ของหม้อน้ำขนาดใหญ่ ห้องเผาไหม้จำเป็นต้องมีหัวเผาที่เหมาะสม และสามารถควบคุมสัดส่วนของอากาศและแก๊สที่ผสมกันได้ เพื่อที่จะสามารถควบคุมความยาวและรูปร่างของเปลวไฟและควบคุมปริมาณของอากาศที่เผาไหม้ให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งต้องมีการพิจารณาระบบการควบคุมที่จำเป็นเพื่อให้สอดคล้องกับการเลือกประเภทของหัวเผา

ในหัวข้อนี้จะขอนำเสนอตัวอย่างเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับอุปกรณ์การเผาไหม้ในปัจจุบัน ซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้จำนวน 4 เทคโนโลยีดังต่อไปนี้

4.2.1 ชื่อเทคโนโลยี : Regenerative Burner

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☐
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☐
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☐	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

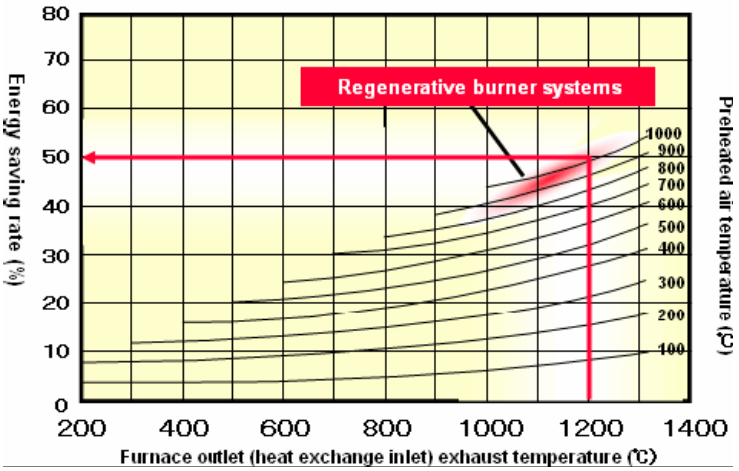
หัวเผารีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Burner) คือ หัวเผาที่ออกแบบมาเพื่อให้มีการนำเอาความร้อนทิ้งกลับมาใช้ให้ได้มากที่สุด ซึ่งแก๊สไอเสียจะนำมาเก็บสะสมความร้อนที่ห้องสะสมความร้อน การสะสมความร้อนสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากห้องกักเก็บแก๊สไอเสียถูกออกแบบให้ใช้วัสดุที่สะสมความร้อนได้สูงมาก อากาศเย็นที่จะใช้ในการเผาไหม้จะแลกเปลี่ยนความร้อนจากห้องกักเก็บไอเสีย ทำให้อากาศที่จะใช้เผาไหม้มีอุณหภูมิสูงใกล้เคียงกับอุณหภูมิใช้งาน ทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มากและประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น

หลักการสำคัญที่ทำให้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟประหยัดเชื้อเพลิงได้ คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศเย็นที่จะใช้เผาไหม้ ซึ่งชุดหัวเผารีเจนเนอเรทีฟประกอบด้วยหัวเผาและรีเจนเนอเรเตอร์ อย่างละ 2 ชุด และวาล์วสลับทิศทางอีก 1 ชุด หลักการทำงาน คือ หัวเผาชุดที่ 1 ทำงาน อากาศจากภายนอกถูกป้อนเข้าที่รีเจนเนอเรเตอร์ชุดที่ 1 ในขณะเดียวกัน แก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะผ่านออกไปทางหัวเผาชุดที่ 2 และไปเก็บสะสมความร้อนที่รีเจนเนอเรเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อวาล์วกลับทิศทางการไหลของอากาศที่ป้อนเข้า อากาศก็จะถูกอุ่นโดยความร้อนที่สะสมในรีเจนเนอเรเตอร์ก่อนที่จะถึงหัวเผา ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น การเผาไหม้ที่หัวเผาชุดที่ 2 ก็จะประหยัดเชื้อเพลิงได้ การสลับทิศทางของวาล์วจะสลับทุกๆ 10-60

วินาทีขึ้นกับการออกแบบ ดังนั้น หัวเผาชุดที่ 1 และ 2 จะได้รับการอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ตลอดเวลา สำหรับแก๊สร้อนที่ถูกใช้ให้ความร้อนไปแล้วจะถูกดึงออกโดยพัดลมดูดอากาศสำหรับการเผาไหม้

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

จากข้อมูลกรณีศึกษาการติดตั้งในต่างประเทศ การให้ความร้อนในเตาอุตสาหกรรมโดยการติดตั้งหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟสามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 40-50% เมื่อเทียบกับการให้ความร้อนในเตาเผาที่ใช้หัวเผาแบบอากาศเย็นทั่วไป ดังแสดงใน**รูปที่ 4.2.1-1**



รูปที่ 4.2.1-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิง

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.2.1-2 หม้อน้ำที่ใช้ระบบ Regenerative Combustion System

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

การนำความร้อนจากแก๊สเสียทิ้งมาใช้ในการอุ่นอากาศเผาไหม้ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาดีขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดน้อยลง จึงถือว่าเป็นอีกแนวทางในการลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

การติดตั้งหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟจะต้องมีการปรับปรุงเตาค่อนข้างมาก หรืออาจจะต้องสร้างเตาใหม่เพื่อให้เป็นเตาสำหรับการใช้หัวเผารีเจนเนอเรทีฟ

กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่

- โรงงานผลิตโลหะ เช่น การรีดเหล็กเส้น
- โรงงานผลิตเซรามิค
- โรงงานผลิตแก้ว

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Daido Steel Co., Ltd.
  Urbannet Nagoya Building 1-10, Higashisakura 1-chome
  Higashi-ku, Nagoya, Aichi 461-8581, Japan
  Tel: 81-52-963-7501
  Website: http://www.daido.co.jp

- BTS Engineering GmbH
  Heinrich-Hertz-Straße
  28 D-40699 Erkrath
  Tel: 49-0211-240-871-10, Fax: 49-0211-240-871-29
  E-mail: info@bts-kutzner.de
  Website: http://www.ch4-bts.de

4.2.2 ชื่อเทคโนโลยี : Self-Recuperative Burner

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☐
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

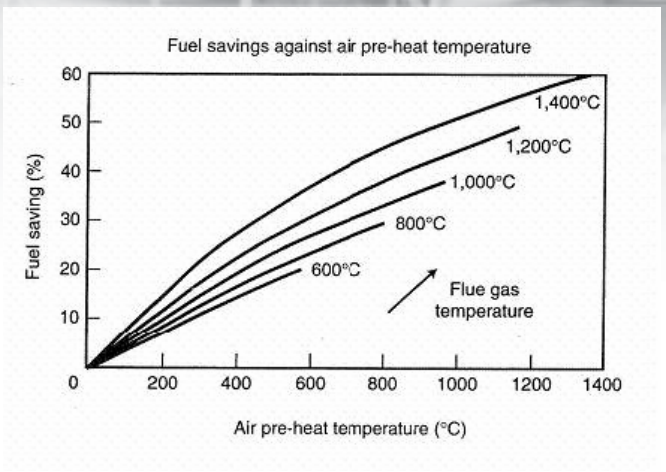
หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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

หลักการสำคัญที่ทำให้หัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟประหยัดเชื้อเพลิงได้ คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศเย็นที่จะใช้เผาไหม้ ซึ่งแก๊สไอเสียจะไหลผ่านหัวเผาที่ติดตั้งอุปกรณ์ดึงแก๊สไอเสีย (Flue Gas Eductor) โดยเหนี่ยวนำให้แก๊สไอเสียไหลผ่านหัวเผาในส่วนที่เป็นชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งภายในหัวเผา แก๊สไอเสียจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศเย็นที่ใช้ในการเผาไหม้ที่ไหลสวนทางผ่านช่องรอบนอกตัวหัวเผาหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดกับหัวเผา

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

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

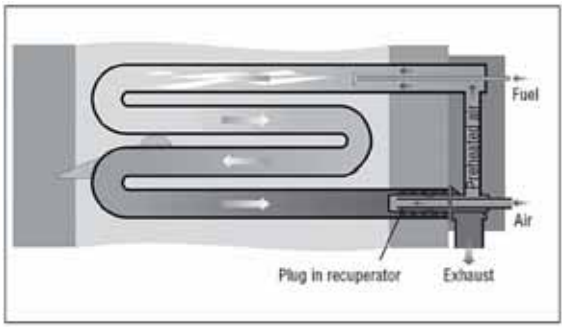


รูปที่ 4.2.2-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิง

จากข้อมูลกรณีศึกษาการติดตั้งในต่างประเทศ การให้ความร้อนในเตาอุตสาหกรรมโดยการติดตั้งหัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟสามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 20-30% เมื่อเทียบกับการให้ความร้อนในเตาเผาที่ใช้หัวเผาแบบอากาศเย็นทั่วไป

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :





รูปที่ 4.2.2-2 การเหนี่ยวนำให้แก๊สไอเสียไหลผ่านหัวเผาในส่วนที่เป็นชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งภายในหัวเผา

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

การนำความร้อนจากแก๊สเสียทิ้งมาใช้ในการอุ่นอากาศเผาไหม้ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาดีขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดน้อยลง จึงถือว่าเป็นอีกแนวทางในการลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

การติดตั้งหัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟ สามารถติดตั้งเพื่อทดแทนหัวเผาอากาศเย็นได้ ซึ่งจะต้องมีการดัดแปลงเพื่อให้เข้ากับเตาเผา เหมาะสำหรับเตาเผาขนาดเล็กและใหญ่ที่มีอุณหภูมิใช้งานสูง (มากกว่า 750°C) และต้องเป็นแก๊สไอเสียที่มีการปนเปื้อนต่ำ และเชื้อเพลิงที่ใช้ควรจะมีกำมะถันในระดับต่ำเพื่อลดปัญหาเรื่องการบำรุงรักษาหัวเผา เช่น แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น

หัวเผาแบบเซลฟ์รีคูเปอร์เรทีฟมีประโยชน์อย่างมากในงานที่ต้องการอุณหภูมิสม่ำเสมอโดยใช้กับเตาหลอมที่มีปริมาตรขนาดเล็ก เช่น เตาเผาเครื่องปั้นดินเผา

หัวเผาแบบเซลฟ์ล์รีคูเปอร์เรทีฟอาจนำมาใช้เสริมกับหัวเผาแบบเซรามิคชนิดรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Ceramic Burner) สำหรับการใช้งานขนาดใหญ่ เพื่อจะทำให้การกระจายความร้อนสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น

กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่

- โรงงานผลิตโลหะ เช่น การรีดเหล็กเส้น
- โรงงานผลิตเซรามิค
- โรงงานผลิตแก้ว

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Combustioin (Thailand) Co., Ltd.
  65/1 Moo 6, Tarang
  Bangkhen, Bangkok 10220
  Tel: 66-2-948-2299, 66-2-948-1431, 66-2-948-1168, Fax: 66-2-948-2647
  Website: http://www.combustion.co.th
- WS Thermal Process Technology, Inc.
  719 Sugar Lane
  Elyria, OH 44035, USA
  Tel: 440-365-8029, Fax: 440-365-9452
  E-mail: wsinc@flox.com
  Website: http://www.flox.com
- Eclipse Combustion (Thailand) Ltd.
  1213/336 Srivara Town in Town
  Ladphrao 94 Rd., Wangthonglang
  Bangkok, Thailand
  Tel: 66-2-559-0605, 66-2-559-0606, Fax: 66-2-559-0438
  E-mail: drevill@eclipsenet.com
  Website: http://www.eclipsenet.com

4.2.3 ชื่อเทคโนโลยี : หัวเผาเม็ดพลาสติก

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☐

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☐
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☐

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☐ ประหยัดพลังงาน ☑ ประหยัดค่าพลังงาน

☐ ลดมลภาวะ ☐ อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

หัวเผาชนิดเชื้อเพลิงพลาสติก คือ หัวเผาที่ออกแบบมาให้สามารถใช้เชื้อเพลิงของแข็งประเภทเม็ดพลาสติกได้ ซึ่งเม็ดพลาสติกเป็นแหล่งเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนที่ได้จากขยะพลาสติก เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในสภาวะที่น้ำมันและแก๊สเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นอย่างมาก อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกที่มากขึ้นทุกวัน

หัวเผาทำงานโดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงก่อนประมาณ 15 นาที จากนั้นจึงป้อนเม็ดพลาสติกเข้าสู่ห้องเผาไหม้ซึ่งใช้ความร้อนเปลี่ยนเม็ดพลาสติกให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification) เมื่อผสมกับอากาศที่ป้อนเข้ามาจึงเกิดการเผาไหม้ขึ้น เม็ดพลาสติกโดยทั่วไปมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับแก๊สหุงต้ม (LPG) แต่ราคาเม็ดพลาสติกที่ปริมาณเท่ากันจะมีราคาถูกกว่าครึ่งหนึ่ง ทำให้ประหยัดค่าเชื้อเพลิงลงได้อย่างชัดเจน

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

ตารางที่ 4.2.3-1 ค่าความร้อนและราคาของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

ประเภทเชื้อเพลิง	น้ำมันเตา	น้ำมันดีเซล	เม็ดเชื้อเพลิงพลาสติก (kg)	แก๊ส 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 4.2.3-1 หัวเผาชนิดเชื้อเพลิงพลาสติก

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

หัวเผาชนิดเชื้อเพลิงพลาสติกที่ใช้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนที่ได้จากขยะพลาสติกเป็นทางเลือกที่น่าสนใจทางหนึ่ง เพราะมีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูง และไม่มีผลกระทบเนื่องจากมลพิษ ที่สำคัญ ราคาเม็ดพลาสติกที่ได้จากขยะพลาสติกมีราคาถูกกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นมาก

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

การติดตั้งหัวเผาเชื้อเพลิงพลาสติกทำได้โดยการเปลี่ยนหัวเผาเท่านั้น โดยกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่

- อุตสาหกรรมอาหาร
- อุตสาหกรรมสิ่งทอ และภาคบริการ เช่น โรงแรม

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- GR Technologies Co., Ltd.
  201 Samsung Anytel Building
  837-17 Yeoksam-Dong, Kangnamgu
  Seoul 135-937, Korea

4.2.4 ชื่อเทคโนโลยี : แก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☐
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☐
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

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 ซึ่งจะได้แก๊สที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรเจน (H_2) เป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีแก๊สมีเทน (CH_4) เกิดขึ้นด้วย แก๊สที่เกิดขึ้นนี้สามารถนำไปให้ความร้อนโดยตรง หรือนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นนั้นสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลายขึ้นอยู่กับกระบวนการป้อนเชื้อเพลิงซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

1. ชนิดเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง
   สามารถใช้กับถ่านหินทุกชนิด ปิโตรเลียมโค้ก หรือพวกชีวมวลต่างๆ
2. ชนิดเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว
   เชื้อเพลิงอาจจะได้จากส่วนที่เหลือจากโรงกลั่น (ที่มีส่วนประกอบของแอสฟัลท์ บิทูเม็น และน้ำมันจากทรายน้ำมัน) และของเหลวที่เป็นสารเคมีเหลือทิ้งจากโรงงานเคมี
3. ชนิดเชื้อเพลิงที่เป็นแก๊ส
   เช่น แก๊สธรรมชาติ หรือโรงกลั่นเคมีที่มีแก๊สเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

ที่นิยมใช้เป็นส่วนมาก คือ เชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ชีวมวล ถ่านหิน ฯลฯ

ปฏิกิริยาความร้อนของการเกิดแก๊สในเตาผลิตแก๊สสามารถแบ่งออกได้เป็น 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)

$C + CO_2 \longrightarrow 2CO$

$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$

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

$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$

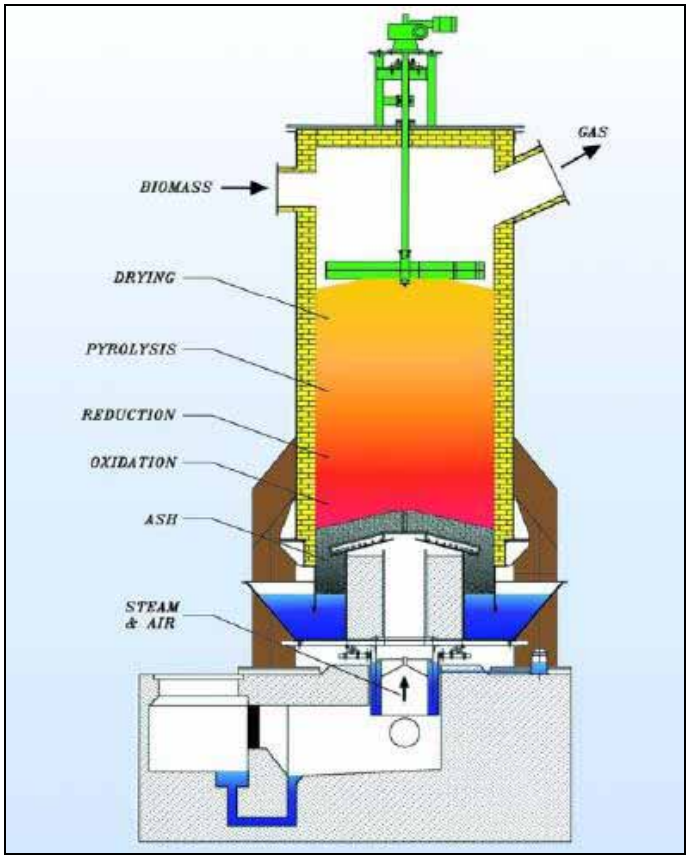
$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4$

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 4.2.4-1 ตำแหน่งต่าง ๆ 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

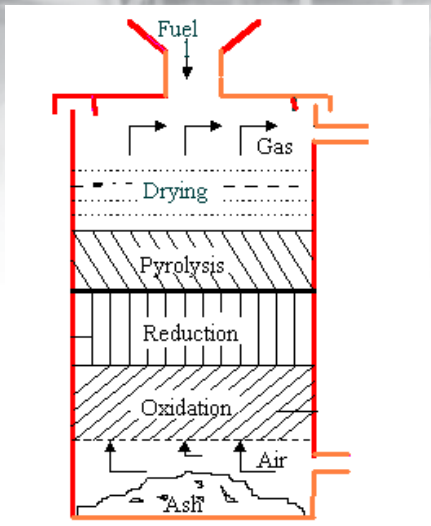
1. Fixed Bed Gasifier

เชื้อเพลิงภายในเตาแก๊สซิไฟเออร์มีตัวรองรับ 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 เนื่องจากแก๊สร้อนที่เกิดจาก Combustion Zone ไหลผ่านชั้นเชื้อเพลิง ความร้อนสัมผัสจะถูกถ่ายเทให้กับเชื้อเพลิงก่อนไหลลงสู่ Reduction Zone และ Pyrolysis Zone ต่อไป ฉะนั้น Updraft Gasifier จึงมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง แต่เมื่อแก๊สออกจากเตาผลิตแก๊ส อุณหภูมิโปรดิวเซอร์แก๊สจะลดลง ทาร์และน้ำมันจะกลั่นตัวเป็นของเหลว ดังนั้น โปรดิวเซอร์แก๊สจึงมีสิ่งปนเปื้อนสูง การผลิตแก๊สด้วยวิธีนี้อาจป้อนไอน้ำช่วยในการทำปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มปริมาณ H_2 และ CO และช่วยควบคุมอุณหภูมิใน Combustion Zone กรณีเชื้อเพลิงมีความชื้นสูงจะไม่จำเป็นต้องป้อนไอน้ำ

ตัวแปรที่สำคัญในการทำงานประกอบด้วย วิธีการป้อนอากาศ ตำแหน่งที่แก๊สไหลออก ชนิดและขนาดของตะแกรง การบุฉนวน ความหนาของชั้นเชื้อเพลิง และค่า Specific Gasification Rate (SGR) โดยค่า SGR หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยาผลิตแก๊สในเวลา 1 ชั่วโมง (kg/h) ต่อพื้นที่หน้าตัดของตะแกรง (m^2) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิง การออกแบบ และการทำงานของเตาแก๊สซิไฟเออร์ ค่า SGR ของการผลิตแก๊สด้วยวิธีนี้จะอยู่ระหว่าง 100-300 kg/h-m^2

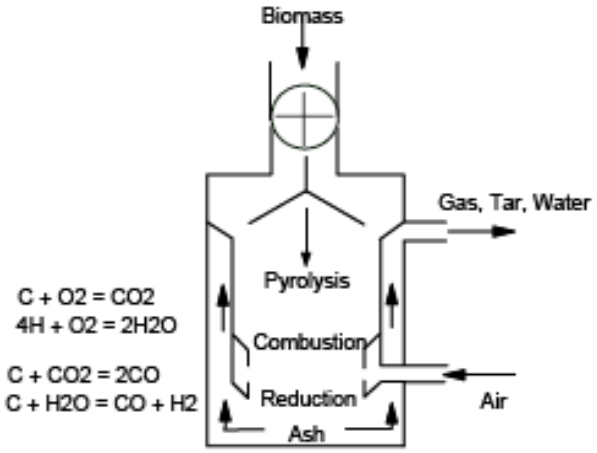


รูปที่ 4.2.4-2 Counter-Current Fixed Bed (Updraft Gasifier)

1.2 Co-Current Fixed Bed (Downdraft Gasifier)

อากาศไหลลงทิศทางเดียวกับการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิง เตาชนิดนี้มีจุดประสงค์ให้ผลิตภัณฑ์จาก Pyrolysis Zone ไหลผ่าน Combustion Zone ซึ่งมีอุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดการแตกตัวเป็นแก๊สก่อนที่จะไหลออกจากเตาผลิตแก๊ส โปรดิวเซอร์แก๊สจึงมีทาร์ต่ำ แต่โปรดิวเซอร์แก๊สจะมีอุณหภูมิสูงถึง 300-500°C

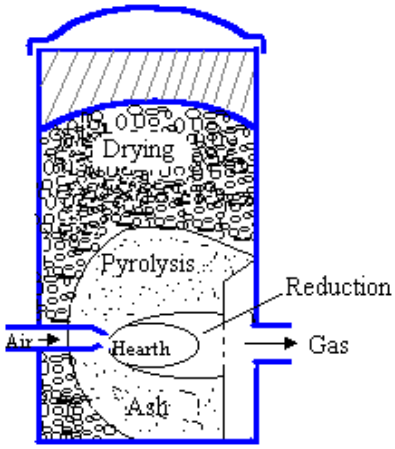
จุดสำคัญของ Downdraft Gasifier คือ ลักษณะ Combustion Zone รูปแบบตะแกรงและวิธีการป้อนอากาศ ลักษณะรูปร่างของ Combustion Zone จะออกแบบให้เล็กลงโดยการลดพื้นที่หน้าตัดและปรับลักษณะการป้อนอากาศเพื่อทำให้อุณหภูมิชั้นเผาไหม้มีค่าสูงเพียงพอในการสลายทาร์ แต่ถ้าเชื้อเพลิงที่มีเถ้าสูงกว่า 6% และมีความชื้นสูงกว่า 20% จะไม่เหมาะกับ Downdraft Gasifier เนื่องจากเถ้าอาจหลอมละลายติดกับคอคอดขัดขวางการไหลของเชื้อเพลิงและแก๊ส อัตราการผลิตแก๊สที่เหมาะสมจะมีค่า SGR อยู่ระหว่าง 2,900-3,900 kg/h-m^{2}



รูปที่ 4.2.4-3 Co-Current Fixed Bed (Downdraft Gasifier)

1.3 Crossdraft Gasifier

เป็นระบบที่อากาศไหลขวางกับทิศทางของการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิง ลักษณะชั้นปฏิกิริยาโดยเฉพาะ Combustion Zone และ Reduction Zone จะอยู่ใกล้ชิดกันมาก ดังนั้นจะผลิตแก๊สได้อย่างรวดเร็วและแปรผันง่าย ปกติบริเวณการเผาไหม้จะอยู่กึ่งกลางของเตาผลิตแก๊ส แต่ขอบเขตของการเผาไหม้อาจขยายกว้างขึ้นเมื่อความเร็วอากาศสูงขึ้น จุดสำคัญของ Crossdraft Gasifier คือ การออกแบบรูปร่างของ Tuyeres มีความสำคัญต่อความเร็วของอากาศเมื่อเข้าทำปฏิกิริยาและขอบเขตของ Combustion Zone ซึ่งปกติความเร็วอากาศจะมีค่าสูงและเกิดการเผาไหม้สูง โปรดิวเซอร์แก๊สที่ออกจากเตาผลิตแก๊สมีอุณหภูมิสูงและมีสิ่งปนเปื้อนสูง ปกติ ReductionZone มีขนาดเล็กจึงทำให้มีระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาสั้น การเปลี่ยนรูป CO_2 ไปเป็น CO ค่อนข้างต่ำ ดังนั้น โปรดิวเซอร์แก๊สจะมีค่าความร้อนต่ำ แต่เมื่อป้อนอากาศที่ความเร็วสูงมากจะมีผลต่อองค์ประกอบโปรดิวเซอร์แก๊ส โดยอัตราการเปลี่ยน CO_2 ไปเป็น CO สูงเนื่องจากปฏิกิริยาเข้าใกล้ภาวะสมดุล

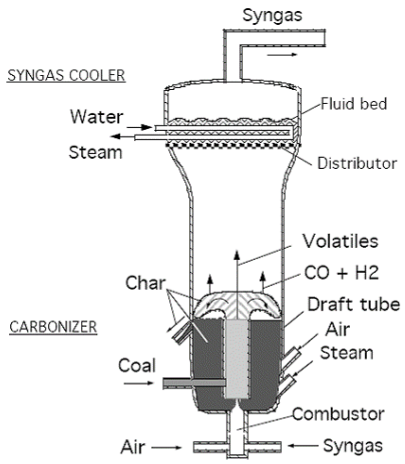


รูปที่ 4.2.4-4 Crossdraft Gasifier

2. Fluidized Bed Gasifier

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

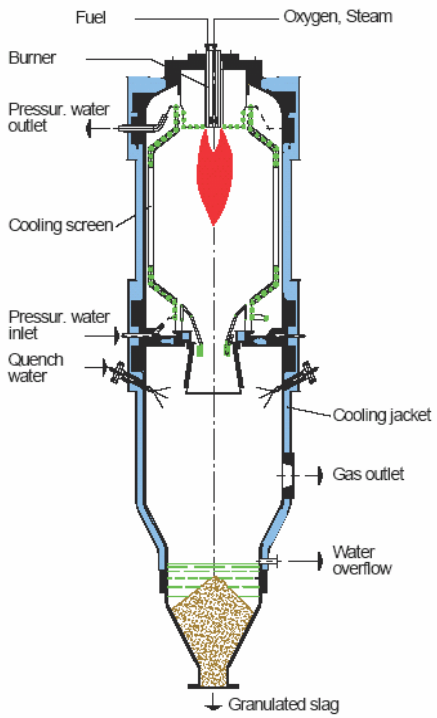
Fluidized Bed Gasifier แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง และการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้สำรอง ในสภาวะการทำงานแบบคงตัว (Steady State) อุณหภูมิของสารตัวกลาง เช่น ทราย ถ่าน หรือวัสดุเฉื่อยอื่นๆ จะมีการกระจายสม่ำเสมออย่างทั่วถึง การเผาไหม้และการผลิตแก๊สจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับสภาวะการเกิดฟลูอิไดซ์เบดของสารตัวกลาง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



รูปที่ 4.2.4-5 Fluidized Bed Gasifier

3. Entrained Flow Gasifier

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



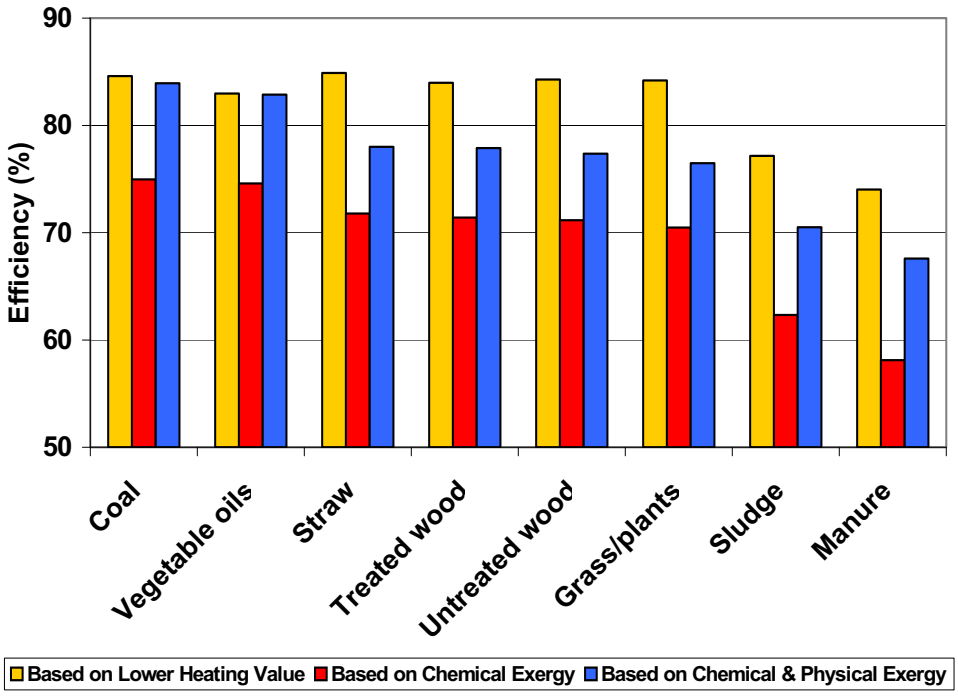
รูปที่ 4.2.4-6 Entrained Flow Gasifier

ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากการเผาไหม้แบบทั่วไปจะเกิดการสูญเสียความร้อนไปสู่สิ่งแวดล้อมมาก แต่ถ้านำเชื้อเพลิงถ่านหินหรือชีวมวลมาเผาแบบกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงแก๊ส (โปรดิวเซอร์แก๊สหรือ Syngas) เสียก่อน จากนั้นจึงทำการเผาไหม้อีกครั้งเพื่อทำให้เกิดพลังงาน จะได้พลังงานความร้อนที่สูงขึ้น นอกจากนี้แล้วยังเป็นการลดมลภาวะที่มีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

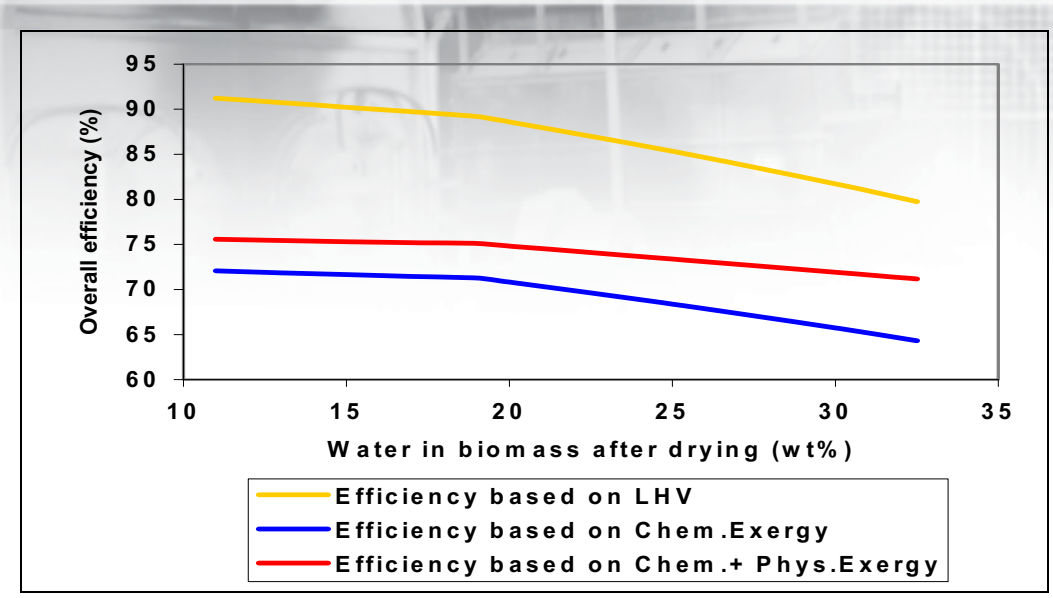
ตัวอย่างการใช้งานจริงแห่งหนึ่งเป็นโรงจักรต้นกำลังไอน้ำที่มีการติดตั้งระบบแก๊สซิฟิเคชั่นหรือที่เรียกว่า IGCC เข้าไป ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานเป็น 65%

ตารางที่ 4.2.4-1 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

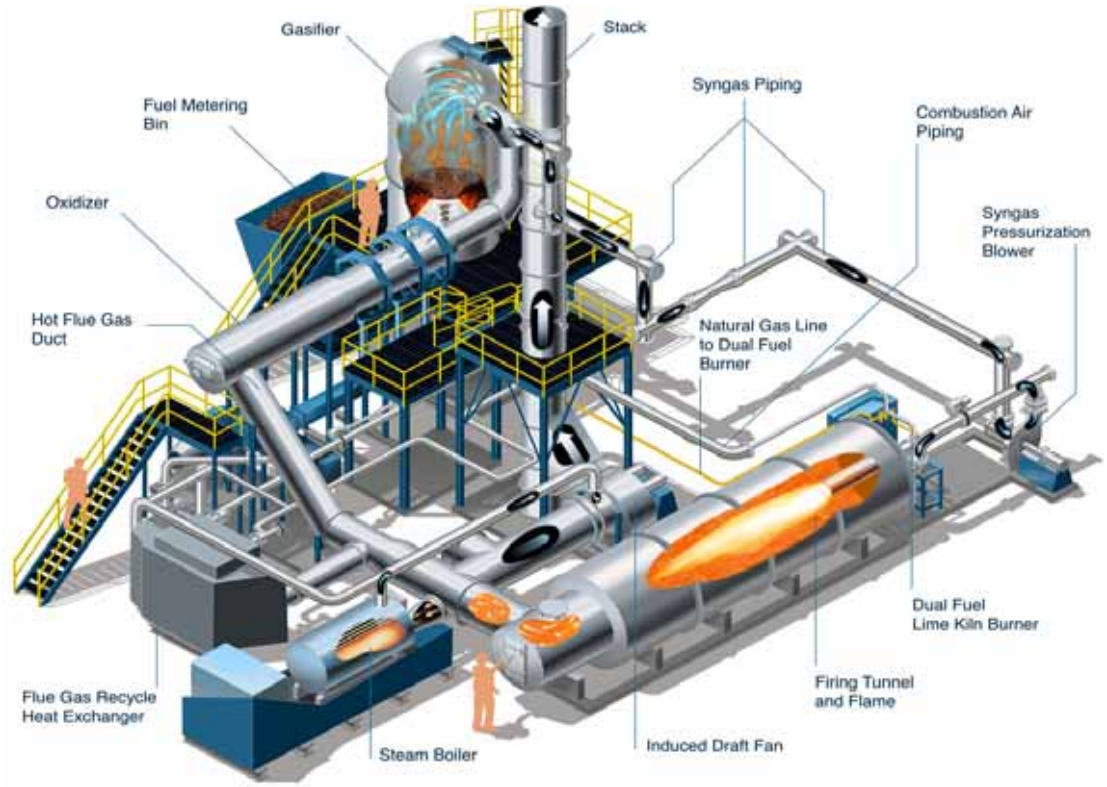
ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (kJ/kg)	ราคา (บาท) ณ วันที่ 1 ต.ค. 2550	สถานการณ์ปัจจุบัน
น้ำมันดีเซล	44,000	ลิตรละ 28	ไม่คุ้ม
น้ำมันเตา	42,000	ลิตรละ 29	ไม่คุ้ม
ถ่านหิน (ซับบิทูมินัส)	28,000	ตันละ 2,200	ประหยัด คืนทุนเร็ว
ชีวมวล	17,000	ตันละ 1,000	ประหยัด คืนทุนเร็ว



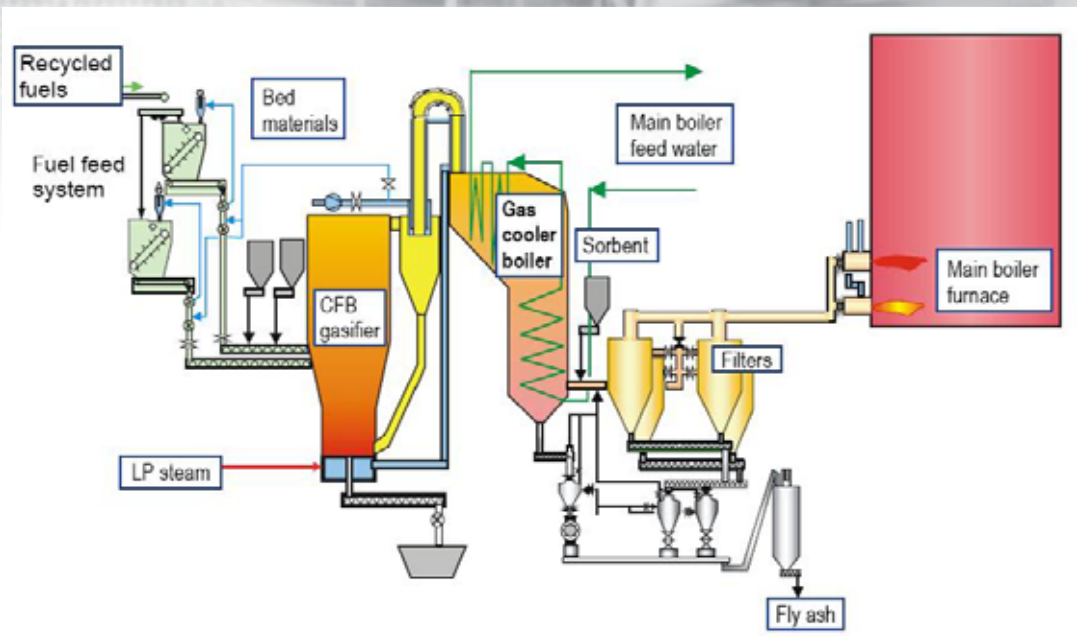
รูปที่ 4.2.4-7 ประสิทธิภาพของระบบเผาไหม้แบบแก๊สซิฟิเคชั่นของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 4.2.4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความชื้นของเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.2.4-9 รูปแบบของระบบแก๊สซิฟิเคชั่น



รูปที่ 4.2.4-10 โครงสร้างของหม้อน้ำแบบแก๊สซิไฟเออร์

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

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

ข้อเสีย

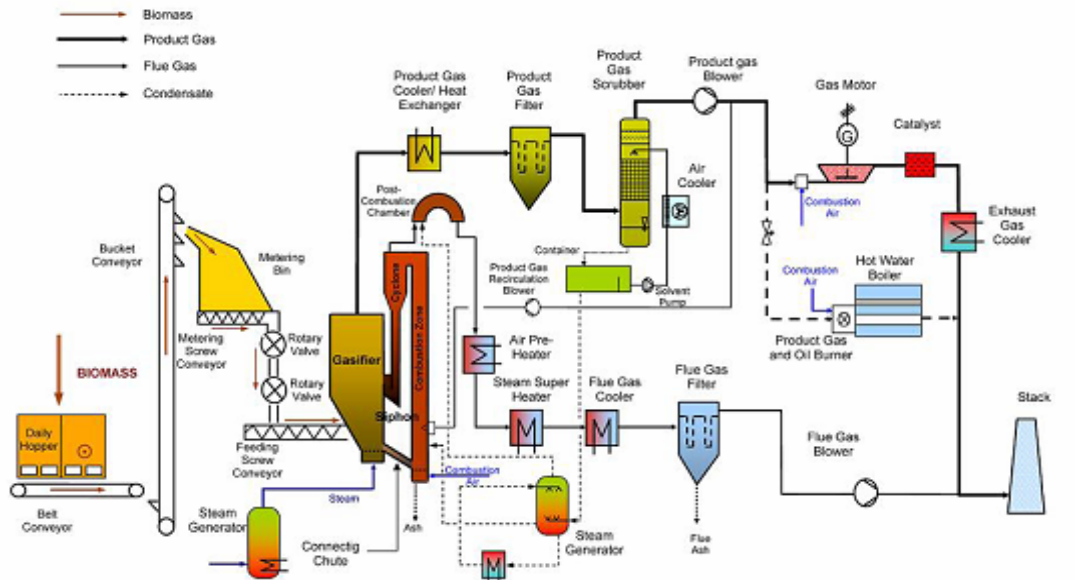
- มีทาร์หรือน้ำมันดินผสมในแก๊สที่ผลิตได้ เป็นปัญหาเกี่ยวกับการทำความสะอาด โดยเชื้อเพลิงต้องมีขนาดที่พอเหมาะ ความชื้นไม่ควรเกิน 50 % หากขนาดเล็กเกินไปจะทำให้อากาศไหลผ่านไม่ได้ หรือหากใหญ่เกินไปจะเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมด

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

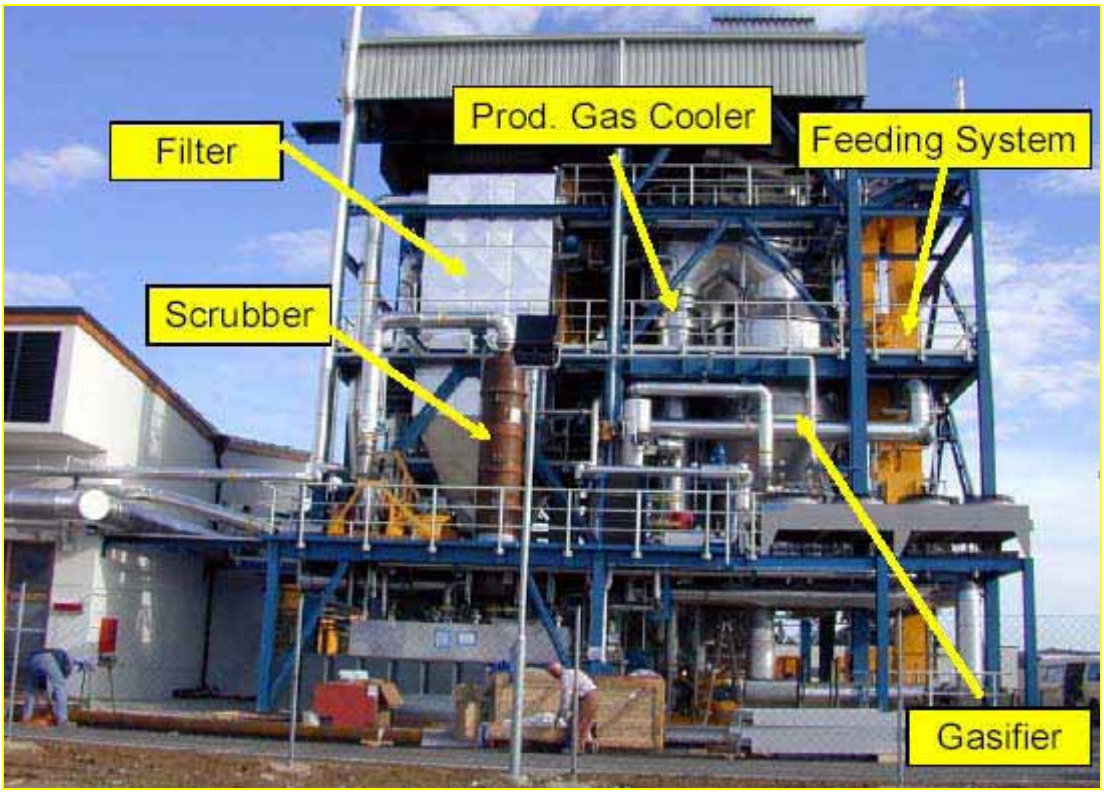
- อุปกรณ์ระบบแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier Reactor)
- ไซโคลน (Cyclone)
- ระบบหล่อเย็น (Cooler)
- ระบบกรอง (Filter)

กรณีศึกษา :

2 MW Biomass Gasification Plant in Güssing (Austria)



รูปที่ 4.2.4-11 การประยุกต์ใช้ Biomass Gasification



รูปที่ 4.2.4-12 ตัวอย่างโรงงานที่มีการนำระบบแก๊สซิไฟเออร์มาประยุกต์ใช้งาน

ตารางที่ 4.2.4-2 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 4.2.4-3 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}

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Alternative Energy Solutions
  312 Laura Street
  Wichita, KS 67211, USA
  Tel: 316-201-4143
  Fax: 316-264-7827
  Website: http://www.aesenergy.net
- Thai K. Boiler Co., Ltd.
  134 หมู่ 6 ซอยเพชรเกษม 91
  สวนหลวง กระทุ่มแบน สมุทรสาคร 74110
  โทรศัพท์: 66-2-420-8046-9
  โทรสาร: 66-2-420-2358

4.3 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับไอเสีย

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบไอเสียส่วนใหญ่จะเป็นการนำพลังงานที่แฝงในไอเสียกลับมาใช้งาน โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อถ่ายเทพลังงานความร้อนจากไอเสียมาให้กับตัวกลางตัวใหม่ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำหรือไม่ก็อากาศ ในหัวข้อนี้จะขอนำเสนอตัวอย่างเทคโนโลยีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในปัจจุบัน ซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้จำนวน 7 เทคโนโลยี ดังต่อไปนี้

4.3.1 ชื่อเทคโนโลยี : Economizer แบบ Tube & Fin

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

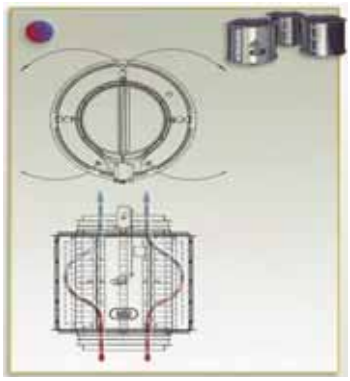
☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

หลักการทำงานของ Economizer แบบ Tube & Fin จะประกอบด้วยท่อดัดและเพิ่มครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนจากปล่องไอเสียสู่น้ำป้อนที่จะวิ่งผ่าน Economizer เพื่อรับความร้อนจากไอเสียก่อนเข้าหม้อน้ำ ไอเสียเมื่อวิ่งผ่านครีบท่อจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำป้อนโดยที่น้ำป้อนวิ่งอยู่ภายในท่อ

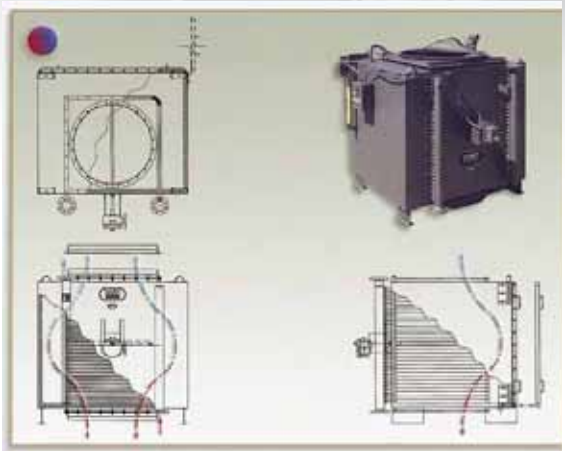
Economizer แบบ Tube & Fin นี้จะมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบท่อกลม (Cylindrical Economizer) และแบบท่อสี่เหลี่ยม (Rectangular Economizer)

แบบท่อกลม หมายถึง ลักษณะของการวางท่อน้ำจะวางวนรอบเป็นวงกลมล้อมรอบปล่องไอเสีย ทำให้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา



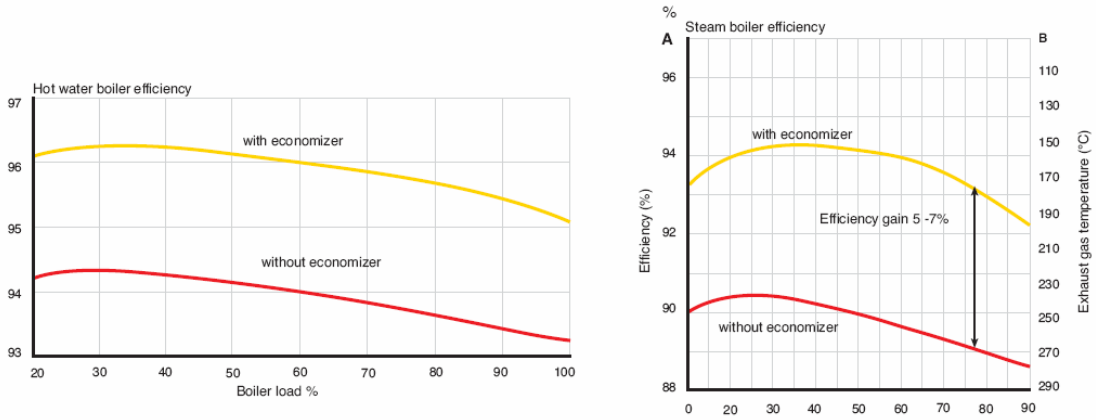
รูปที่ 4.3.1-1 Economizer แบบท่อกลม (Cylindrical Economizer)

แบบท่อสี่เหลี่ยม หมายถึง ลักษณะของการวางท่อน้ำจะวางวนรอบปล่องไอเสียเป็นแบบสี่เหลี่ยม ทำให้มีพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนมากกว่าแบบท่อกลม แต่ก็มีข้อเสีย คือ จะมีน้ำหนักมากกว่า



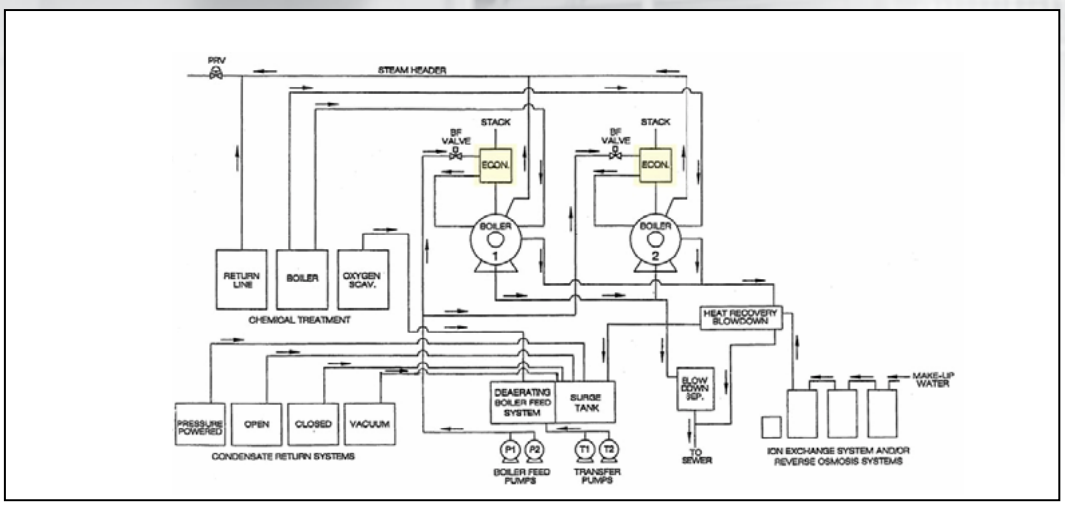
รูปที่ 4.3.1-2 Economizer แบบท่อสี่เหลี่ยม (Rectangular Economizer)

การติดตั้ง Economizer จะทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบเพิ่มขึ้นประมาณ 5-7% ขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ ขนาดหม้อน้ำ และสภาพการใช้งานของเครื่อง



รูปที่ 4.3.1-3 ประสิทธิภาพของหม้อน้ำเมื่อทำการติดตั้ง Economizer

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.3.1-4 การประยุกต์ใช้ Economizer แบบ Tube & Fin

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

การนำความร้อนจากแก๊สเสียทิ้งมาใช้ในการอุ่นอากาศเผาไหม้ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาดีขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดน้อยลง จึงถือว่าเป็นอีกแนวทางในการลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้

เทคโนโลยีนี้มีระยะเวลาในการคืนทุนสั้นประมาณ 6 เดือนถึง 3 ปี

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

การติดตั้ง Economizer แบบ Tube & Fin จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม คือ จะต้องติดตั้งปั๊มเดินท่อน้ำ 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



ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Cameron Veitch Combustion & Energy Systems Ltd.
  Tel: 905-415-9400, Fax: 905-415-9482
  E-mail: camveitch@combustionandenergy.com
- Cain Industries
  P.O. Box 189 W194 N11826 McCormick Dr.
  Germantown, WI 53022, USA
  Tel: 262-251-0051, 800-558-8690
  E-mail: sales@cainind.com
  Website: http://www.cainind.com

4.3.2 ชื่อเทคโนโลยี : Economizer แบบสัมผัสตรง

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

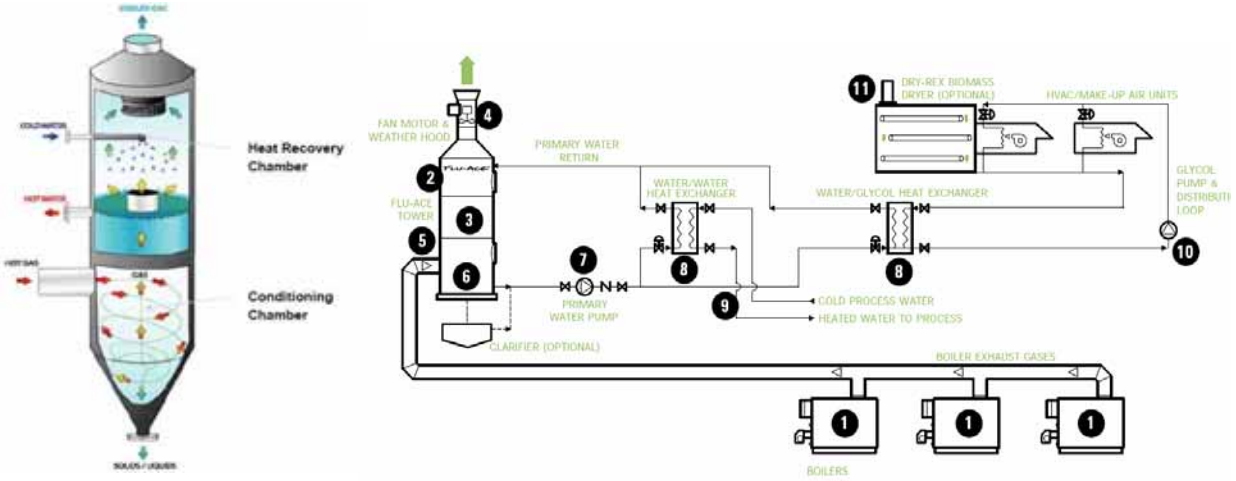
วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.3.2-1 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



ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Thermal Energy International Inc.
  36 Bentley Avenue, Ottawa,
  Ontario K2E 6T8, Canada
  Tel: 613-723-6776, Fax: 613-723-7286
  Website: http://www.thermalenergy.com
- Kemco Systems
  11500 47th Street,
  North Clearwater, Florida 33762, USA
  Tel: 800-633-7055, Fax: 727-573-2323
  Website: http://www.kemcosystems.com

4.3.3 ชื่อเทคโนโลยี : Economizer แบบ Heat Pipe

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☑		

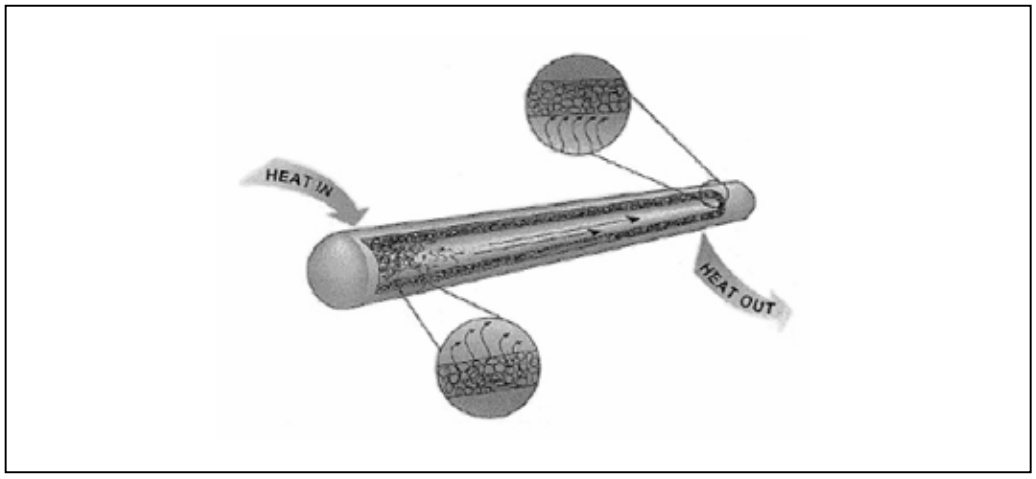
วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

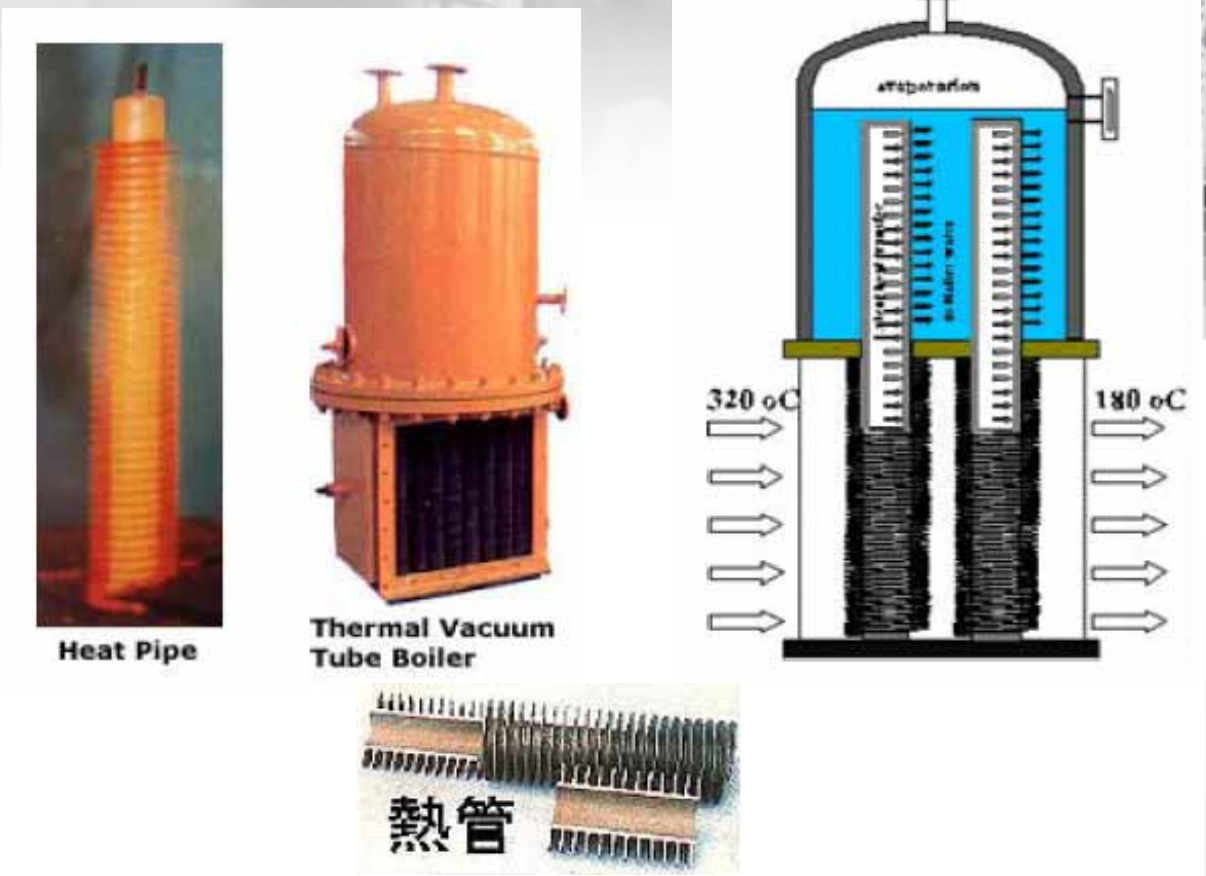
หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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 4.3.3-1 Economizer แบบ Heat Pipe



รูปที่ 4.3.3-2 อุปกรณ์สำหรับการทำ Economizer แบบ Heat pipe

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

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

ข้อเสีย

ความสามารถในการนำความร้อนที่จำกัด

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ไม่ค่อยมีความสลับซับซ้อนอะไรนัก สามารถที่จะนำไปใช้งานได้หลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ หรือว่าอากาศกับอากาศเอง แต่การใช้งานต้องมีการแบ่งโซนของของไหลอย่างชัดเจน แล้วนำเอาท่อความร้อนไปเป็นตัวกลางช่วยแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น การบรรจุท่อความร้อนอยู่ในกล่องที่มีการกั้นเป็นสองห้อง ห้องฝั่งหนึ่งจะมีของไหลร้อนไหลผ่าน ส่วนอีกห้องหนึ่งจะมีของไหลที่อุณหภูมิต่ำกว่าไหลผ่าน

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Noren Products, Inc.
  1010 O'Brien Drive
  Menlo Park, CA 94025, USA
- Acrolab Ltd.
  7475 Tranby Avenue
  Windsor, Ontario N8S 2B7, Canada
- Hamada Boiler
  Huarong Building, Room 1705
  3880 Jiangnan Road, Hangzhou City,
  Hangzhou, Zhejiang Province, China
  Tel: 86-571-87655979, 87655989
  Fax: 86-571-87655969

4.3.4 ชื่อเทคโนโลยี : Recuperative Air Preheater

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

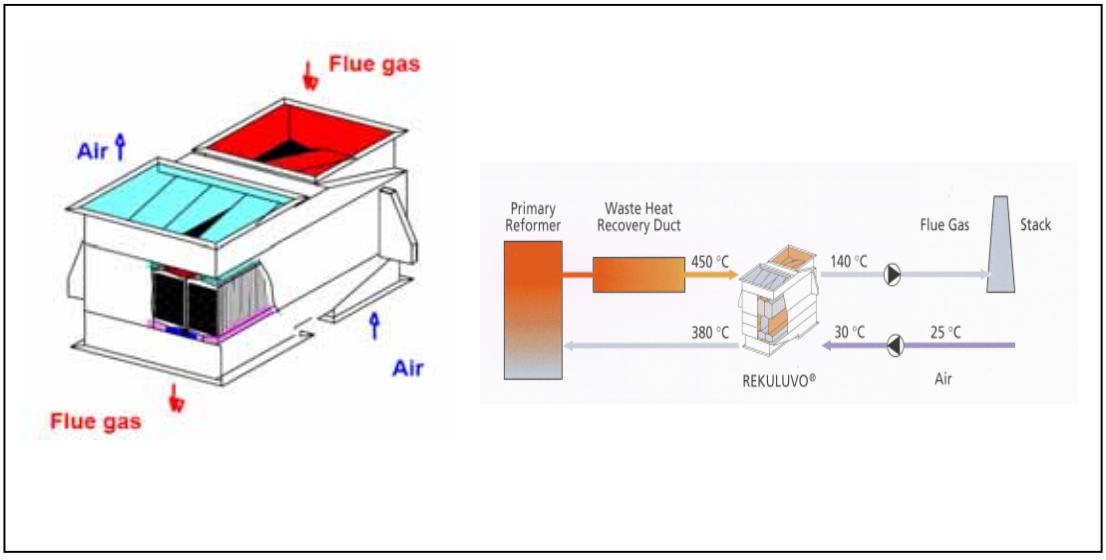
☑	ประหยัดพลังงาน	☐	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

หลักการทำงานของอุปกรณ์นี้ คือ ไอเสียจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศแบบไหลสวนทางกันผ่านวัสดุ เช่น แผ่นเหล็ก ท่อเหล็ก หรืออาจเป็นท่อแก้วเพื่อป้องกันการกัดกร่อนตามลักษณะการใช้งาน

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.3.4-1 การแลกเปลี่ยนความร้อนของแก๊สไอเสียกับอากาศ

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

ไม่มีการรั่วไหลระหว่างของไหลทั้งสองฝั่ง และช่วยประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง

ข้อเสีย

ความดันสูญเสียสูงกว่าแบบ Rotary

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

Air Preheater ส่วนใหญ่จะติดตั้งไว้หลังจากที่ไอเสียได้ผ่าน Economizer เป็นการนำความร้อนที่จะทิ้งไปกับแก๊สร้อนมาทำการอุ่นอากาศ ทำให้มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงลดลง โดยการติดตั้งทางด้านแก๊สร้อนจะเดินท่อจากท่อแก๊สร้อนที่จะไปทิ้งมายัง Air Preheater แล้วจึงปล่อยแก๊สร้อนทิ้งสู่อากาศ ส่วนทางด้านอากาศก็จะมีการต่อท่อเพื่อผ่าน Air Preheater ก่อนจะนำไปใช้

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- BD Heat Recovery, USA
  Website: http://www.bdheat.com
- Kamal, USA
  Website: http://www.kecindustries.com

4.3.5 ชื่อเทคโนโลยี : Rotary Air Preheater

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

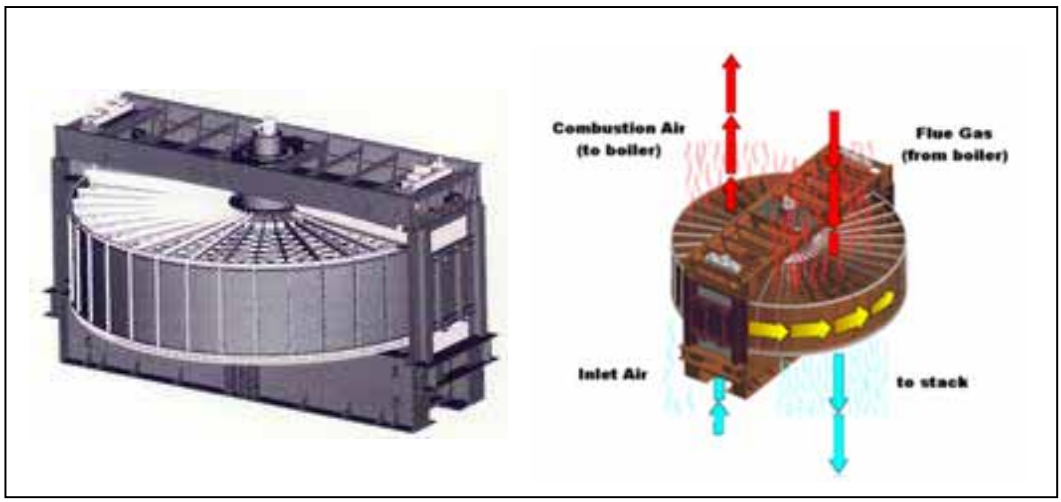
☑	ประหยัดพลังงาน	☐	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

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 4.3.5-1 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

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Allstom, USA
  Website: http://www.airpreheatercompany.com
- BD Heat Recovery, USA
  Website: http://www.bdheat.com
- Paragon, USA
  Website: http://www.paragonairheater.com

4.3.6 ชื่อเทคโนโลยี : Steam Air Preheater

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☑

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

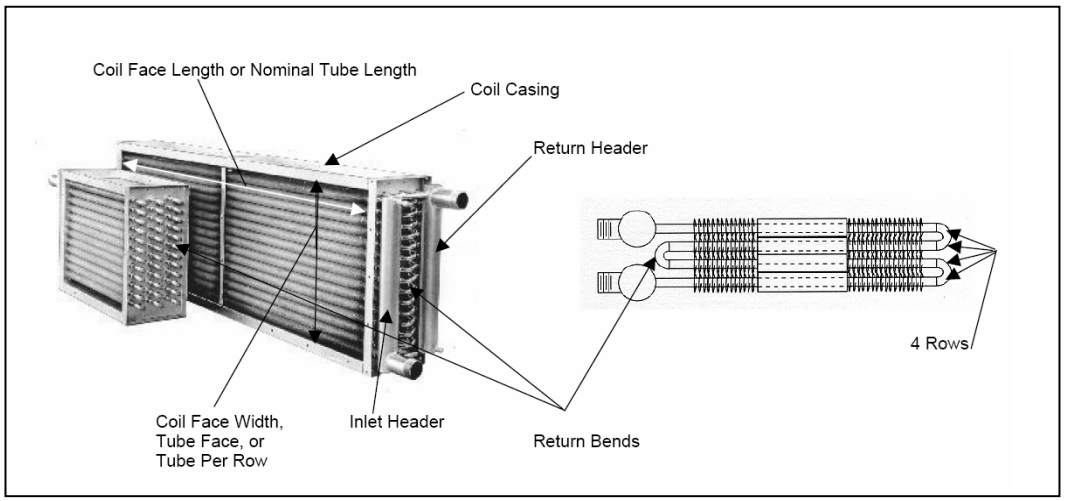
☑ ประหยัดพลังงาน ☐ ประหยัดค่าพลังงาน

☐ ลดมลภาวะ ☐ อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.3.6-1 การถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศก่อนเข้าหัวเผาโดยใช้คอยล์ไอน้ำ

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

ในส่วนของโรงงานที่ผลิตไอน้ำมากจนเหลือใช้ จะเป็นการนำพลังงานที่เหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ให้เป็นประโยชน์

ข้อเสีย

ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับความต้องการอากาศมากๆ เพราะตัวเครื่องจะมีขนาดใหญ่ ทำให้ควบคุมไอน้ำได้ยาก

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

การติดตั้งอุปกรณ์จะต้องมีการต่อท่อของไอน้ำเข้ากับตัวอุปกรณ์ที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านของตัวอุปกรณ์ก็จะต่อเข้ากับระบบของไอน้ำเพื่อให้มีการไหลวนของไอน้ำผ่านตัวอุปกรณ์ไป ส่วนภายนอกก็จะมีการเป่าอากาศเข้าไปเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำไปหาอากาศ แล้วจะนำอากาศไปใช้ในการเผาไหม้ต่อไป

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Delta T, Canada
  Website: http://www.deltathx.com

4.3.7 ชื่อเทคโนโลยี : Xthermal Air Preheater

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

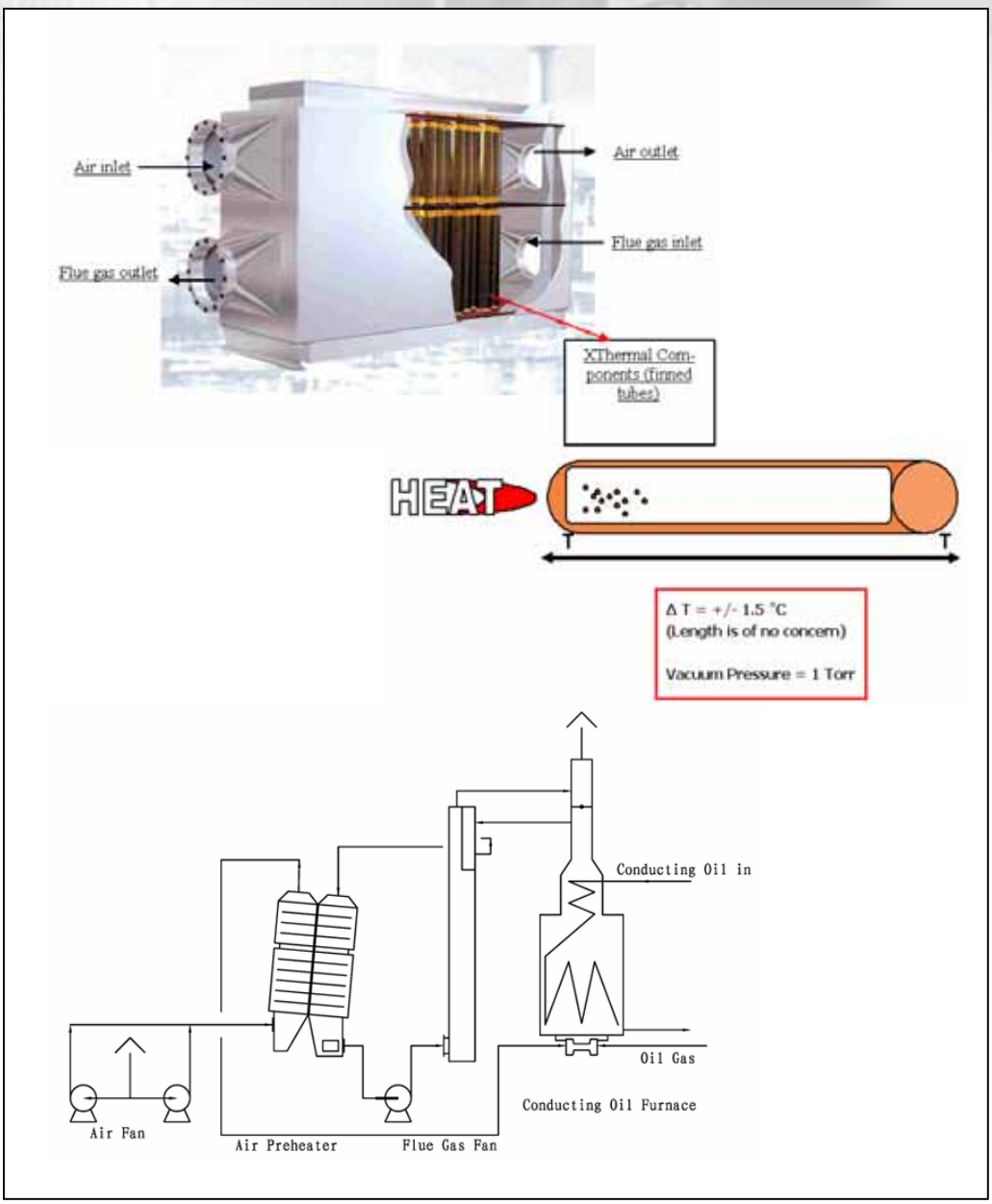
วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☐	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

ทำงานโดยการใช้ตัวกลางที่เป็นของแข็งซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิดสุญญากาศ มีรูปทรงตามที่ออกแบบ เมื่อมีการให้ความร้อนที่ปลายด้านหนึ่ง ความร้อนก็จะถูกส่งไปอีกด้านหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่อุณหภูมิที่ผิวจะมีความแตกต่างกันอยู่ที่ประมาณ ±1.5°C การใช้งานจะนำเอา Xthermal ไปบรรจุอยู่ในกล่องที่มีการแบ่งห้องออกเป็นสองชั้น โดยที่ปลายข้างหนึ่งจะให้สัมผัสกับแก๊สร้อนที่ไหลเข้ามาในกล่อง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะให้สัมผัสกับอากาศเย็นที่ไหลเข้ามาในกล่อง โดยที่อากาศเย็นกับแก๊สร้อนจะไหลสวนทางกัน พอสิ้นสุดกระบวนการก็จะได้แก๊สที่เย็นลงและได้อากาศที่ร้อนขึ้น และก็จะนำอากาศที่ร้อนขึ้นนี้ไปใช้งานต่อไป โดยส่วนมากจะนำอากาศร้อนนี้ไปใช้ในการเผาไหม้กับเชื้อเพลิง

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.3.7-1 การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับแก๊สร้อนผ่าน Xthermal Air Preheater

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

- มีประสิทธิภาพการนำความร้อนสูง
- มีการสูญเสียของแรงดันน้อย
- เกิดการกัดกร่อนน้อย
- ไม่มีการรั่วไหล
- ถอดประกอบง่าย
- บำรุงรักษาต่ำ

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน Xthermal Air Preheater จะติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งหลังจากที่ไอเสียได้ผ่าน Economizer มาแล้ว โดยจะต้องทำการเพิ่มเติมในส่วนของการเดินท่อไอเสียและอากาศป้อนที่ตำแหน่งเข้าและออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- AcmeE, USA
  Website: http://www.acmee.net

4.4 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเชื้อเพลิง

ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ในหม้อน้ำนั้นมีผลทำให้เกิดความแตกต่างต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปของพลังงาน คือ เชื้อเพลิงจะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของการเผาไหม้ และจะส่งผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนด้วย เชื้อเพลิงอาจจะเป็นของแข็ง (Soild) ของเหลว (Liquid) หรือแก๊ส (Gas) และอาจเป็นเชื้อเพลิงที่พัฒนาให้มีคุณค่าทางการค้า (Commercial Fuel) หรือเชื้อเพลิงที่เหลือใช้ ได้แก่ เชื้อเพลิงซึ่งสกัดออกมาจากฟอสซิล มีการใส่สารเคมีเพิ่มเข้าไปหรือทำให้บริสุทธิ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น และส่งไปขายตามองค์กรต่างๆ ได้อย่างมากมาย เช่น องค์กรถ่านหินของสหราชอาณาจักร (British Coal) บริษัทน้ำมันและองค์กรแก๊สของสหราชอาณาจักร (British Gas) เชื้อเพลิงที่เหลือใช้เหล่านี้เป็นผลพลอยได้ (By-Product) หรือส่วนที่ติดมากับกระบวนการผลิต สิ่งที่เห็นได้อย่างชัดเจนก็คือเป็นการประหยัดที่จัดหาได้ในท้องถิ่นตนเอง

การพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ นอกเหนือจากด้านการเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแล้ว ต้องคำนึงถึงส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บสำรองและการลำเลียงเชื้อเพลิงหล่านี้ด้วย นอกจากนั้น ยังมีเรื่องของการบำรุงรักษาและผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น สิ่งต่างๆ เหล่านี้จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวม และต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ในหัวข้อนี้จะขอนำเสนอตัวอย่างเทคโนโลยีเชื้อเพลิงในปัจจุบัน ซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้จำนวน 5 เทคโนโลยี ดังต่อไปนี้

4.4.1 ชื่อเทคโนโลยี : Coal Water Mixture (CWM)

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☐
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☐
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

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 ซึ่งอาจ

เป็นการเผาร่วมกับถ่านหินบดละเอียด (Pulverized Coal) เพื่อควบคุมการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ให้อยู่ในระดับที่มาตรฐานกำหนด CWM ถือว่าเป็นเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) เนื่องจากสามารถช่วยลดมลพิษและผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินตั้งแต่ขั้นตอนการขนส่ง การจัดเก็บ การเผาไหม้ และการปลดปล่อยแก๊สไอเสีย

- **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

- **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

- **การลดสมรรถนะของหม้อน้ำ (Derating)**

CWM ต่างจากเชื้อเพลิงเหลวชนิดอื่น เนื่องจากมีองค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้ (Noncombustible Content) สูงกว่า และมีค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักต่ำกว่าน้ำมันหรือแก๊สธรรมชาติ 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

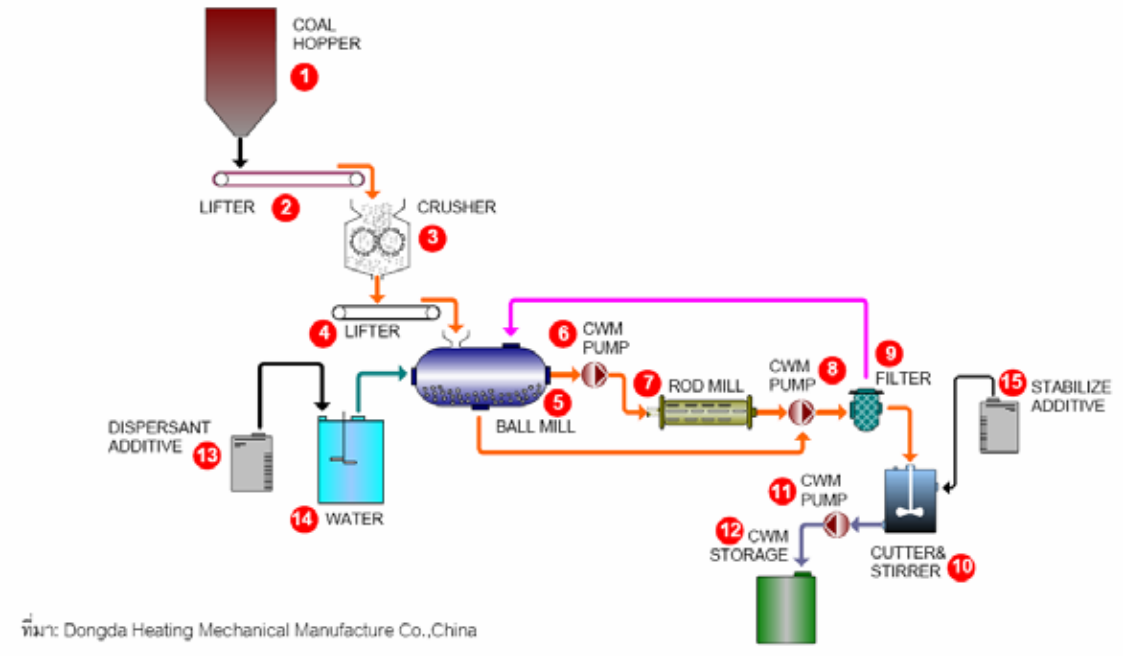
- **คุณสมบัติของเชื้อเพลิง CWM**

ตารางที่ 4.4.1-1 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 :



รูปที่ 4.4.1-1 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

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

ตัวอย่างการผลิตและการใช้ CWM ในต่างประเทศ

- **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

- **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

4.4.2 ชื่อเทคโนโลยี : การใช้อุปกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ Contact Catalyst

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☐
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☐
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

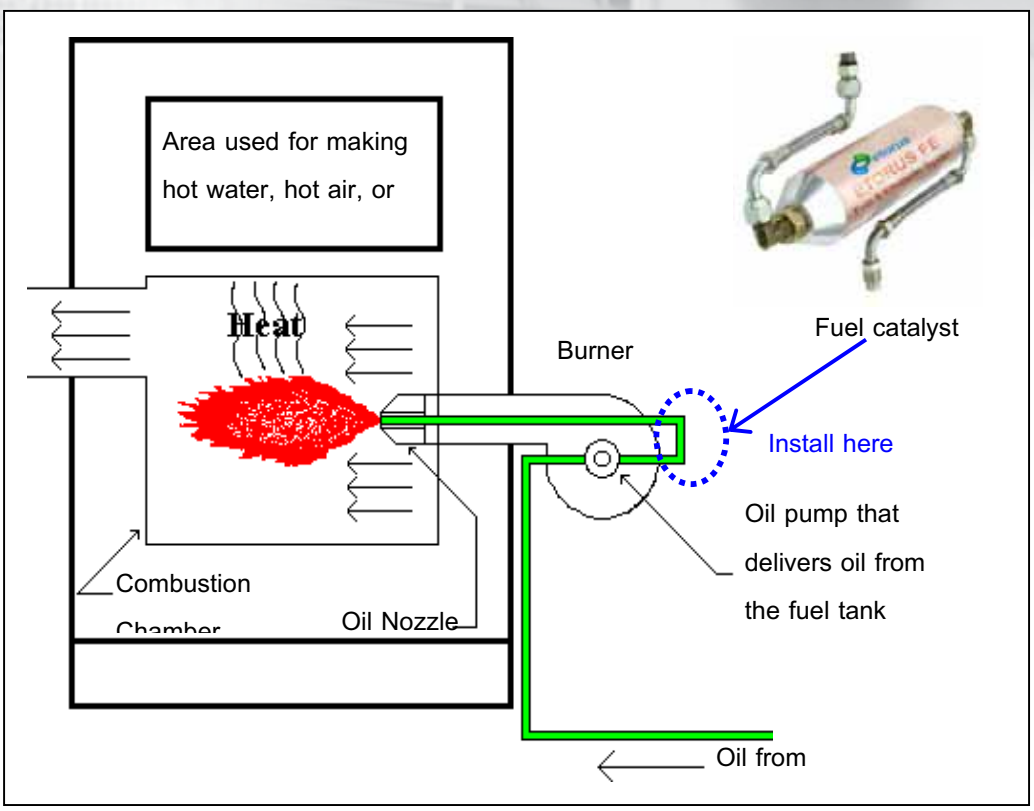
วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.4.2-1 อุปกรณ์เร่งปฏิกิริยาแบบ Contact Catalyst เพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

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

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

เป็นอุปกรณ์ใช้กับน้ำมันเชื้อเพลิง โดยปลายข้างหนึ่งต่อเข้ากับท่อน้ำมัน ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อเข้ากับท่อน้ำมันที่ทางเข้าของหัวเผาของหม้อน้ำ

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- บริษัท มาสเตอร์คอม เอ็นจีเนียริ่ง จำกัด
  อาคารลาดพร้าว 25 เลขที่ 6/84 ซ. ลาดพร้าว 25
  แขวงจันทรเกษม เขตลาดพร้าว กรุงเทพฯ 10900
  โทรศัพท์: 66-2-938-9944, โทรสาร: 66-2-938-3319
  E-mail: parichart_mee@mastercom.co.th

4.4.3 ชื่อเทคโนโลยี : การเติมแมกนีเซียมเข้ากับน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อลดการเกิด Slag

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☐
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☐
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

เนื่องจากเชื้อเพลิงเหลวที่ใช้สันดาปในห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำมักจะมีสารปนเปื้อน เช่น วาเนเดียม โซเดียม และซัลเฟอร์ปนอยู่ เมื่อนำไปสันดาปในห้องเผาไหม้แล้วจะทำให้เกิด Slag และเกิดการกัดกร่อนบนพื้นผิวภายในห้องเผาไหม้ ผลจากกระบวนการสันดาปจะเกิด Vanadium Pentoxide (มีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวที่ 675°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

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Liquid Minerals Group, Inc.
  P.O. Box 1700
  New Waverly, TX 77358, USA
  Tel: 936-291-2424
  Fax: 936-291-2224, 281-855-8959
  Website: http://envirochemsolutions.com
- Aderco Chemical Products, Inc.
  370, de la Seignerie Ouest, Bureau 200
  Blainville, Quebec J7C 5A1, Canada
  Tel: 450-979-2528, Fax: 450-979-2302
  E-mail: info@aderco.com
- Aderco Asia
  Singapore Land Tower
  37th Floor, 50 Raffles Place
  Singapore 048623
  Tel: 65-6829-7059, Fax: 65-6829-7070
  E-mail: info@adercoasia.com

4.4.4 ชื่อเทคโนโลยี : การเติมสารลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในน้ำมันเชื้อเพลิง

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☐
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☐
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

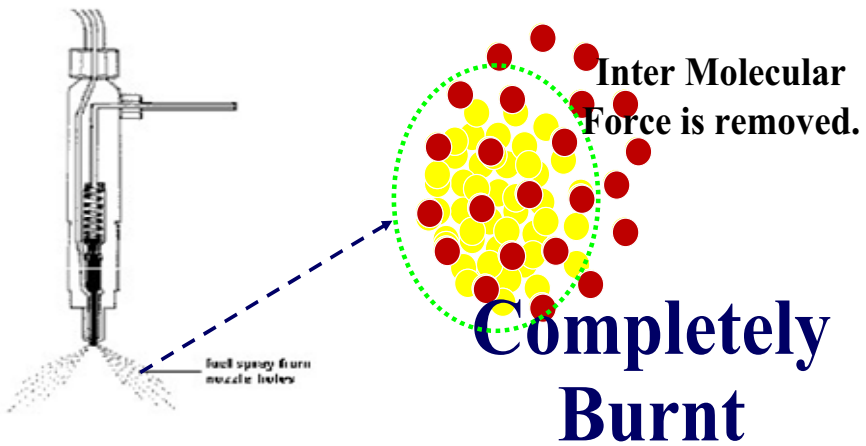
วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.4.4-1 การแตกตัวและลดการรวมกลุ่มของโมเลกุล

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

- เพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ ช่วยให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์
- ลดมลพิษและลดค่าใช้จ่ายทางด้านการกำจัดมลภาวะ
- ลดค่าใช้จ่ายต้นทุนน้ำมันได้ประมาณ 10-30%

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

เทคโนโลยีนี้ไม่ต้องทำการปรับปรุงอุปกรณ์ใดเพิ่มเติม สามารถที่จะดำเนินการได้โดยเติมสารเคมีลงในเชื้อเพลิง

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- บริษัท คอมบัสโต สเตป จำกัด
  36/38 ถนนพระราม 3 แขวงช่องนนทรี
  เขตยานนาวา กรุงเทพ ฯ 10120
  โทรศัพท์: 66-2683-0091, โทรสาร: 66-2683-0092
  E-mail: info@combusto.co.th
- บริษัท ยูนิคคอร์เปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด
  773/20 ถนนประชาราษฎร์บำเพ็ญ แขวงสามเสนนอก
  เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10320
  โทรศัพท์: 66-2-691-2608-11, 691-3659, 691-3671
  โทรสาร: 66-2-276-1583
  E-mail: unique@uniquecorp.co.th
- Aderco Chemical Products, Inc.
  370 de la Seignerie Ouest, Bureau 200
  Blainville, Quebec J7C 5A1, Canada
  Tel: 450-979-2528, Fax: 450-979-2302
  E-mail: info@aderco.com

4.4.5 ชื่อเทคโนโลยี : เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☐
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☐
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☑	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

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 ซึ่งในขณะเดียวกันเป็นการเพิ่มค่าความร้อนของถ่านหินก่อนนำมาเผาไหม้ 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 เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบการเผาไหม้ถ่านหินโดยการปรับปรุงเตาเผาและหม้อน้ำ 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 ส่วนแก๊สร้อนที่ได้มีแรงดันและอุณหภูมิสูงสามารถนำไปขับกังหันแก๊สเพื่อผลิตไฟฟ้าร่วม การผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบการเผาไหม้ถ่านหินแบบฟลูอิไดซ์เบดภายใต้ความดันสูงชนิดฟองอากาศ (Bubbling Type PFBC) อีกด้วย

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

- Coal Gasification Technology เป็นกระบวนการออกซิเดชั่นถ่านหินเพียงบางส่วน โดยถ่านหินทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนหรืออากาศและไอน้ำภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง แล้วให้แก๊สเชื้อเพลิง (Fuel Gas) ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็น

ส่วนใหญ่ แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จะถูกนำมาทำให้สะอาดโดยการกำจัดมลพิษก่อน แก๊สที่ได้นี้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินที่อยู่ใต้ดินซึ่งไม่คุ้มค่าต่อการขุดขึ้นมา กระบวนการนี้เรียกกว่า Underground Gasification ซึ่งทำโดยการอัดไอน้ำและออกซิเจนเข้าไปในชั้นถ่านหินผ่านหลุมเจาะจากพื้นผิวดิน เมื่อชั้นถ่านหินบางส่วนติดไฟ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะทำให้ถ่านหินที่เหลือผลิตแก๊สเชื้อเพลิง แก๊สที่เกิดขึ้นจะผ่านขึ้นมาตามท่อและนำไปแยกมลพิษออกก่อนที่จะนำไปใช้

- 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) เป็นการนำถ่านหินมาผ่านกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงก่อนจึงนำมาแปรรูปเป็นของเหลว

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

3. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้

เทคโนโลยีเหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากถ่านหินเผาไหม้แล้ว นำมาใช้เพื่อลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ เทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ได้แก่

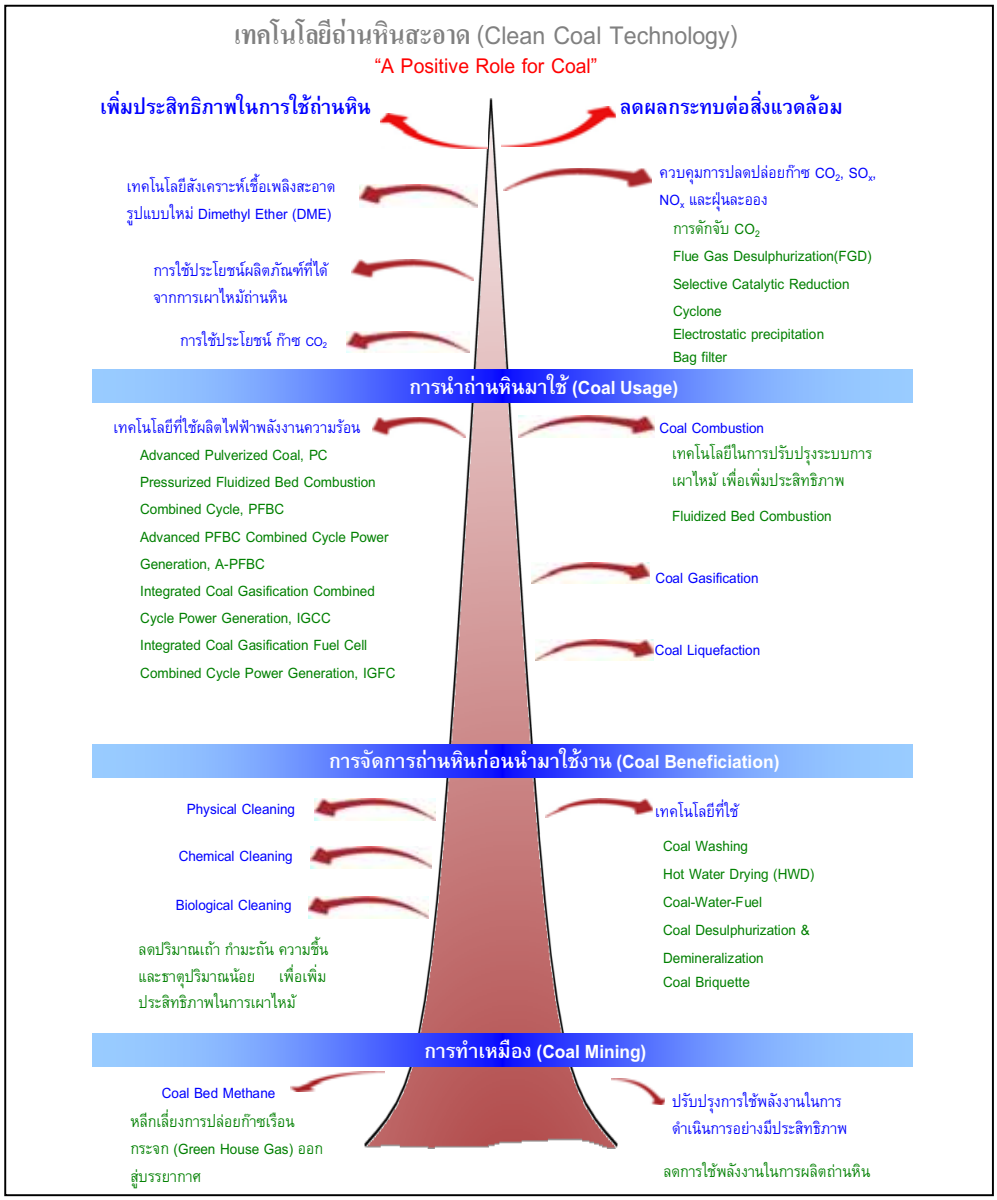
3.1 เทคโนโลยีการดักจับฝุ่น ได้แก่

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

3.2 ระบบการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulphurization) เป็นกระบวนการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ออกมาพร้อมแก๊สทิ้ง สามารถแบ่งได้เป็นสามแบบ คือ แบบเปียก แบบแห้ง และแบบกึ่งแห้ง แต่กระบวนการแบบเปียกจะเป็นที่นิยมมาก ส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นแบบ Limestone-Gypsum คือ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแก๊สทิ้งจะทำปฏิกิริยากับของผสมระหว่างน้ำกับหินปูนที่ฉีดเข้าไปในระบบแก๊สทิ้ง เกิดเป็นยิปซัมซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

3.3 เทคโนโลยีการลดปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ในแก๊สทิ้ง กระบวนการที่ใช้กันแพร่หลายและมีประสิทธิภาพสูง คือ Selective Catalytic Reduction (SCR) ในระบบนี้ใช้แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ เกิดเป็นไนโตรเจนและน้ำ

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.4.5-1 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ลดหรือกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เป็นการสนับสนุนนโยบายการใช้พลังงานจากถ่านหินในด้านความมั่นคงทางด้านพลังงาน การรักษาสิ่งแวดล้อม และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากถ่านหินมีปริมาณสำรองมากและมีความมั่นคงในการจัดหา แต่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงอื่นๆ ดังนั้น การนำเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาใช้จึงมีความสำคัญและจำเป็น และยังสามารถเปลี่ยนทัศนคติที่ไม่ดีต่อการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ได้

4.5 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับน้ำป้อน

น้ำที่ส่งมาจากท่อน้ำหลักหรือแหล่งต่างๆ เป็นน้ำที่ไม่บริสุทธิ์ ถ้าน้ำดังกล่าวถูกนำไปใช้โดยตรงในหม้อน้ำหรือในหม้อน้ำร้อนจะทำให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรุนแรง และตะกรันก็จะก่อตัวขึ้นมา ซึ่งจะทำให้ไปขัดขวางการถ่ายเทความร้อนและทำให้สิ้นเปลืองพลังงานด้วย

ระบบการบำบัดน้ำป้อนที่ไม่ดีเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการผลิตไอน้ำมากที่สุด ซึ่งส่งผลให้มีการระบายน้ำทิ้งจากหม้อน้ำมากเกินไป และที่สำคัญยิ่งไปกว่านั้นก็คือ ยังทำให้เกิดตะกรันขึ้นด้วย ซึ่งตะกรันเป็นสาเหตุทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง แม้แต่ในชั้นบางที่สุดก็ยังทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำลดลงอย่างมาก และท้ายที่สุดยังทำให้เกิดความผิดพลาดที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้

ในหัวข้อนี้จะขอนำเสนอตัวอย่างเทคโนโลยีเกี่ยวกับน้ำป้อนในปัจจุบัน ซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้จำนวน 3 เทคโนโลยี ดังต่อไปนี้

4.5.1 ชื่อเทคโนโลยี : การบำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการ Reverse Osmosis (RO)

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☑

ประเภทเชื้อเพลิง

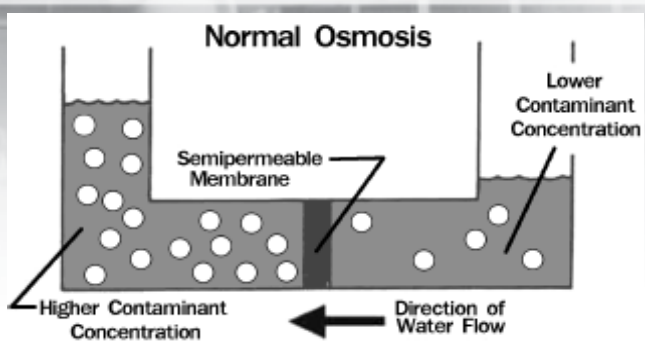
- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

- ☑ ประหยัดพลังงาน
- ☐ ประหยัดค่าพลังงาน
- ☐ ลดมลภาวะ
- ☐ อื่นๆ.....

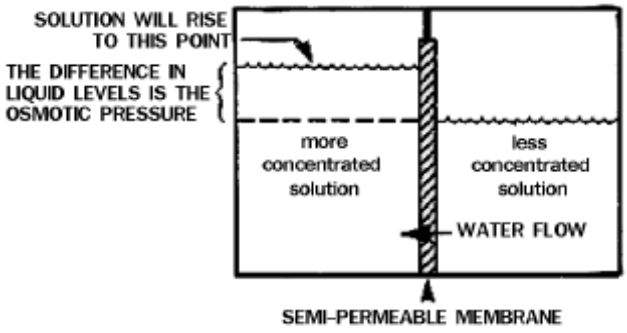
หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

ออสโมซิส (Osmosis) เป็นปรากฏการณ์ที่ของเหลวซึมผ่าน Semipermeable Membrane ซึ่งมีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ มีรูพรุน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.0001 ถึง 0.1 ไมครอน โดยที่โมเลกุลของตัวทำละลาย (Solvent) ของสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำซึมผ่าน Membrane ไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง จนกระทั่งเกิดสภาวะสมดุลระหว่างความเข้มข้นของสารละลายทั้งสอง ความสามารถในการออสโมซิสของสารละลายขึ้นอยู่กับสมบัติของสารละลาย ได้แก่ ความดันออสโมติก (Osmotic Pressure) ความดันออสโมติกถือเป็นสมบัติเฉพาะของสารละลาย มีหน่วยเป็นบรรยากาศ โดยความดันออสโมติกจะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจะมีความดันออสโมติกสูงกว่าสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำดัง**รูปที่ 4.5.1-1**



รูปที่ 4.5.1-1 ปรากฏการณ์ออสโมซิส (Osmosis)

รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis, RO) เป็นการบังคับให้เกิดการย้อนกลับของปรากฏการณ์ออสโมซิส โดยการให้ความดันไฮโดรลิก (Hydraulic Pressure) แก่สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อให้เกิดการออสโมซิส จากสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งความดันไฮโดรลิกที่ใส่เข้าไปต้องมีค่ามากกว่าความดันออสโมติกจึงจะเกิดการ RO ได้ดัง**รูปที่ 4.5.1-2**



รูปที่ 4.5.1-2 ความดันออสโมติก (Osmotic Pressure)

ตารางที่ 4.5.1-1 ปริมาณสารต่าง ๆ ที่ถูกกำจัดจากการรีเวอร์สออสโมซิส

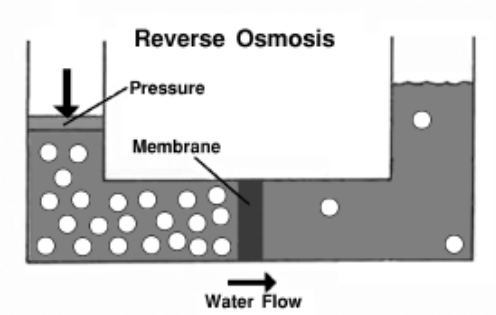
Contaminants	Rejection Laboratory Tests	Rate Range Field Tests
Nitrates	83-92%	92%
Tatal Dissolved Solid	95-99%	60-99%
Sulfates	90-98%	60-98%
Sodium	87-93%	60-93%

- **ระบบ RO กับการบำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำ (Boiler Feed Water)**

การบำบัดน้ำป้อนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานของหม้อน้ำ เนื่องจากหม้อน้ำต้องทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูง ดังนั้น ต้องมีการเตรียมน้ำป้อนหม้อน้ำให้มีคุณภาพดี เพื่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของหม้อน้ำ ยืดอายุการทำงานของหม้อน้ำ อีกทั้งยังช่วยลดการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำ การบำบัดน้ำป้อนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ การบำบัดน้ำป้อนโดยผ่านเครื่องกรองความกระด้าง (Water Softener) เพื่อป้องกันการก่อตัวของตะกรัน และลดการกัดกร่อน (Corrosion) ในหม้อน้ำและท่อไอน้ำ มีหลักการทำงานคือ การกำจัดไอออนในน้ำ (Deionization) โดยให้น้ำดิบผ่านสารเรซิน (Resin) เพื่อทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนที่อยู่ในน้ำกับไอออนที่ติดอยู่กับเรซิน ทำให้น้ำที่ผ่านออกมาเป็นน้ำอ่อน (Soft Water)

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

แผนผังการใช้เทคโนโลยี :



รูปที่ 4.5.1-3 ปรากฏการณ์รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis)

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

- สามารถลดปริมาณสารเคมีที่เติมลงในน้ำดิบ
- ลดอัตราการโบลว์ดาวน์
- ลดความเสียหายของระบบหม้อน้ำจากการกัดกร่อน
- ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในการดูแลระบบ

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

บำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการ Reverse Osmosis (RO)

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Business Success Co., Ltd.
  121/40 Moo 6, Tahrang
  Bangkhen, Bangkok 10220, Thailand
  Tel: 66-2-998-4303, Fax: 66-2-963-5586
  Website: http://www.bizsucceed.com
- Hava Clear Water Company
  2115 Swanson Ave.
  Lake Havasu City, AZ, USA
  Tel: 928-453-3514
  Website: http://www.havapure.com/clean.html

4.5.2 ชื่อเทคโนโลยี : การบำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำโดยการเติมสารเคมีลงไปในระบบ

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☑

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑ ประหยัดพลังงาน ☐ ประหยัดค่าพลังงาน

☐ ลดมลภาวะ ☐ อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

น้ำในระบบหม้อน้ำที่มีการระเหยตลอดเวลา จะเกิดการสะสมของแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ ทำให้ความเข้มข้นของน้ำในระบบสูงขึ้นเรื่อยๆ น้ำที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการกัดกร่อนหรือสนิม และเกิดตะกรันขึ้นในระบบ ซึ่งส่งผลให้อายุการใช้งานของระบบนั้นๆ สั้นลง ต้องของบประมาณในการปรับปรุงซ่อมแซมเร็วกว่าที่ควรจะเป็น และที่สำคัญอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อบุคคลและทรัพย์สินได้โดยเฉพาะหม้อน้ำ

การใช้เคมีเป็นอีกวิธีหนึ่งของการปรับปรุงคุณภาพน้ำภายในที่ลงทุนต่ำที่สุด ซึ่งเป็นที่นิยมแพร่หลายมากที่สุดในขณะนี้ บริษัท Oracle Chemical ได้พัฒนาเคมีการปรับสภาพน้ำ (Water Treatment Chemical) เช่น เคมีป้องกันตะกรัน (B-11) เป็นสารประกอบฟอสเฟต (Phosphate) ที่ทำปฏิกิริยากับแคลเซียม ช่วยลดความกระด้าง (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 และเกิดการสูญเสีย)

- B-1122H มีสารโพลีเมอร์ช่วยทำให้ตะกรันต่างๆ หลุดออกได้ง่าย

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

บำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำโดยการเติมสารประกอบฟอสเฟตลงไปในระบบ

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Oracle Chemical Ltd., Part.
  82/151 Moo 20, Bangpleeyai
  Bangplee, Samutprakran 10540
  Tel: 66-2-755-4271-2, 66-2-330-5288
  Fax : 66-2-330-5289
  E-mail: sale@oraclechem.com
  Website: http://www.oraclechem.com

4.5.3 ชื่อเทคโนโลยี : การบำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำโดยวิธีการ Electro-Magnetic

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☑

ประเภทเชื้อเพลิง

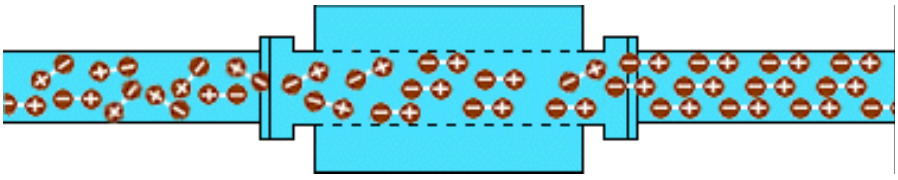
- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

- ☑ ประหยัดพลังงาน
- ☑ ประหยัดค่าพลังงาน
- ☐ ลดมลภาวะ
- ☐ อื่นๆ.....

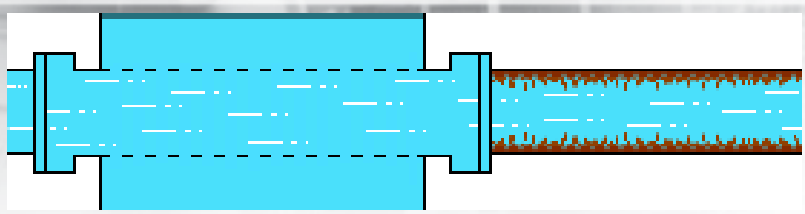
หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

อุปกรณ์ ETROMAC Electro-Magnetic Water Treatment Unit คือ อุปกรณ์ป้องกันและขจัดตะกรัน (หินปูน) ซึ่งเกิดขึ้นในระบบหม้อกำเนิดไอน้ำและระบบหล่อเย็น ในสภาพที่น้ำดิบสำหรับป้อนเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมมีความกระด้างต่ำกว่า 120 ppm อุปกรณ์นี้สามารถจัดเรียงอนุภาคของสารละลายที่ปะปนอยู่ในน้ำที่ไหลหมุนเวียนอยู่ในระบบหม้อน้ำหรือระบบหล่อเย็น โดยอาศัยกำลังของสนามแม่เหล็กซึ่งกำเนิดจากกระแสไฟฟ้า อนุภาคที่ถูกทำการจัดเรียงจะเปลี่ยนสภาพเป็นสารแขวนลอย ซึ่งมีโครงสร้างใหม่และแข็งแรงกว่าโครงสร้างเดิมของอนุภาคที่เป็นสารละลาย ทำให้ไม่เกิดการแตกตัวของอนุภาคออกไปเป็นธาตุแข็งยึดเกาะตามผิวผนังของหม้อน้ำ ท่อน้ำ หรืออุปกรณ์หล่อเย็นอื่นๆ ดังนั้น ตะกรันจึงไม่สามารถก่อตัวขึ้นได้



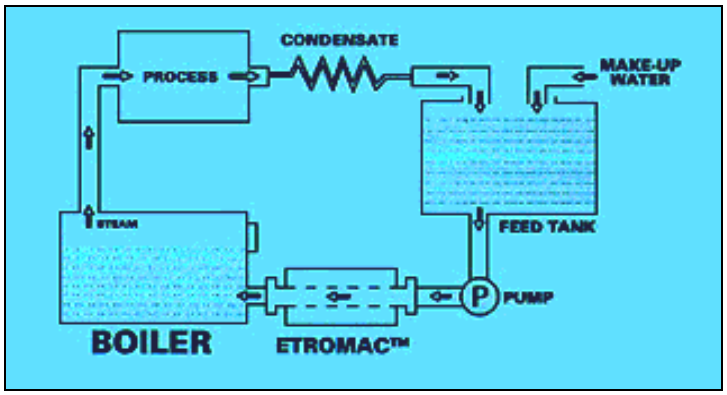
รูปที่ 4.5.3-1 อุปกรณ์ Electro-Magnetic เหนี่ยวนำให้อนุภาคแตกตัวเป็นสารแขวนลอย

ETROMAC ป้องกันการเกิดตะกรันใหม่และขจัดตะกรันเก่าออกจากระบบ คุณสมบัติพิเศษอีกประการหนึ่งของอนุภาคของสารแขวนลอยที่กำเนิดจากอุปกรณ์ ETROMAC คือ อนุภาคดังกล่าวจะทำการจัดเรียงอนุภาคของสารชนิดเดียวกันซึ่งแตกตัวเป็นตะกรันไปแล้วให้กลายสภาพโครงสร้างมาสู่โครงสร้างของสารแขวนลอยด้วย สารเหล่านี้จะตกค้างเป็นตะกอนซึ่งสามารถนำออกจากระบบได้ง่ายด้วยวิธีการ Blow Down หรือ Bleed Off จึงเป็นการขจัดตะกรันเก่าที่เกิดขึ้นแล้วออกจากระบบอีกด้วย



รูปที่ 4.5.3-2 การตกตะกอนของสารแขวนลอย กำจัดทิ้งได้โดยการโบลว์ดาวน์

แผนผังการใช้เทคโนโลยี :





รูปที่ 4.5.3-3 การติดตั้ง ETROMAC ในระบบหม้อน้ำ

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

- ไม่เกิดตะกรัน (หินปูน) ใหม่ในระบบ
- ขจัดตะกรันเก่าออกจากระบบอย่างมีประสิทธิภาพ
- เสริมประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงสุด
- ไม่ต้องเติมสารเคมีประเภทกรดในการขจัดตะกรัน ทั้งยังเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมภายในโรงงานหรืออาคาร

- เป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียวและสามารถคืนทุนในระยะเวลาอันสั้น สามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานเชื้อเพลิงที่สูญเปล่าไปอย่างมาก อันเป็นผลสืบเนื่องจากการเกิดตะกรันในระบบ
- ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการนำสารเคมีประเภทกรดมาแก้ไขปัญหาตะกรัน
- ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ
- ช่วยลดงานและค่าแรงในดูแลรักษา และขจัดตะกรันออกจากระบบ

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

บำบัดน้ำป้อนหม้อน้ำด้วยอุปกรณ์ ETROMAC

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- บริษัท เบก้า (ประเทศไทย) จำกัด
  เลขที่ 15 ซ.พระยาพิเรนทร์ ถนนเชื้อเพลิง
  แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
  โทรศัพท์: 66-2-249-7331-5 โทรสาร: 66-2-249-7336
  E-mail: info@bekathai.com

4.6 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับคอนเดนเสท

คอนเดนเสท (Consensate) หมายถึง ไอน้ำที่ควบแน่นหลังจากที่มีการถ่ายเทความร้อนแฝงไปสู่กระบวนการผลิต ปริมาณความร้อนของไอน้ำที่ควบแน่นนี้มีปริมาณ 20% ของปริมาณความร้อนเดิมที่เกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อเพลิง จึงเป็นความสิ้นเปลืองหากมีการทิ้งส่วนนี้ไป ไอน้ำที่ควบแน่นควรนำไปผ่านให้ความร้อนกับกระบวนการผลิตอื่นๆ ที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่าในระบบไอน้ำ ไอน้ำที่ควบแน่นที่ไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีในกระบวนการผลิต เมื่อผ่านการทำความสะอาดเพียงเล็กน้อยและปรับความเป็นกรด-ด่างแล้วนำกลับเข้าระบบป้อน จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมน้ำป้อนและลดการปล่อยน้ำที่ระบายทิ้ง ปริมาณความร้อนในน้ำที่ระบายทิ้งประมาณ 20% จะไปลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบไอน้ำลงมาก

โรงงานทั้งในเชิงอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์หลายแห่งแสดงให้เห็นว่า มีการให้ความสำคัญกับระบบการนำไอน้ำควบแน่นกลับมาใช้ใหม่ (Condensate Recovery System) น้อยกว่าระบบไอน้ำมาก บ่อยครั้งที่ไอน้ำควบแน่นไม่ถูกส่งกลับไปที่หม้อน้ำแต่ถูกปล่อยทิ้งไปที่ท่อระบายน้ำทิ้ง และจากการที่ลงทุนกับระบบการนำเอาไอน้ำควบแน่นกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งรวมทั้งค่าท่อ วาล์ว อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน ฉนวน และอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าได้ผลคุ้มค่ากลับคืนมาอย่างรวดเร็ว

บางครั้งไอน้ำควบแน่นอาจมีสารปนเปื้อนจากกระบวนการผลิต ถ้านำกลับเข้าหม้อน้ำจะปรากฏเป็นการเกาะเคลือบบนผิวการถ่ายเทความร้อน จะทำให้หม้อน้ำเกิดการสะสมความร้อนมากเกินไป (Over Heat) ทำให้ผิวโลหะเสื่อมสภาพ ในสถานะการณ์ที่ไอน้ำควบแน่นมีสิ่งปนเปื้อนเล็กน้อย การตัดสินใจที่จะซื้อหรือบำรุงรักษาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ (Heat Recovery Equipment) จะค่อนข้างลำบาก ถ้ามีการใช้น้ำร้อนในกระบวนการผลิต ควรนำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างง่ายมาใช้เพื่อไม่ให้ความร้อนเสียเปล่า และต้องมีการทำความสะอาดเครื่องเพื่อขจัดสิ่งสกปรกที่เกาะผิวเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนตามระยะเวลา

เพราะฉะนั้น ในหัวข้อนี้จะขอนำเสนอตัวอย่างเทคโนโลยีคอนเดนเสทในปัจจุบัน ซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้จำนวน 3 เทคโนโลยี ดังต่อไปนี้

4.6.1 ชื่อเทคโนโลยี : Deaerator

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☑		

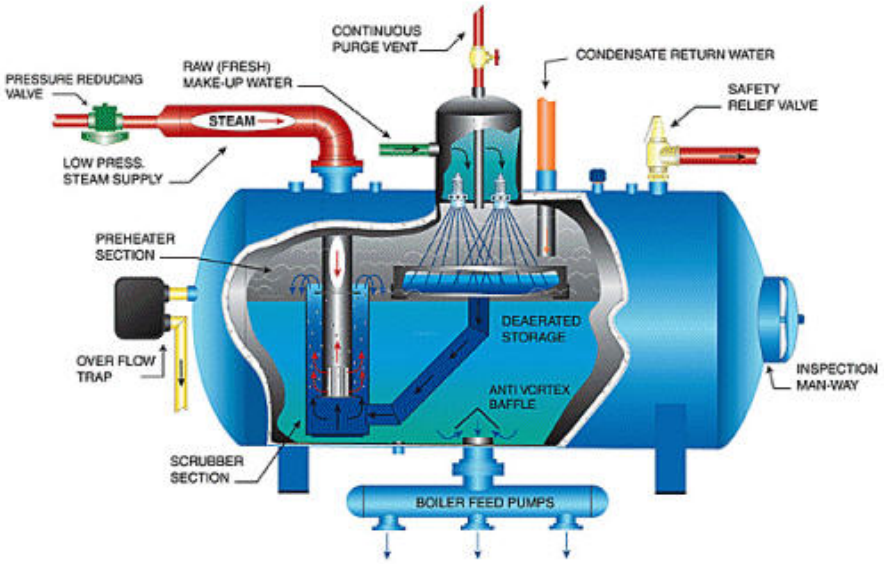
วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☐	ประหยัดพลังงาน	☐	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☑	อื่นๆ ...กำจัดสารที่เป็นอันตรายต่อระบบ...

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

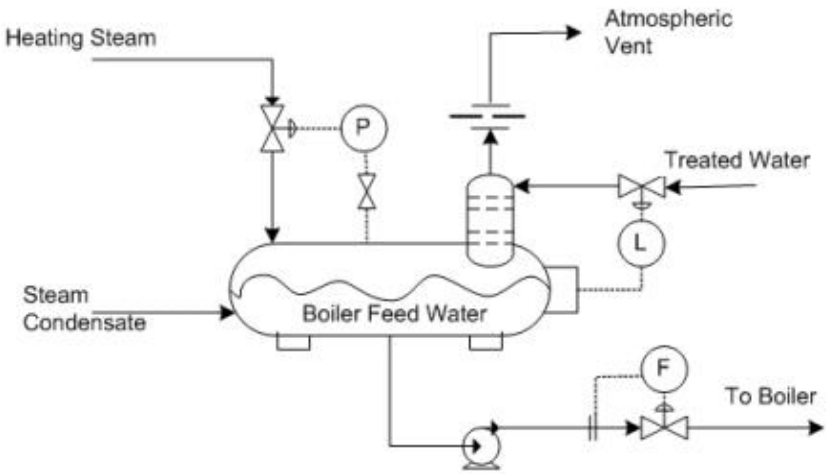
Deaerator เป็นอุปกรณ์ทางกลที่ใช้กำจัดแก๊สที่ไม่ละลายออกจากระบบน้ำที่ป้อนเข้าสู่หม้อน้ำ ซึ่ง Deaerator จะปกป้องระบบไอน้ำจากการกัดกร่อนจากแก๊สซึ่งจะทำโดยการลดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในระดับที่จะเกิดการกัดกร่อนน้อยที่สุด โดยที่ระดับออกซิเจนจะต้องน้อยกว่า 5 ppm ซึ่งจะป้องกันการกัดกร่อนที่แรงดันสูงกว่า 200 psi ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกกำจัดออกหมด

หลักการทำงานของ Deaerator คือ จะใช้ไอน้ำมาต้มน้ำที่จะเข้าหม้อน้ำให้ถึงจุดเดือด Deaerator ก็จะดักจับเอาแก๊สที่ไม่ละลายออก ส่วนการไหลของไอน้ำสามารถไหลได้หลายแบบ ไม่ว่าจะเป็นแบบขนานกัน แบบขวางกัน หรือแบบสวนทางกัน ในระหว่างการทำงานของ Deaerator เมื่อไอน้ำไหลผ่านน้ำ น้ำก็จะถูกทำให้ร้อนและเกิดการปั่นป่วน หลังจากนั้นก็จะทำให้เย็นลงและเกิดการควบแน่นที่ทางออก ส่วนแก๊สที่ไม่ควบแน่นก็จะถูกปล่อยออกไปผ่านปล่องทางออก



รูปที่ 4.6.1-1 ตัวอย่างถัง Deaerator

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.6.1-2 การใช้งานถัง Deaerator ในระบบไอน้ำ

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ข้อดี

- ช่วยดึงแก๊สออกซิเจนที่ละลายอยู่ออกจากน้ำ สามารถช่วยลดการกัดกร่อนของหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบ
- ช่วยดึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำออก สามารถช่วยลดการกัดกร่อนของหม้อน้ำและอุปกรณ์ประกอบ
- ช่วยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าสู่หม้อน้ำ
- ช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น อากาศหรือแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นในไอน้ำทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพด้านความร้อนถึง 4 เท่า อากาศหรือแก๊สที่ไม่ควบแน่นในไอน้ำจะทำให้เกิดฉนวนกันความร้อนปกคลุมพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน
- ช่วยให้มีการใช้ไอน้ำแฟลช (Flash Steam) ให้เป็นประโยชน์ โดยการนำความร้อนของไอน้ำแฟลชมาใช้ใหม่จะช่วยลดค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ
- ช่วยเป็นจุดรวมที่สะดวกสำหรับคอนเดนเสทที่หมุนเวียน ทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำในโรงงานโดยไม่จำเป็นต้องส่งน้ำคอนเดนเสทเข้าถังพักก่อน

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

Deaerator เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานกับระบบปิด การติดตั้งอุปกรณ์จึงจำเป็นที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบให้เป็นระบบปิดเสียก่อนจึงจะสามารถใช้งานอุปกรณ์ให้เต็มสมรรถนะ

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Hurst Boiler & Welding Company, Inc.
  Website: http://www.hurstboiler.com

4.6.2 ชื่อเทคโนโลยี : Steam Trap

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☑		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

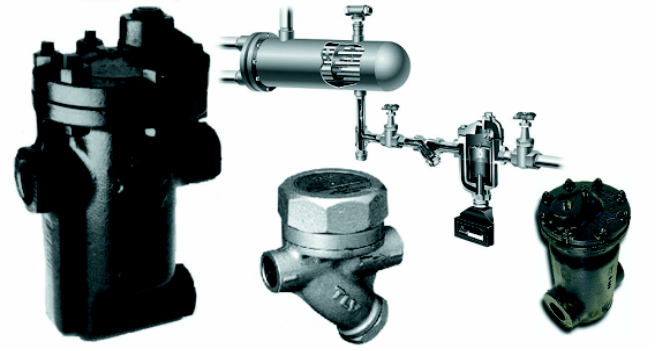
☑ ประหยัดพลังงาน ☐ ประหยัดค่าพลังงาน

☐ ลดมลภาวะ ☐ อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

Steam Trap หรือกับดักไอน้ำเป็นวาล์วชนิดพิเศษที่ใช้ในระบบไอน้ำเพื่อช่วยให้กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนของระบบไอน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตของระบบไอน้ำ ซึ่งกับดักไอน้ำทุกชนิดจะมีวิธีการทำงาน 3 อย่างที่สำคัญ ได้แก่

1. เปิดเพื่อระบายคอนเดนเสท
2. ปิดเพื่อป้องกันไอน้ำรั่วไหล
3. เปิดเพื่อระบายอากาศและแก๊สที่ไม่ควบแน่นออก



รูปที่ 4.6.2-1 ตัวอย่างกับดักไอน้ำ (Steam Trap)

ความจำเป็นของกับดักไอน้ำต่อระบบไอน้ำ :

1. ในระบบไอน้ำ อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำต่างๆ เช่น หม้ออุ่นน้ำร้อน เครื่องอบผ้า ฯลฯ จะรับพลังงานจากไอน้ำ เมื่อไอน้ำถ่ายเทพลังงานความร้อนจะกลั่นตัวเป็นคอนเดนเสทซึ่งจะต้องทำการระบายออกจากระบบไอน้ำอย่างรวดเร็ว หากไม่มีการระบายออกหรือระบายออกไม่หมด คอนเดนเสทนี้จะผ่านเข้าไปในส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อน มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทพลังงานความร้อนลดลงอย่างมาก

อันเนื่องจากความแตกต่างกันของระดับพลังงานระหว่างคอนเดนเสทกับไอน้ำ ผลกระทบอีกอย่างที่มักเกิดขึ้นในระบบไอน้ำหากไม่ระบายเอาคอนเดนเสทออก เรียกว่า "สตีมแฮมเมอร์ (Steam Hammer)" เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนพร้อมกับเสียงกระแทก สาเหตุเนื่องจากการเดือดของคอนเดนเสทที่ตกค้างอยู่ในท่อ ซึ่งจะมีผลทำให้ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสียหายอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ การที่มีคอนเดนเสทเหลือค้างอยู่ในระบบไอน้ำจะทำให้เกิดการผุกร่อน (Corrosion) ของท่อและคอยล์ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากคอนเดนเสทเป็นตัวอิเล็กโตรไลท์ (Electrolyte) ในกระบวนการผุกร่อนซึ่งมีหลายชนิด เช่น Generalised Corrosion, Oxygen Pitting, Condensate Grooving เป็นต้น อันจะมีผลทำให้อายุการใช้งานของท่อในระบบไอน้ำลดลง ดังนั้น เพื่อป้องกันความเสียหายต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไอน้ำ จะต้องมีการระบายคอนเดนเสทออกอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

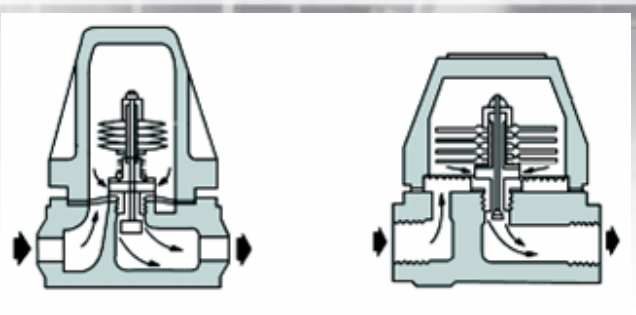
2. กับดักไอน้ำจะเป็นตัวป้องกันการรั่วของไอน้ำในขณะที่ต้องระบายคอนเดนเสทออก จะทำให้ได้รับผลตอบแทนอย่างเต็มที่ ทั้งนี้ ยังช่วยลดผลกระทบอันเกิดจากการรั่วไหลออกของไอน้ำ ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิและความดันของคอนเดนเสทเพิ่มสูงขึ้น หากว่าไอน้ำรั่วออกไปมากจนอุณหภูมิของคอนเดนเสทสูงอาจทำให้เกิดโพรงอากาศ (Cavitation) ขึ้นในปั๊มคอนเดนเสทได้

3. ในการเริ่มเดินระบบไอน้ำจะต้องทำการระบายอากาศและแก๊สอื่นที่ไม่ควบแน่นออกก่อนที่จะปล่อยให้ไอน้ำเข้าสู่ระบบ หลังจากนั้น จะต้องระบายอากาศและแก๊สนี้ออกจากระบบตลอดเวลาเพื่อไม่ให้อากาศและแก๊สที่ไม่ควบแน่นนี้มีผลกระทบต่อระบบ เพราะหากไม่ระบายออก แก๊สที่ไม่ควบแน่นนี้จะไปขัดขวางกระบวนการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง แก๊สเหล่านี้เมื่อละลายในคอนเดนเสทจะยิ่งทำให้กระบวนการผุกร่อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แก๊สที่ไม่ควบแน่นที่สำคัญ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งสามารถละลายในคอนเดนเสท ทำให้มีสภาพเป็นกรดเป็นตัวเร่งกระบวนการ Condensate Grooving และ Generalized Corrosion

กับดักไอน้ำทุกชนิดมีวิธีการทำงานสำคัญ 3 อย่างดังที่กล่าวมาข้างต้นเหมือนๆ กันแต่แตกต่างที่การใช้คุณสมบัติของไอน้ำและคอนเดนเสทในการควบคุมการปิดและเปิด ค่าเฮด (Head) ที่แตกต่างกันระหว่างด้านเข้าและด้านออกของกับดักไอน้ำจะเป็นตัวบอกให้กับดักไอน้ำทำงาน กับดักไอน้ำมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ได้แก่ Thermostatic Trap, Mechanical Trap และ Thermadynamic Trap

- **Thermostatic Trap**

กับดักไอน้ำชนิด Thermostatic Trap (**รูปที่ 4.6.2-2**) อาศัยความต่างของอุณหภูมิและความดันระหว่างไอน้ำกับคอนเดนเสทที่เย็นตัวลงเป็นตัวที่ควบคุมการทำงาน กับดักไอน้ำชนิดนี้จะมีอุปกรณ์ที่คอยจับความแตกต่างของอุณหภูมิซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นของผสมระหว่างน้ำกับแอลกอฮอล์ บรรจุในภาชนะที่เป็นสุญญากาศ หรืออาจเป็นแวกซ์ (Wax) บรรจุภายในแคปซูล กลไกการทำงานของ Thermostatic Trap คือ เมื่อไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงผ่านเข้ามา ความร้อนจากไอน้ำจะทำให้ของผสมระหว่างน้ำกับแอลกอฮอล์เกิดการขยายตัว กับดักไอน้ำจะปิดจนกระทั่งไอน้ำเกิดการกลั่นตัวเป็นคอนเดนเสทและอุณหภูมิลดลง ทำให้ของผสมระหว่างน้ำกับแอลกอฮอล์หดตัว กับดักไอน้ำจะเปิด คอนเดนเสทและอากาศจะถูกขยายออกไปจนกระทั่งความดันระหว่างด้านต้นทาง (Upstream) เท่ากับด้านปลายทาง (Downstream)



รูปที่ 4.6.2-2 Thermostatic Trap

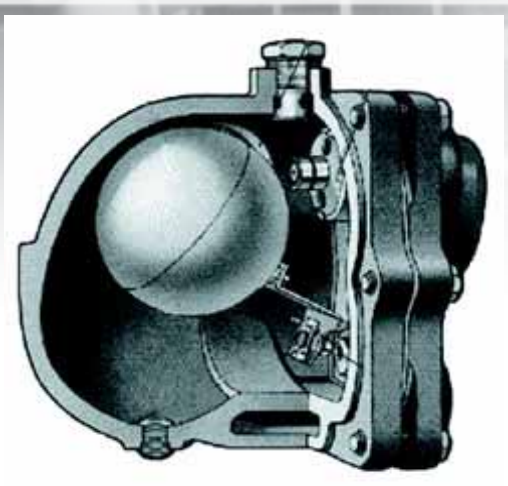
ปัญหาที่มักเกิดขึ้นกับกับดักไอน้ำชนิด Thermostatic Trap คือ การที่อุณหภูมิของคอนเดนเสทยังสูงอยู่ ทำให้กับดักไอน้ำไม่สามารถเปิดเพื่อระบายคอนเดนเสทออกได้ โดยอุณหภูมิของคอนเดนเสทควรเย็นลง 15-35°F (8-19°C) จากอุณหภูมิไอน้ำ ซึ่งอุณหภูมิของคอนเดนเสทที่ปล่อยออกมาจะอยู่ที่ประมาณ 180°F (82°C)

- **Mechanical Trap**

กับดักไอน้ำชนิด Float & Thermostatic (F&T) และ Invert Bucket จัดอยู่ในจำพวก Mechanical Trap (**รูปที่ 4.6.2-3**) ซึ่งอาศัยคุณสมบัติทางด้านความหนาแน่นของไอน้ำและคอนเดนเสทเป็นตัวควบคุมการทำงาน

F&T มีกลไกลูกลอยเป็นตัวควบคุมการปิดและเปิดออริฟิส (Orifice) รวมทั้งยังสามารถปรับการทำงานให้สามารถปิดเปิดตามอัตราการกลั่นตัว โดยให้กับดักไอน้ำเปิดเมื่ออัตราการกลั่นตัวสูงขึ้น และปิดเมื่ออัตราการกลั่นตัวลดต่ำลง เนื่องจากที่รูออริฟิสอยู่ด้านล่าง ทำให้สามารถป้องกันการรั่วไหลของไอน้ำได้ โดยอากาศจะถูกระบายออกด้วยอุปกรณ์พิเศษบริเวณด้านบนของกับดักไอน้ำ

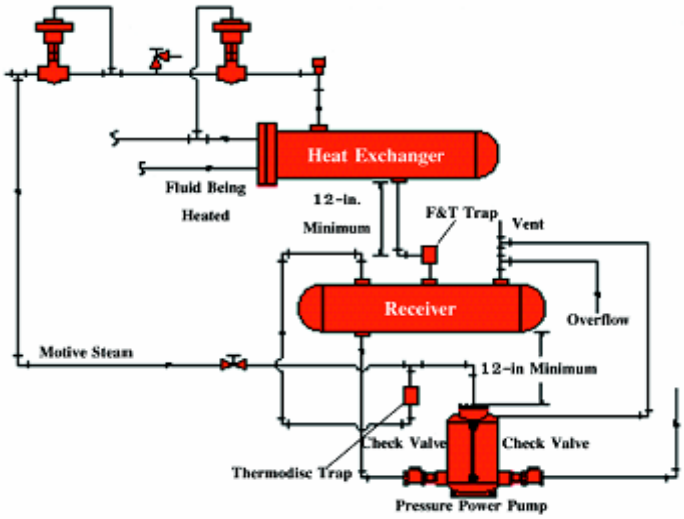
Mechanical Trap ชนิด Invert Bucket Trap จะมีถ้วยซึ่งจะทำงานคล้ายๆ กับลูกลอยของ F&T โดยเมื่อไอน้ำผ่านเข้ามาจะทำให้ถ้วยลอยขึ้น กลไกลูกลอยจะปิดรูออริฟิสที่อยู่ด้านบนของกับดักไอน้ำเพื่อป้องกันการรั่วออกไปของไอน้ำ และเมื่อมีคอนเดนเสทเข้ามา น้ำหนักของคอนเดนเสทจะกดถ้วยให้ต่ำลง กลไกจะเปิดรูออริฟิสเพื่อระบายคอนเดนเสทออกไป กับดักไอน้ำชนิดนี้จะทำงานเป็นวัฏจักรและจะต้องมีคอนเดนเสทบรรจุอยู่ตลอดเพื่อไม่ให้ไอน้ำผ่านออกได้ โดยที่อากาศจะถูกระบายออกทางรูเล็กๆ ช่วงบนของถ้วย กับดักไอน้ำชนิดนี้สามารถระบายคอนเดนเสทที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิไอน้ำได้



รูปที่ 4.6.2-3 Mechanical Trap

- **Thermodynamic Trap**

กับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic Trap (**รูปที่ 4.6.2-4**) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Disc Trap เนื่องจากกับดักไอน้ำชนิดนี้มีจานหมุน (Disc) ที่ขัดผิวจนเรียบและ Flat Seat เป็นส่วนประกอบสำคัญ โดยกับดักไอน้ำชนิดนี้อาศัยความแตกต่างของคุณสมบัติทางด้านความเร็วและความหนาแน่นระหว่างไอน้ำกับคอนเดนเสทเป็นตัวควบคุมการปิดและเปิด กลไกการทำงานของกับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic Trap คือ เมื่อคอนเดนเสทซึ่งมีความหนาแน่นสูงผ่านเข้ามาในกับดักไอน้ำ คอนเดนเสทจะดันให้จานหมุนลอยขึ้นและคอนเดนเสทจะไหลออกไปทางช่องทางออก แต่เมื่อไอน้ำซึ่งมีความเร็วสูงแต่ความหนาแน่นต่ำผ่านเข้ามาในกับดักไอน้ำ ไอน้ำที่อยู่ด้านบนจานหมุนจะดันให้จานหมุนลดระดับลง ในขณะที่ไอน้ำทางด้านล่างจานหมุน จะทำให้ความเร็วในการหมุนเพิ่มขึ้น ทำให้ความดันด้านล่างของจานหมุนต่ำกว่าด้านบนและเป็นจังหวะปิด กับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic Trap สามารถใช้ได้กับไอร้อนยิ่งยวด (Superheated Steam) ระบบที่มีสิ่งปนเปื้อนสูงอาจทำให้กับดักไอน้ำทำงานได้ไม่เต็มที่หรือถึงขั้นอุดตัน



รูปที่ 4.6.2-4 การติดตั้งกับดักไอน้ำชนิด Thermodynamic Trap

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

- เพิ่มประสิทธิภาพของระบบ
- ระบายแก๊สที่ไม่ควบแน่นออก ซึ่งแก๊สเหล่านี้อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนในระบบไอน้ำได้ และอาจทำให้การถ่ายเทความร้อนด้อยลง

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

การใช้งานกับดักไอน้ำต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านต่างๆ ทั้งประเภทของงานและลักษณะเฉพาะของระบบไอน้ำเป็นตัวพิจารณาว่าควรจะใช้กับดักไอน้ำชนิดใด เช่น ในระบบที่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนิยมเลือกใช้กับดักไอน้ำแบบ F&T Trap ซึ่งสามารถปรับให้ทำงานตามการเปลี่ยนแปลงของอัตราการกลั่นตัวของไอน้ำและไม่ต้องรอให้คอนเดนเสทเย็นตัวลงก่อนระบายออก และยังสามารถป้องกันการเกิดสตีมแฮมเมอร์ในคอยล์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นต้น ในกระบวนการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นคอนเดนเสทจะทำให้ปริมาตรภายในกับดักไอน้ำลดลงอย่างมาก ทำให้เกิดเป็นสุญญากาศขึ้นภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ความดันของกับดักไอน้ำทางด้านเข้าต่ำกว่าความดันบรรยากาศด้านออก ส่งผลให้การระบายคอนเดนเสทออกมีปัญหา ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้ง Vacuum Breaker เพื่อไม่ให้ความดันในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนต่ำกว่าความดันที่ตั้งไว้ของ Vacuum Breaker (ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศเล็กน้อย) และหากสามารถติดตั้งจุดปล่อยคอนเดนเสทออกจากกับดักไอน้ำต่ำกว่าระดับที่ติดตั้งกับดักไอน้ำและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมากๆ จะทำให้เกิดไฮโดรสแตติกเฮด (Hydrostatic Head) ช่วยขับคอนเดนเสทออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีขึ้น

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Oracle Chemical Ltd., Part.
  82/151 Moo 20, Bangpleeyai
  Bangplee, Samutprakarn 10540
  Tel: 66-2-755-4271-2, 66-2-330-5288, Fax: 66-2-330-5289
- Armstrong International
  816 Maple Street
  Three Rivers, MI 49093
  Tel: 269-279-3601, Fax: 269-279-3150
  Website: http://www.armstronginternational.com

4.6.3 ชื่อเทคโนโลยี : Mechanical Pump

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☑

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑ ประหยัดพลังงาน ☐ ประหยัดค่าพลังงาน

☐ ลดมลภาวะ ☐ อื่นๆ.....

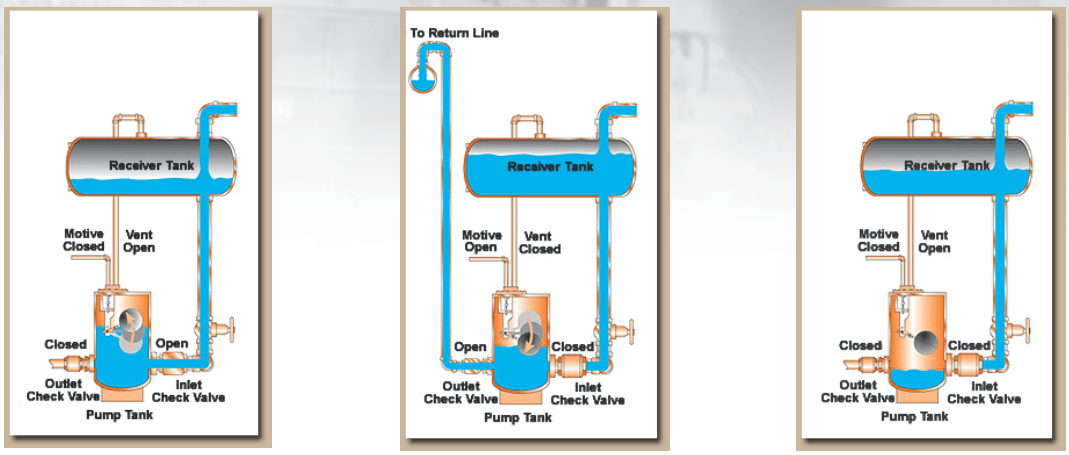
หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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 4.6.3-1 ขั้นตอนการทำงานของปั๊มคอนเดนเสท

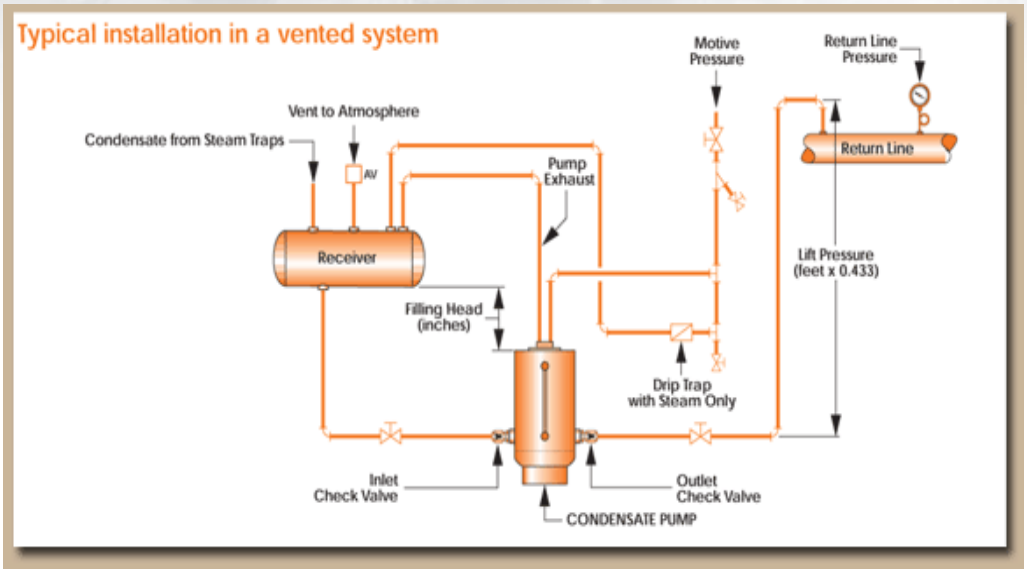
ปัญหาของปั๊มน้ำป้อนเข้า

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

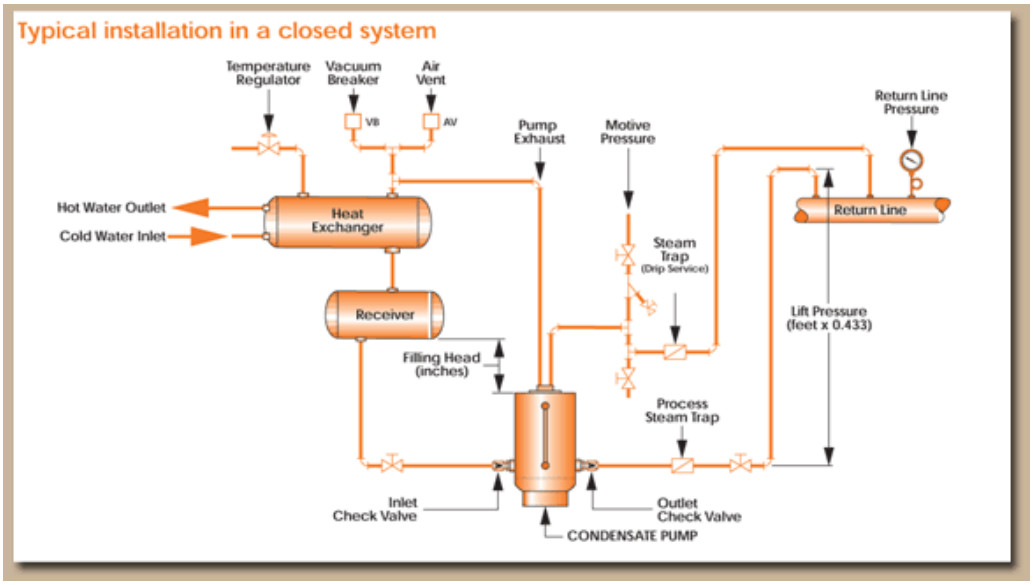
ตารางที่ 4.6.3-1 ความแตกต่างของความสูงที่น้อยที่สุดที่ต้องการและอุณหภูมิของน้ำป้อน

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.6.3-2 การใช้งาน Mechanical Pump ในระบบเปิด



รูปที่ 4.6.3-3 การใช้งาน Mechanical Pump ในระบบปิด

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

เป็นการประหยัดพลังงาน คือ จากหลักการทำงานของ Mechanical Pump นี้ ไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าเหมือนปั๊มแบบไฟฟ้า

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

การติดตั้ง Mechanical Pump ถ้าติดตั้งแทนปั๊มแบบไฟฟ้าจะต้องมีการต่อท่อไอน้ำเพื่อใช้เป็นตัวขับดันคอนเดนเสท

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- TLV PTE Ltd.
  66 Tannery Lane
  #03-10B Sindo Building 347805, Singapore
  Tel: 65-6747-4600, Fax: 65-6742-0345
  Website: http://www.tlv.com
- Cemline Corporation
  P.O. BOX55 Cheswick
  Pennsylvania 15024
  Tel: 724-274-5430, Fax: 724-274-5448
  Website: http://www.cemline.com

4.7 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการโบลว์ดาวน์

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

โดยเฉลี่ย ความร้อนจากการระบายน้ำทิ้งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ประมาณ 50% และอุปกรณ์ที่ใช้ต้องมีความพร้อมสำหรับการใช้งานด้วย

ในหัวข้อนี้จะขอนำเสนอตัวอย่างเทคโนโลยีการโบลว์ดาวน์ในปัจจุบัน ซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้จำนวน 1 เทคโนโลยี ดังต่อไปนี้

4.7.1 ชื่อเทคโนโลยี : Automatic Blowdown Control System

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☑

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑ ประหยัดพลังงาน ☐ ประหยัดค่าพลังงาน

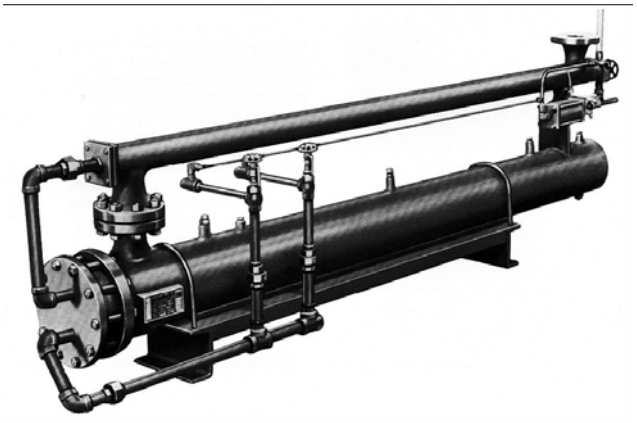
☐ ลดมลภาวะ ☐ อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

การระบายน้ำก้นเตาเป็นระยะขณะเดินเครื่องเป็นการระบายตะกอน ช่วยป้องกันไม่ให้ตะกอนสะสมจนท่วมห้องเผาไหม้ ซึ่งจะเป็นสาเหตุการเกิดการบวมของห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ การระบายน้ำที่มีสารละลายเข้มข้นในหม้อน้ำออกในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้เราสามารถควบคุมสารละลายในน้ำหม้อน้ำให้มีค่าคงที่อยู่ในระดับที่ใช้งาน และไม่มีปัญหาเรื่องการเดือดพล่านและการกัดกร่อนเกิดขึ้นภายในหม้อน้ำ การปล่อยน้ำในหม้อน้ำออกมาขณะมีความดันใช้งานจะมีไอน้ำพ่นออกมารุนแรงและเสียงดังมากซึ่งอาจเกิดอันตรายได้ ดังนั้น การปล่อยน้ำก้นเตาโดยผ่านถังแยกน้ำจะช่วยลดความรุนแรงและเก็บเสียงได้ อันตรายจะหมดไปเพราะมีการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำที่ปล่อยออกมา ทำให้น้ำร้อนถูกทิ้งลงทางด้านล่างในแนวดิ่ง ส่วนไอน้ำแฟลชที่เกิดขึ้นจะถูกปล่อยทิ้งออกทางด้านบนสู่อากาศ

นอกจากการระบายน้ำในหม้อน้ำทิ้งเป็นระยะแล้ว อีกวิธีหนึ่งจะเป็นการปล่อยน้ำในหม้อน้ำทิ้งแบบต่อเนื่อง (Continuous Blowdown) การควบคุมความเข้มข้นของสารละลายในหม้อน้ำโดยวิธีปล่อยน้ำทิ้งทางวาล์วใต้หม้อน้ำจะเก็บความร้อนจากน้ำทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ไม่ได้เพราะน้ำทิ้งมีตะกอนมาก จะทำให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอุดตันได้ ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงปล่อยน้ำทิ้งทางผิวน้ำ (Surface Blowdown) แทน โดยธรรมชาติของน้ำเวลาเดือดกลายเป็นไอน้ำ การระเหยจะเกิดที่ผิวน้ำ ซึ่งชั่วขณะที่น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำจะทิ้งสารละลายไว้ ทำให้บริเวณผิวน้ำมีความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่าด้านล่าง ดังนั้น ถ้าต้องการควบคุมสารละลาย การปล่อยน้ำทิ้งด้านผิวน้ำจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด น้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจะมีตะกอนน้อย สามารถนำความร้อนกลับได้ง่าย น้ำที่ปล่อยทิ้งจะควบคุมอัตราการไหลได้ด้วยการหรี่วาล์ว ความร้อนจากน้ำทิ้งสามารถนำมาให้ความร้อนแก่น้ำป้อนได้โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดัง**รูปที่ 4.7.1-1**

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



รูปที่ 4.7.1-1 อุปกรณ์เก็บความร้อนกลับจากน้ำระบายทิ้ง

ตารางที่ 4.7.1-2 ตารางแสดงพลังงานที่นำกลับมาใช้ได้จากการโบลว์ดาวน์

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

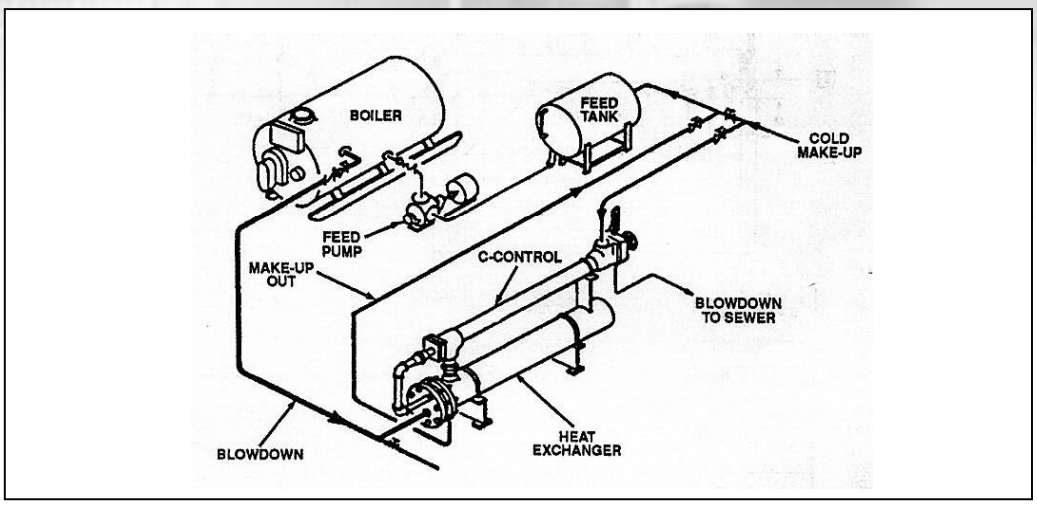
จากตารางแสดงพลังงานที่นำกลับมาใช้ได้จากการโบลว์ดาวน์ แสดงให้เห็นถึงค่าความร้อนที่นำกลับมาใช้ได้จากการโบลว์ดาวน์ โดยนำน้ำที่ได้จากการโบลว์ดาวน์ไปผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อไปอุ่นน้ำที่จะป้อนให้กับหม้อน้ำ ยิ่งอัตราการโบลว์ดาวน์เพิ่มขึ้น ค่าความร้อนที่นำกลับมาใช้ได้ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

หม้อน้ำที่มีการติดตั้งเทคโนโลยี Automatic Blowdown Control System แล้วจะมีการลดลงของอัตราการโบลว์ดาวน์ซึ่งทุก 100,000 lb/h หม้อน้ำจะมีการลดอัตราการโบลว์ดาวน์ลงจาก 8% เหลือ 6% และอัตราการป้อนน้ำให้หม้อน้ำจะลดลงประมาณ 2,300 lb/h

ตารางที่ 4.7.1-2 ตารางแสดงต้นทุนที่ประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.7.1-2 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บความร้อนกลับจากการโบลว์ดาวน์

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ลดต้นทุนการผลิตน้ำและสารเคมีที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำ

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

การติดตั้ง Automatic Blowdown Control System จะต้องมีการติดตั้งชุดควบคุมเพิ่ม

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Bryan Steam LLC
  783 N. Chili Ave.,
  Peru, Indiana 46970, USA
  Tel: 765-473-6651, Fax: 765-473-3074
  E-mail: bryanboilers@iquest.net
  Website: http://www.bryanboilers.com
- Forbes Marshall
  PB#29, Mumbai-Pune Rd.
  Kasarwadi, Pune 411 034
  Tel: 91-20-27145595/39858555, Fax: 91-20-27147413
  E-mail: corpcomm@forbesmarshall.com
  Website: http://www.forbesmarshall.com

4.8 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับระบบควบคุม

ในหัวข้อนี้จะขอนำเสนอตัวอย่างเทคโนโลยีระบบควบคุมในปัจจุบัน ซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้จำนวน 5 เทคโนโลยี ดังต่อไปนี้

4.8.1 ชื่อเทคโนโลยี : การใช้ระบบควบคุมแรงดันไอน้ำ

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☑

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

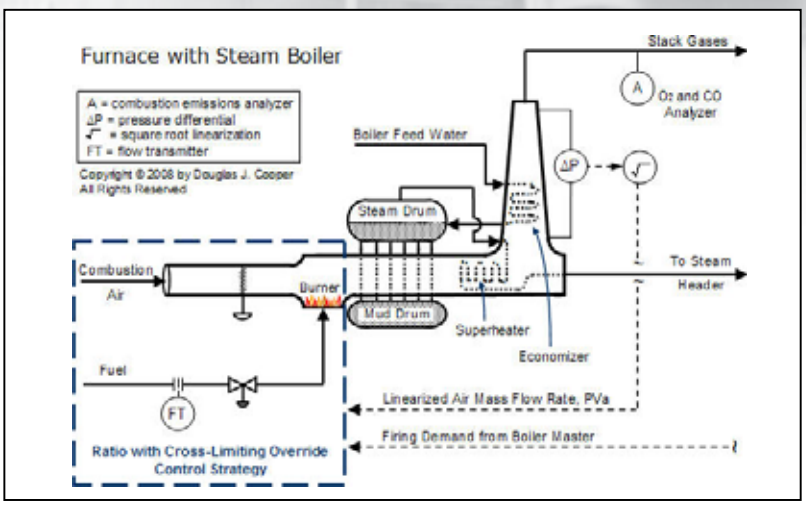
☑	ประหยัดพลังงาน	☐	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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

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

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.8.1-1 การใช้เทคโนโลยีการควบคุมแรงดันไอน้ำ

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไอน้ำในส่วนที่ไม่จำเป็น เป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี แต่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม และหากหม้อน้ำมีขนาดใหญ่อาจจะไม่ได้ประโยชน์จากการควบคุมจากส่วนนี้เพียงอย่างเดียว

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

จำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดแรงดันไอน้ำที่หม้อน้ำและอุปกรณ์ควบคุมเพื่อปรับปริมาณอากาศและเชื้อเพลิงเพิ่มเติมให้กับระบบ

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Emerson Process Management Power & Water Solutions
- MicroMod Automation, Inc.

4.8.2 ชื่อเทคโนโลยี : การควบคุมการเผาไหม้

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ		ประเภทเชื้อเพลิง	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☐		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

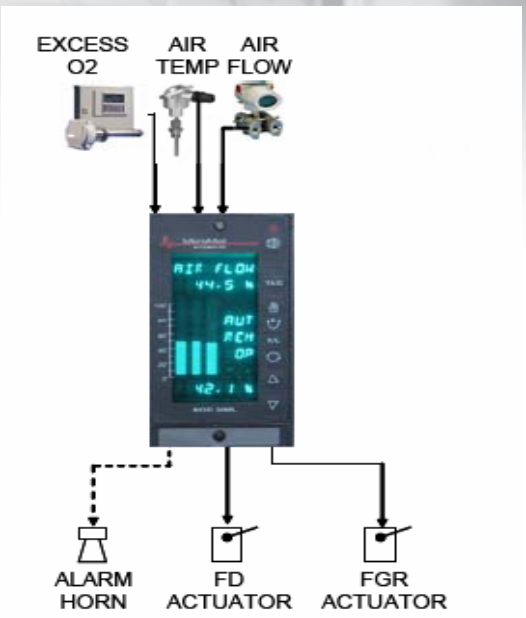
☑	ประหยัดพลังงาน	☐	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

แนวคิดในการปรับสัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสมนั้น เป็นแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับระบบที่มีการเผาไหม้อยู่แล้ว เพราะถ้าหากสามารถควบคุมให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์พอดี ก็จะส่งผลให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงได้ พร้อมทั้งสามารถนำพลังงานจากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปกติแล้วการเผาไหม้ที่ไม่เหมาะสมนั้นเกิดขึ้นได้สองกรณี คือ กรณีที่มีอากาศน้อยเกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าปกติและเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดมลภาวะตามมาเนื่องจากแก๊สต่างๆ ที่ไหลออกสู่อากาศ และจะมีเชื้อเพลิงบางส่วนที่ยังไม่เกิดการเผาไหม้ถูกปล่อยทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์เช่นกัน อีกกรณีหนึ่ง คือ มีอากาศเข้ามาเผาไหม้มากเกินไป แม้ว่าจะเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ก็จริง แต่อากาศมีความเร็วในการไหลสูงกว่าปกติ จึงไม่มีเวลามากพอที่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไปสู่น้ำในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อากาศก็จะพาพลังงานความร้อนทั้งหมดทิ้งไปสู่อากาศเสียก่อน การปรับสัดส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศจึงช่วยลดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลภาวะไปพร้อมกัน

โดยระบบจะมีเซ็นเซอร์สำหรับอ่านปริมาณออกซิเจนส่วนเกินที่ออกมากับไอเสีย จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ แล้วชุดควบคุมจะสั่งงานให้มีการจ่ายอากาศและเชื้อเพลิงที่เข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ให้เข้าไปในสัดส่วนที่เหมาะสมตลอดเวลา ถ้าอากาศมากเกินไป ระบบจะปรับลดอากาศเข้าจนได้ระดับที่ต้องการ แต่ถ้าน้อยเกินไป ก็จะเพิ่มอากาศหรือลดเชื้อเพลิงลงจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.8.2-1 การควบคุมระบบการเผาไหม้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ช่วยให้หม้อน้ำมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ไม่จำเป็น และช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ได้เป็นอย่างดี โดยระบบมีการใช้งานได้ง่าย เพียงแค่ติดตั้งและปรับตั้งค่าที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เท่านั้น

ระบบจำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมหลายส่วนเพิ่มเข้าไปที่หม้อน้ำ รวมทั้งการเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงในแต่ละครั้งอาจจะต้องมีการปรับตั้งค่าให้กับชุดควบคุมใหม่

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

จำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดแรงดันไอน้ำที่หม้อน้ำและอุปกรณ์ควบคุมเพื่อปรับปริมาณอากาศและเชื้อเพลิงเพิ่มเติมให้กับระบบ

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Emerson Process Management Power & Water Solutions
- MicroMod Automation, Inc.
- Washington State University Energy Program
- Energy Technology & Control (Thailand) Co., Ltd.

4.8.3 ชื่อเทคโนโลยี : ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ดูดอากาศ

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☐

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

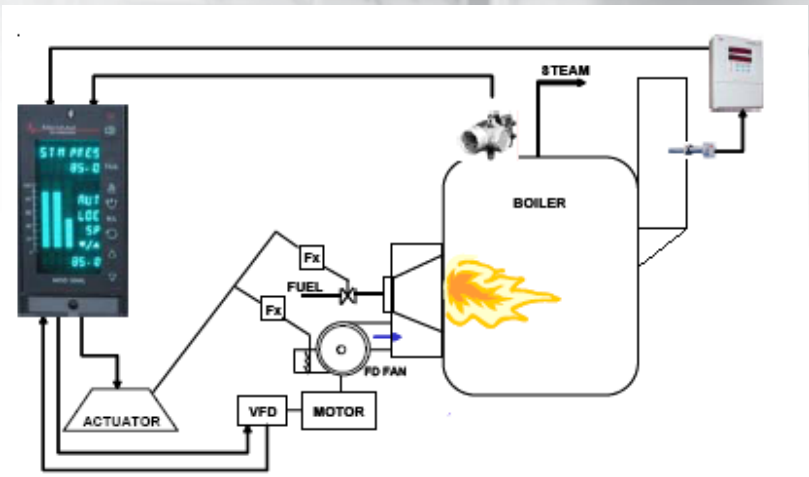
☑	ประหยัดพลังงาน	☐	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

การปรับสัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสมนั้น เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับระบบที่มีการเผาไหม้อยู่แล้ว เพราะถ้าหากสามารถควบคุมให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์พอดี ก็จะส่งผลให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงได้ พร้อมทั้งสามารถนำพลังงานจากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปกติแล้วการเผาไหม้ที่ไม่เหมาะสมนั้นเกิดขึ้นได้สองกรณี คือ กรณีที่มีอากาศน้อยเกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าปกติและเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดมลภาวะตามมาเนื่องจากแก๊สต่างๆ ที่ไหลออกสู่อากาศ และจะมีเชื้อเพลิงบางส่วนที่ยังไม่เกิดการเผาไหม้ถูกปล่อยทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์เช่นกัน อีกกรณีหนึ่ง คือ มีอากาศเข้ามาเผาไหม้มากเกินไป แม้ว่าจะเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ก็จริง แต่อากาศมีความเร็วในการไหลสูงกว่าปกติ จึงไม่มีเวลามากพอที่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไปสู่น้ำในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อากาศก็จะพาพลังงานความร้อนทั้งหมดทิ้งไปสู่อากาศเสียก่อน การปรับสัดส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศจึงช่วยลดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลภาวะไปพร้อมกัน

โดยปกติแล้วระบบจะอ่านค่าออกซิเจนจากไอเสีย แล้วส่งสัญญาณผ่านชุดควบคุม จากนั้นชุดควบคุมจะประมวลผลและสั่งให้มีการปรับความเร็วรอบของพัดลมดูดอากาศให้เหมาะสม ซึ่งจะให้ผลที่ดีกว่าการปรับแดมเปอร์เพียงอย่างเดียว เพราะเมื่อลดความเร็วรอบของพัดลมลง ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าสู่ระบบก็จะลดลงตามไปด้วย ในขณะเดียวกันก็ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับพัดลมลงไปด้วยเช่นกัน ต่างจากการปรับแดมเปอร์ที่จะลดปริมาณอากาศเข้าแต่ไม่ได้ลดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับพัดลม แต่ถึงอย่างไร การควบคุมนี้จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในไอเสียเช่นเดียวกัน

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.8.3-1 ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ดูดอากาศ เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่เหมาะสม

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ช่วยให้หม้อน้ำมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ไม่จำเป็น และช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ได้เป็นอย่างดี โดยระบบมีการใช้งานได้ง่าย เพียงแค่ติดตั้งและปรับตั้งค่าที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เท่านั้น

แต่ระบบจำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมหลายส่วนเพิ่มเข้าไปที่หม้อน้ำ รวมทั้งการเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงในแต่ละครั้งอาจจะต้องมีการปรับตั้งค่าให้กับชุดควบคุมใหม่อีกด้วย

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

จำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดแรงดันไอน้ำที่หม้อน้ำและอุปกรณ์ควบคุมเพื่อปรับปริมาณอากาศและเชื้อเพลิงเพิ่มเติมให้กับระบบ

ผู้ผลิต หรือจำหน่าย เทคโนโลยี :

- Energy Technology & Control (Thailand) Co., Ltd.
- MicroMod Automation, Inc.

4.8.4 ชื่อเทคโนโลยี : การปรับสมดุลการใช้หม้อน้ำ

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทหม้อน้ำ

- หม้อน้ำแบบท่อน้ำ ☑
- หม้อน้ำแบบท่อไฟ ☑
- หม้อน้ำแบบผสม ☑
- หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ☐

ประเภทเชื้อเพลิง

- เชื้อเพลิงแข็ง ☑
- เชื้อเพลิงเหลว ☑
- เชื้อเพลิงแก๊ส ☑

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

☑ ประหยัดพลังงาน ☑ ประหยัดค่าพลังงาน

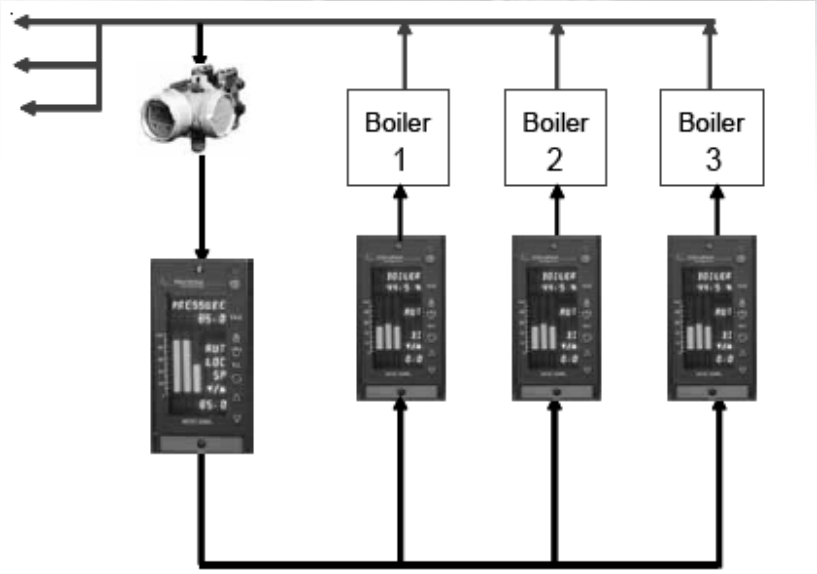
☐ ลดมลภาวะ ☐ อื่นๆ.....

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 และหน่วงเวลาการเริ่มทำงานระหว่างหม้อน้ำแต่ละตัวเพื่อช่วยลดเชื้อเพลิงและไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นจากการเริ่มต้นทำงานของอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวพร้อมกันได้อีกด้วย

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :



รูปที่ 4.8.4-1 การใช้งานระบบปรับสมดุลช่วยกระจายภาระการทำงานของหม้อน้ำ

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

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

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

จำเป็นต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดปริมาณการใช้ไอน้ำ อุปกรณ์ควบคุมส่วนกลาง และอุปกรณ์ควบคุมที่หม้อน้ำแต่ละตัว

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Energy Technology & Control (Thailand) Co., Ltd.
- MicroMod Automation, Inc.

4.8.5 ชื่อเทคโนโลยี : Steam Trap แจ้งเตือนอัตโนมัติ

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี :

ประเภทเชื้อเพลิง		ประเภทหม้อน้ำ	
หม้อน้ำแบบท่อน้ำ	☑	เชื้อเพลิงแข็ง	☑
หม้อน้ำแบบท่อไฟ	☑	เชื้อเพลิงเหลว	☑
หม้อน้ำแบบผสม	☑	เชื้อเพลิงแก๊ส	☑
หม้อน้ำแบบใช้ไฟฟ้า	☑		

วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี :

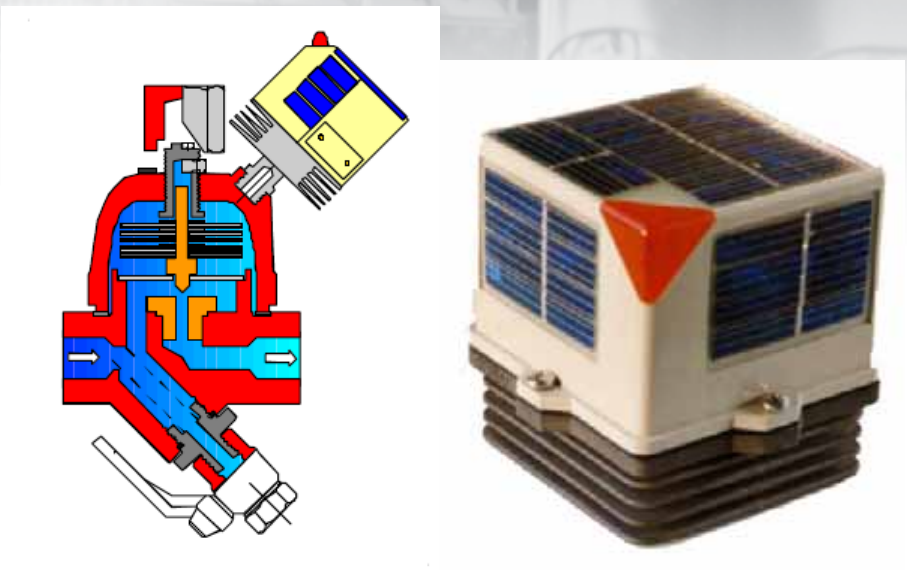
☑	ประหยัดพลังงาน	☑	ประหยัดค่าพลังงาน
☐	ลดมลภาวะ	☐	อื่นๆ.....

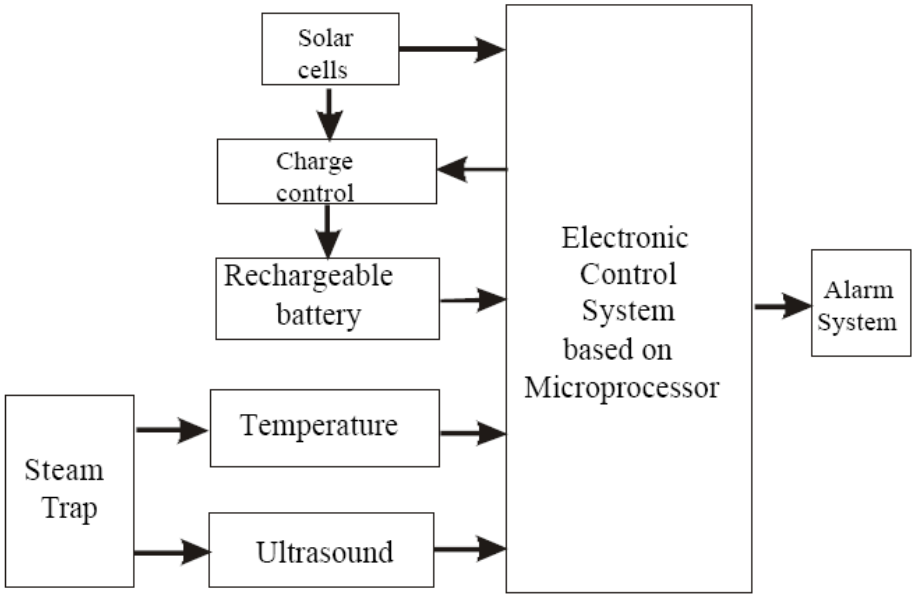
หลักการและรายละเอียดเทคโนโลยี :

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 ไอน้ำจะถูกปล่อยทิ้งออกไปโดย IAST นั้นจะติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดเสียงความถี่สูง และใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งสะสมเอาไว้ด้วยแบตเตอรี่ภายในตัว หากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าปกติ เช่น ต่ำกว่า 60°C แสดงว่ามีน้ำขังอยู่ภายใน และหากสามารถจับเสียงความถี่สูงได้ แสดงว่ามีไอน้ำรั่วไหล ซึ่งไม่ว่าจะเป็นกรณีใดก็ตาม หากว่าเซ็นเซอร์อ่านค่าได้ต่างจากค่าปกติที่กำหนดเอาไว้ อุปกรณ์จะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบโดยเป็นไฟกระพริบเพื่อบอกสถานะว่ากับดักไอน้ำดังกล่าวเสียหายและจำเป็นต้องเปลี่ยนตัวใหม่ ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนได้ทันที จึงลดการรั่วไหลและสูญเสียพลังงานได้

แผนผังการใช้งานเทคโนโลยี :





รูปที่ 4.8.5-1 ***แผนผังการใช้งาน Steam Trap แจ้งเตือนอัตโนมัติ***

ประโยชน์ ข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยี :

ลดการสูญเสียไอน้ำจากการรั่วไหลของไอน้ำจากกับดักไอน้ำ รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในกรณีที่กับดักไอน้ำปิดถาวรได้จากการแจ้งเตือน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ได้ทันทีที่ทราบปัญหา แต่จำเป็นต้องเปลี่ยนกับดักไอน้ำใหม่เป็นรุ่นที่รองรับอุปกรณ์หรือเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ได้

อุปกรณ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต :

เปลี่ยนเข้าไปติดตั้งแทนกับดักไอน้ำเดิมได้ทันที

ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเทคโนโลยี :

- Purgadores De Condensado S.L.
  Condesa de Venadito, 16
  2027, Madrid, Spain
  Tel: 3491-404-8087
  Fax: 3491-404-4875

4.9 เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับระบบไอน้ำ

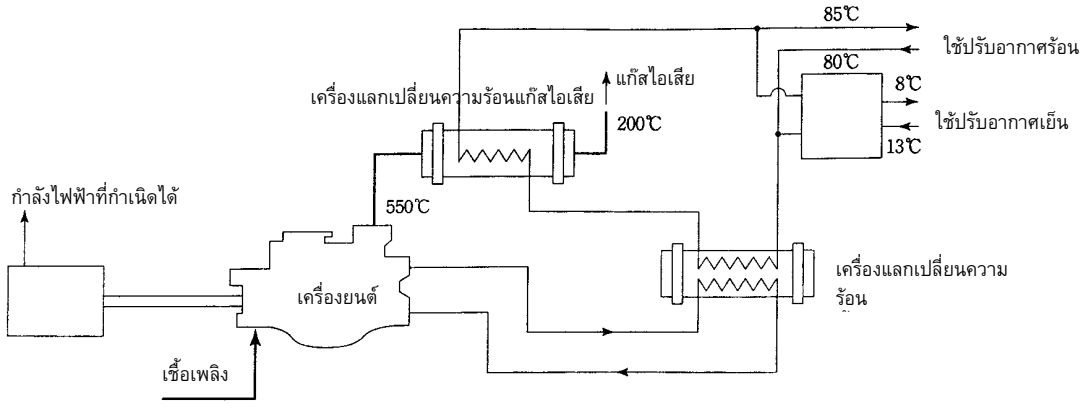
4.9.1 ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration)

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

เครื่องต้นกำลังอาจใช้เครื่องยนต์แก๊ส เครื่องยนต์ดีเซล กังหันแก๊ส กังหันไอน้ำ ฯลฯ แต่โดยทั่วไปจะไม่รวมถึงการจ่ายความร้อนร่วมจากกังหันไอน้ำ (ตัวอย่างเช่น Extraction Turbine หรือ Back Pressure Turbine ฯลฯ) ดังนั้น จึงต้องระมัดระวังในกรณีที่จะเปรียบเทียบกับระบบของทางตะวันตก ในอนาคตเซลล์เชื้อเพลิงและ Stirling Engine อาจสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับโคเจเนอเรชั่นได้ ในที่นี้จะเรียกระบบที่มีพื้นฐานบนเครื่องยนต์สันดาปภายในและกังหันแก๊สโดยไม่คิดถึงกังหันไอน้ำว่า “ระบบโคเจนเนอเรชั่นในความหมายแคบ” และหากไม่ระบุไว้เป็นพิเศษจะหมายถึงกรณีนี้เท่านั้น

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

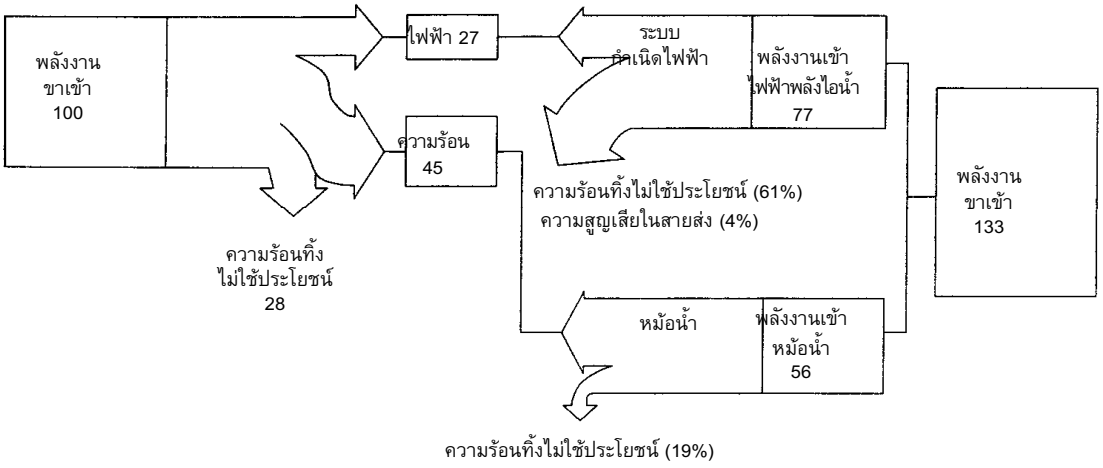
การนำความร้อนกลับมาใช้ นอกจากจะนำมาจากแก๊สไอเสียอุณหภูมิสูงแล้ว ในเครื่องยนต์แก๊สและเครื่องยนต์ดีเซลยังสามารถนำมาจากน้ำระบายความร้อนเสื้อสูบได้อีกด้วย ความร้อนเหล่านี้เป็นความร้อนสูญเสียส่วนใหญ่จากเครื่องต้นกำลังซึ่งมีสัดส่วนปริมาณประมาณ 30% การนำกลับมาใช้จึงมีประสิทธิผลสูง การนำความร้อนกลับมาจากน้ำมันหล่อลื่นก็สามารถทำได้ แต่โดยทั่วไปจะไม่ทำเนื่องจากไม่คุ้มทุน การนำความร้อนกลับมาใช้โดยทั่วไปจะนำกลับมาในรูปน้ำร้อนหรือไอน้ำ



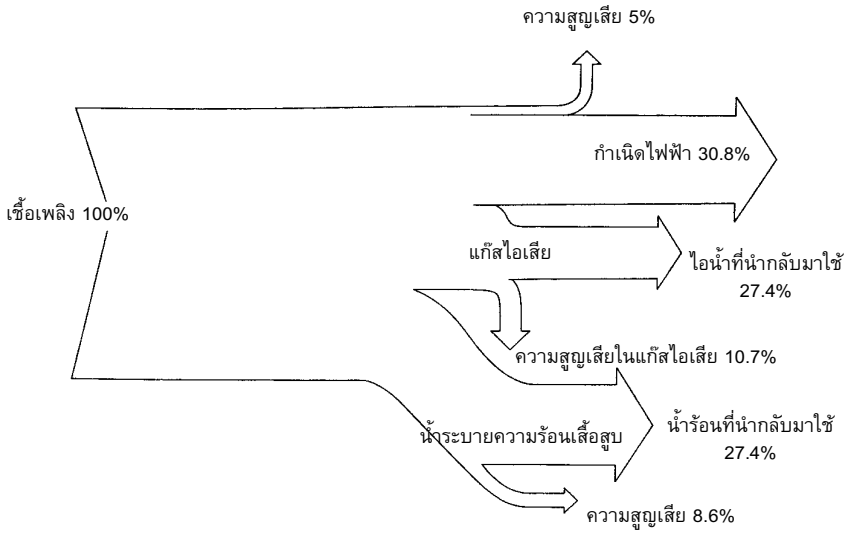
รูปที่ 4.9.1-1 ตัวอย่างโครงสร้างของระบบโคเจนเนอเรชั่น

ด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้ว ระบบโคเจนเนอเรชั่นจึงเป็นระบบที่นำความร้อนทิ้งที่แต่เดิมเครื่องต้นกำลังสำหรับกำเนิดไฟฟ้าปล่อยทิ้งไปในบรรยากาศและในน้ำระบายความร้อน การนำกลับมาใช้ประโยชน์กล่าวได้ว่าเป็นการใช้งานพลังงานแบบ Cascade ซึ่งสามารถช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรด้วยการนำพลังงานที่มีอยู่แล้วมาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

หากวางแผนอย่างรัดกุมโดยนำความร้อนทิ้งมาใช้ประโยชน์ได้มาก ประสิทธิภาพความร้อนรวมแม้แต่ในระบบขนาดเล็กก็อาจสูงถึง 80% รวมทั้งสามารถใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเฉพาะที่ ซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับความต้องการใช้โดยไม่มีการสูญเสียในการส่งไฟฟ้า ดังนั้น นอกจากจะเป็นการอนุรักษ์พลังงานแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนพลังงานได้มากด้วย **รูปที่ 4.9.1-1** แสดงตัวอย่างโครงสร้างของระบบโคเจนเนอเรชั่น **รูปที่ 4.9.1-2** แสดงตัวอย่างเปรียบเทียบปริมาณพลังงานปฐมภูมิของระบบโคเจนเนอเรชั่นกับระบบดั้งเดิม และ**รูปที่ 4.9.1-3** แสดงตัวอย่างสมดุลความร้อนของระบบโคเจนเนอเรชั่น



รูปที่ 4.9.1-2 ตัวอย่างเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของระบบโคเจนเนอเรชั่นกับระบบดั้งเดิม



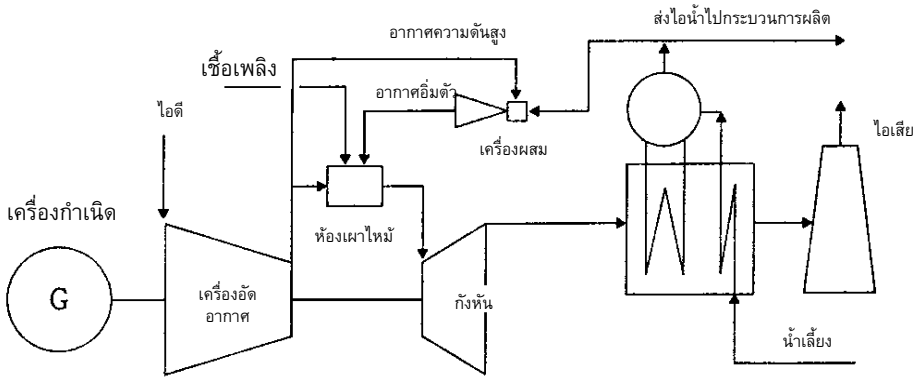
รูปที่ 4.9.1-3 ตัวอย่างสมดุลความร้อนของระบบโคเจนเนอเรชั่น

ข้อควรระวังในการวางแผน

ในการเพิ่มอัตราการใช้งาน จะทำให้เกิดความคุ้มทุนและรักษาความเชื่อถือได้ของระบบโคเจนเนอเรชั่นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ มีข้อควรระวังในการวางแผนหลายประการ ประสิทธิผลในการนำระบบมาใช้จะขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

- สภาพของภาระ (ทั้งไฟฟ้าและความร้อน)
- มีการซื้อ-ขายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือไม่
- ประเภทของเครื่องต้นกำลังและเชื้อเพลิงที่ใช้

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



รูปที่ 4.9.1-4 ตัวอย่างโครงสร้างของระบบที่สามารถปรับสัดส่วนไฟฟ้ากับความร้อนได้

ตารางที่ 4.9.1-1 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของเครื่องต้นกำลังชนิดต่างๆ ที่มีขนาดทั่วไปที่ใช้ในระบบโคเจนเนอเรชั่น ตารางนี้เป็นเพียงหลักการคร่าวๆ เท่านั้นในการเลือกใช้ เนื่องจากขนาดกำลังขาออกและเงื่อนไขต่างๆ จะแตกต่างกัน จึงต้องศึกษาอย่างเป็นรูปธรรมเป็นกรณีๆ ไป

ตารางที่ 4.9.1-1 เปรียบเทียบสมบัติของเครื่องต้นกำลังชนิดต่าง ๆ

เครื่องต้นกำลัง	เครื่องยนต์ดีเซล	เครื่องยนต์แก๊ส	กังหันแก๊ส
ขนาดที่ใช้	กลาง (ถึง 10,000 kW)	เล็ก-กลาง (ถึง 5,000 kW)	กลาง-ใหญ่ (ถึง 15,000 kW)
เชื้อเพลิง	น้ำมันก๊าด น้ำมันเบา น้ำมันหนัก A ฯลฯ	แก๊ส	แก๊ส 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 นำแก๊สไอเสียไปหมุนเวียนใหม่ กำจัดไนโตรเจนด้วยแอมโมเนีย ฯลฯ	Lean Burn Three-Way Catalytic Converter กำจัดไนโตรเจนด้วยแอมโมเนีย ฯลฯ	ฉีดพ่นน้ำหรือไอน้ำ Premix Lean Burn กำจัดไนโตรเจนด้วยแอมโมเนีย ฯลฯ

4.9.2 ระบบ Combined Cycle

หลักการทำงาน

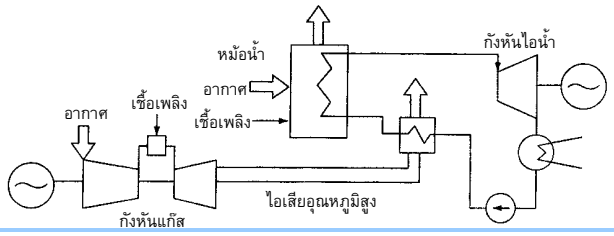
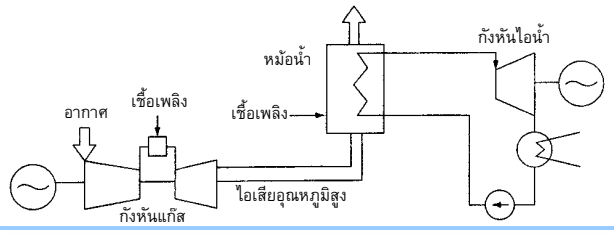
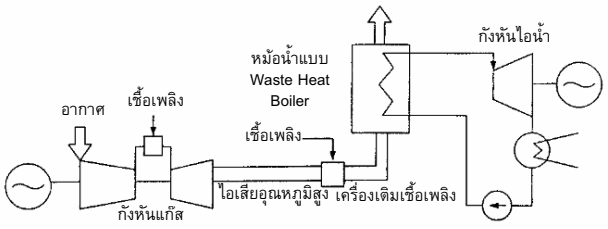
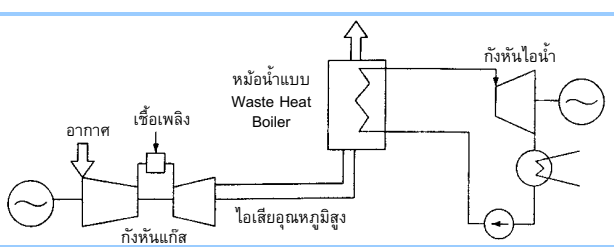
แก๊สไอเสียของกังหันแก๊สแบบ Simple Open Cycle จะมีอุณหภูมิสูงและมีออกซิเจนอยู่มาก จึงมีพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อนำความร้อนกลับมาใช้โดยนำไปคายความร้อนให้หม้อน้ำแบบ Waste Heat Boiler หรือใช้เป็นอากาศสำหรับเผาไหม้ในหม้อน้ำโดยเป่าพ่นเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้ในแก๊สไอเสียนี้เพื่อผลิตไอน้ำแล้ว จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพรวมสูงขึ้นมาก กรณีที่นำไอน้ำนี้ไปใช้ในกระบวนการผลิตจะเรียกระบบนี้ว่า Cogeneration และหากนำไปขับกังหันไอน้ำจะเรียกว่า Combibed Cycle

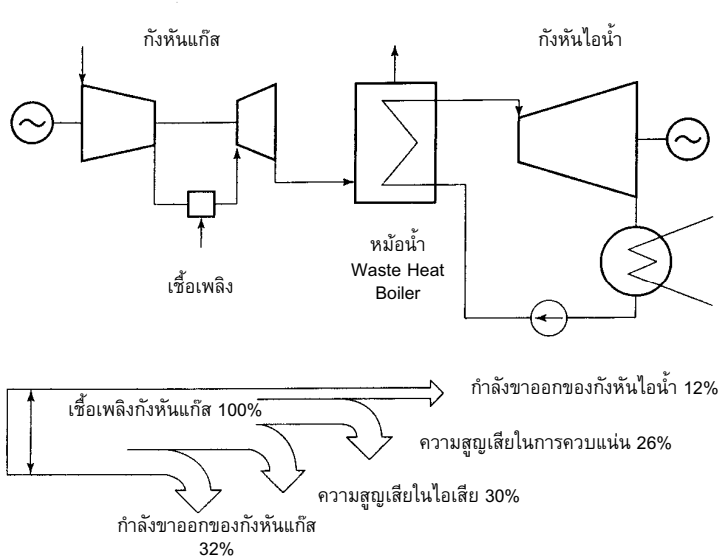
Combined Cycle ในความหมายกว้างมีหลายประเภท เช่น เครื่องต้นกำลังที่ใช้เป็นวัฏจักรบน (Topping) อาจใช้การกำเนิดไฟฟ้าแบบ Magnetohydrodynamic (MHD) Power Generation ซึ่งจะปล่อยแก๊สอุณหภูมิสูง และเครื่องจักรขับเครื่องที่ใช้เป็นฐานก็ไม่จำเป็นต้องเป็นกังหันไอน้ำเสมอไป แต่ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะที่ใช้กังหันไอน้ำเป็นวัฏจักรล่าง (Bottoming) เท่านั้น

แนวคิดเรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบ Combined Cycle โดยใช้กังหันแก๊สไม่ใช่แนวคิดใหม่ รูปแบบอื่นก็มีหลายอย่างซึ่งได้ถูกนำมาใช้แล้วดัง**ตารางที่ 4.9.2-1** เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขาเข้าของกังหันแก๊สจะทำให้กังหันมีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่อุณหภูมิแก๊สไอเสียก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ระยะหลังนี้แก๊สไอเสียจะมีอุณหภูมิถึง 550-600°C ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนที่เหลือในแก๊สไอเสียมีค่าต่ำ วิธีนำความร้อนกลับมาใช้โดยที่ไม่ต้องเพิ่มเชื้อเพลิงเข้าไปจึงกลายเป็นวิธีที่ใช้กันเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีการนำวิธี Exhaust Gas Reheating มาใช้ในการ Repowering โรงไฟฟ้าพลังความร้อนเก่าและโรงไฟฟ้าพลังขยะมากขึ้นดัง**รูปที่ 4.9.2-1** ที่แสดงหลักการทำงานของ Combined Cycle กับตัวอย่างสมดุลความร้อน

การกำเนิดไฟฟ้าด้วย Combined Cycle เป็นวิธีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนได้อย่างมาก ในขณะที่การเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนด้วยการเพิ่มอุณหภูมิและความดันเริ่มเข้าใกล้ขีดจำกัดเข้าไปเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้ เทคโนโลยีข้างต้นจึงแพร่หลายอย่างรวดเร็วในฐานะที่เป็นเทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองความต้องการของยุคสมัยได้ ปัจจุบันจึงกลายเป็นวิธีหลักในการผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนแล้ว กล่าวคือ ประสิทธิภาพความร้อนของ Combined Cycle นั้นแม้จะใช้กังหันแก๊สเดิมๆ แบบ Simple Open Cycle ที่มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้ากังหัน 1,100°C ก็ยังมีประสิทธิภาพประมาณ 43% หากใช้กังหันแก๊สประสิทธิภาพสูงอุณหภูมิ 1,350°C ก็อาจจะมีประสิทธิภาพสูงได้ถึงประมาณ 48% ยิ่งกว่านั้น ปัจจุบันกำลังมีการพัฒนากังหันแก๊สรุ่นใหม่อุณหภูมิ 1,500°C ซึ่งจะทำให้วัฏจักรมีประสิทธิภาพสูงถึง 53%

ตารางที่ 4.9.2-1 Combined Cycle ประเภทต่าง ๆ

	หลักการทำงาน	ภาพโครงสร้างระบบ
นำไอเสียมาอุ่นน้ำเลี้ยง	นำความร้อนทิ้งจากกังหันแก๊สมาให้ความร้อนแก่น้ำเลี้ยงของโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ	
นำไอเสียมาเผาไหม้ซ้ำ	นำความร้อนทิ้งจากกังหันแก๊สมาใช้เป็นอากาศสำหรับเผาไหม้ของหม้อน้ำเพื่อนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้	
นำไอเสียมาเติมเชื้อเพลิง	ระหว่างทางที่นำแก๊สไอเสียจากกังหันแก๊สไปที่หม้อน้ำแบบ Waste Heat Boiler จะทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงเสริมเพื่อปรับปรุงสภาวะของไอน้ำให้ดีขึ้นและเพิ่มกำลังขาออกของกังหันไอน้ำ	
นำความร้อนทิ้งกลับมาใช้	นำไอเสียของกังหันแก๊สมาคายความร้อนให้หม้อน้ำแบบ Waste Heat Boiler แล้วใช้ไอน้ำที่เกิดขึ้นไปขับกังหันไอน้ำ	



รูปที่ 4.9.2-1 หลักการทำงานของ Combined Cycle และตัวอย่างสมดุลความร้อน

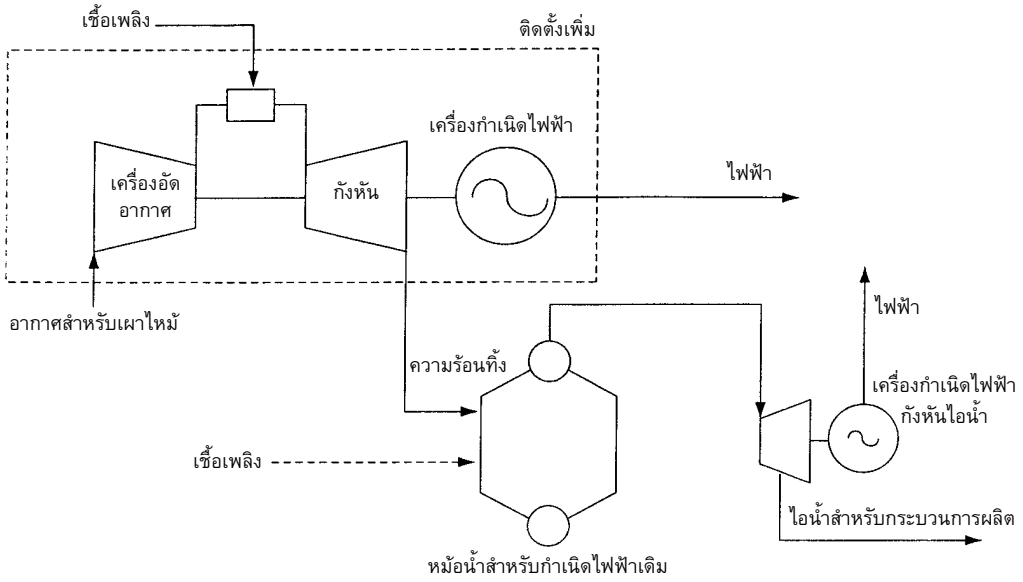
นอกจากนี้ ปัจจุบันยังมีแนวคิดที่จะนำเครื่องยนต์เจ็ตสำหรับเครื่องบินมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าอีกด้วย กังหันแก๊สสำหรับเครื่องบินแต่เดิมเคยนำมาใช้สำหรับรองรับภาระสูงสุดเป็นระยะเวลาสั้นๆ หรือใช้ในกรณีฉุกเฉิน อย่างไรก็ตาม เครื่องบินซึ่งต้องการแรงขับดันอย่างมากนั้นเป็นเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนความดันสูงถึง 30 เท่า เครื่องยนต์เดี่ยวๆ เองก็มีประสิทธิภาพสูงถึง 37-40% ในอนาคตเครื่องยนต์เดี่ยวๆ จะมีประสิทธิภาพ 40-44% เมื่อนำมาใช้ใน Combinde Cycle จะทำให้ได้ประสิทธิภาพถึง 50-55% ขึ้นไป จึงมีโครงการที่จะนำกังหันแก๊สมาใช้ ยิ่งไปกว่านั้น ในโรงไฟฟ้า Combined Cycle ประสิทธิภาพสูงเหล่านี้ยังถูกคาดหวังว่าอนาคตจะไปใช้ร่วมกับโรงไฟฟ้าแบบ Coal-Gasification กลายเป็นระบบกำเนิดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงและสะอาด

เมื่อมีภาระไม่เต็มพิกัด ปริมาณไอเสียของกังหันแก๊สจะลดลง อัตราความสิ้นเปลืองความร้อนของโรงไฟฟ้า Combined Cycle จึงลดลงอย่างมาก แต่ถ้าโรงไฟฟ้าประกอบด้วยกังหันแก๊สหลายตัวแล้วใช้วิธีควบคุมจำนวนเครื่องจะมีข้อดี คือ สามารถรักษาประสิทธิภาพสูงขณะที่มีภาระไม่เต็มพิกัดได้ วิธีกำเนิดไฟฟ้าแบบ Combined Cycle ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบเพลาเดี่ยว ซึ่งกังหันแก๊สจะต่อกับกังหันไอน้ำโดยตรงบนเพลาเดียวกัน แต่นำมาเรียงกันหลายๆ ชุด กับแบบหลายเพลา ซึ่งประกอบด้วยกังหันแก๊สหลายตัวกับกังหันไอน้ำ 1 ตัว แบบเพลาเดี่ยวสามารถตรวจซ่อมแต่ละเพลาได้โดยไม่ต้องหยุดโรงไฟฟ้า เหมาะสำหรับเดินเครื่องรับภาระค่ากลางๆ ส่วนแบบสองเพลา ในการตรวจซ่อมกังหันไอน้ำจะไม่สามารถกำเนิดไฟฟ้าได้ เหมาะสำหรับเดินเครื่องรับภาระฐาน (Base Load)

4.9.3 การทำ Repowering

Repowering หมายถึง การนำเครื่องจักรใหม่ไปติดตั้งเพิ่มเติมให้โรงไฟฟ้าเดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ รวมถึงการเพิ่มกำลังของโรงไฟฟ้าพลังน้ำโดยพิจารณาปรับระบบน้ำใหม่ด้วย แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงการติดตั้งกังหันแก๊สเพิ่มเติมให้โรงไฟฟ้าพลังความร้อนเดิม เพื่อทำ Combined Cycle กับหม้อน้ำและกังหันไอน้ำที่มีอยู่แล้วดัง**รูปที่ 4.9.3-1**

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่เดินเครื่องโดยใช้น้ำมันหนักชนิด C หรืออื่นๆ เป็นเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ โดยติดตั้งเครื่องกำจัดกำมะถันที่ปล่องไอเสียนั้น โดยมากจะถูกนำมาพิจารณาทำ Repowering เมื่ออยู่ในสถานะที่ต้องเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นชนิดอื่น โดยอาจจะพิจารณาความสมดุลระหว่างการลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมกับการลดต้นทุนพลังงาน เป็นต้น



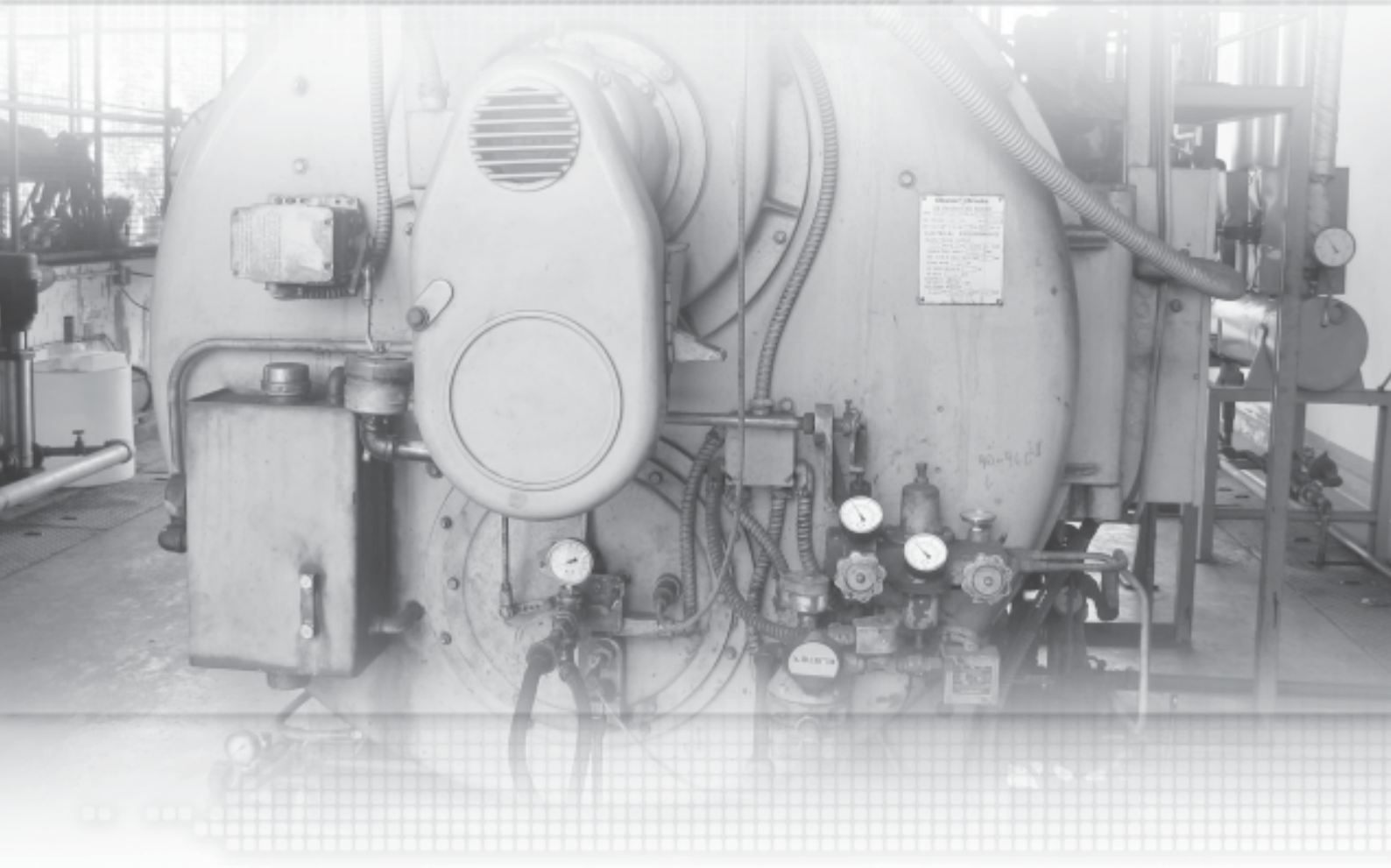
รูปที่ 4.9.3-1 ตัวอย่าง Repowering System

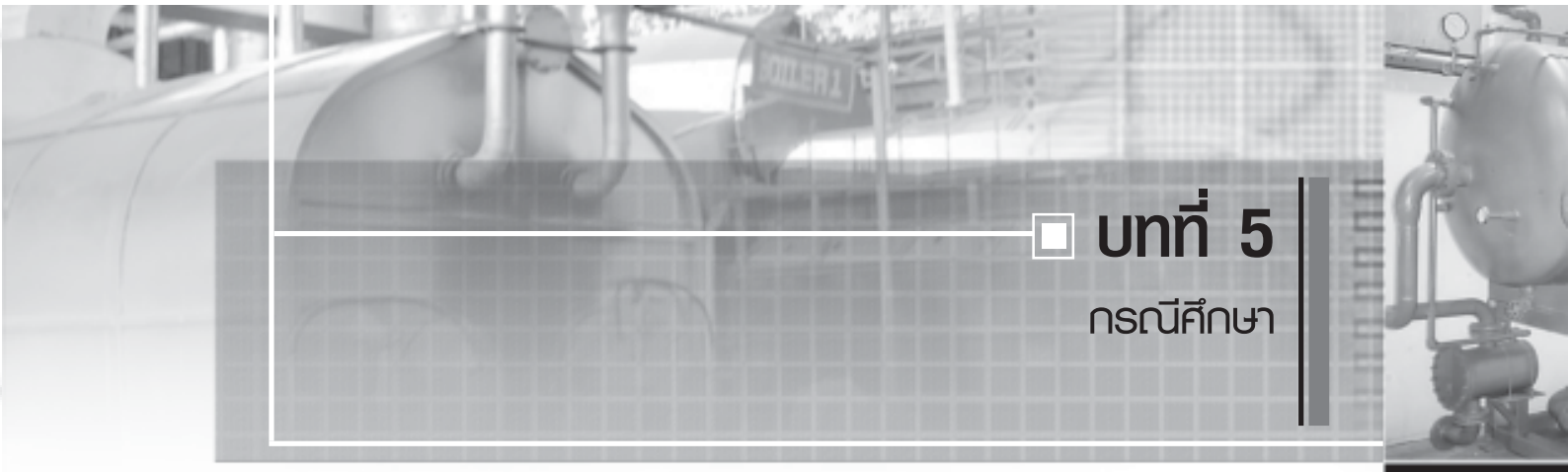

BABCOCK
BABCOCK



บทที่ 5

กรณีศึกษา





บทที่ 5
กรณีศึกษา

หม้อน้ำในระบบการผลิตอุตสาหกรรม เป็นอุปกรณ์ด้านพลังงานความร้อนที่แปลงพลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ แล้วนำไปต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งในการใช้งานต้องมีการปฏิบัติให้ถูกต้องตามกฎหมาย เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ในการใช้เชื้อเพลิงทำให้น้ำเป็นไอน้ำนั้น จะมีการสูญเสียความร้อนไปบางส่วน ดังนั้น ไอน้ำจึงไม่ได้รับความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งหมด เนื่องจากมีการสูญเสียของพลังงานในก๊าซทิ้งที่ปล่องควัน พลังงานที่สูญเสียจากการแผ่รังสีและการพาความร้อน พลังงานที่สูญเสียจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำลดลง และเกิดความสิ้นเปลืองพลังงานและเงินตราไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นมาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับการใช้หม้อน้ำอุตสาหกรรมจึงมีส่วนช่วยให้ประหยัดพลังงานและมีประสิทธิภาพการใช้หม้อน้ำที่สูงขึ้น

สำหรับกรณีศึกษาที่นำมากล่าวนี้จะแบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้กับหม้อน้ำอุตสาหกรรม จำนวน 5 ชนิด ได้แก่

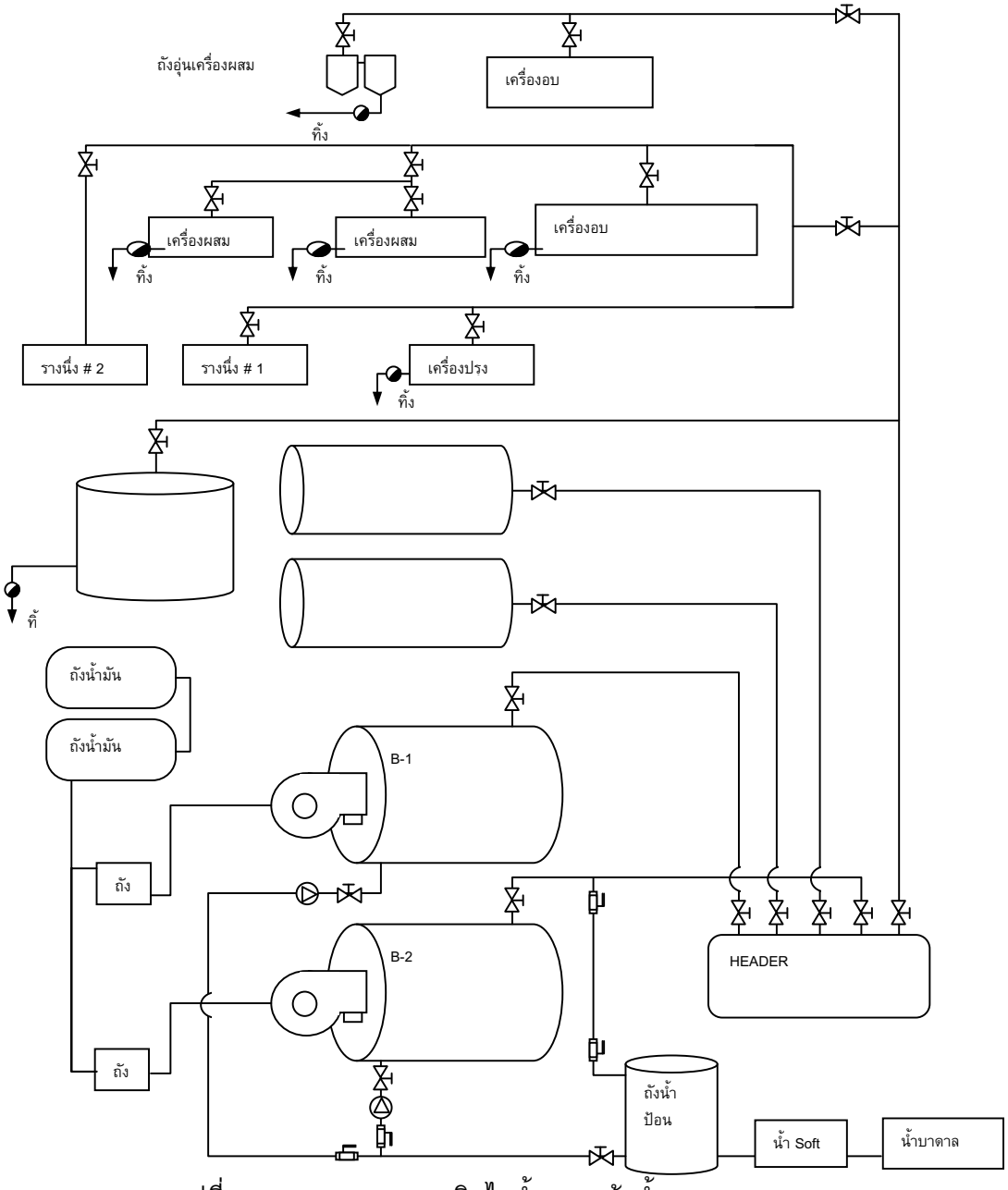
1. หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงแข็ง ไม้ฟืน
2. หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงแข็ง ถ่านหิน
3. หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงเหลว น้ำมันเตา
4. หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงเหลว ดีเซล
5. หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงก๊าซ ก๊าซหุงต้ม (LPG-Liquid Petroleum Gas)

โดยกรณีศึกษาการใช้งานหม้อน้ำของโรงงานอุตสาหกรรม จะเป็นการนำเสนอวิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์ปัญหาที่พบในการใช้งานหม้อน้ำ และแนวทางในการแก้ปัญหา ตลอดจนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานหม้อน้ำ ทั้งในด้านความปลอดภัย และการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อน้ำโดยใช้มาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานในระบบต่างๆ ได้แก่ ระบบน้ำป้อน การควบคุมปริมาณและคุณภาพน้ำป้อน ระบบการจ่ายเชื้อเพลิง ระบบการเผาไหม้ ระบบหม้อน้ำและการแลกเปลี่ยนความร้อน ระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ คอนเดนเสท เทคนิคการโบลว์ดาวน์ เป็นต้น โดยจะแสดงรายละเอียดวิธีการคำนวณผลตอบแทนด้านพลังงานของแต่ละมาตรการ ระยะเวลาคืนทุนและผลตอบแทนทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งปริมาณการใช้พลังงานที่ลดลงจะส่งผลให้มีการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยคิดเป็นค่าเทียบเท่าของคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ (CO_2 Equivalent)

5.1 กรณีศึกษาที่ 1 หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

5.1.1 ข้อมูลเบื้องต้น

โรงงานผลิตอาหารสัตว์ ใช้งานหม้อน้ำ จำนวน 2 เครื่อง โดยเครื่องหมายเลข 1 เป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟนอน ขนาด 10 ton/hr ใช้ถ่านหินบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิง และเครื่องหมายเลข 2 เป็นหม้อน้ำแบบท่อไฟนอน ขนาด 6 ton/hr ใช้ถ่านหินบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจุบันไม่มีการใช้งาน



รูปที่ 5.1-1 กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม

5.1.2 การตรวจสอบ และวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานหม้อน้ำ

1. จากการตรวจสอบผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของโรงงาน พบว่ามีค่า iron ของน้ำมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของ iron ของน้ำในหม้อน้ำควรน้อยกว่า 1 ppm) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เรซินของเครื่องทำน้ำอ่อนไม่สามารถดึงประจุบวกของสารละลายที่อยู่ในน้ำออกได้ เนื่องจากขั้วประจุของ iron จะจับขั้วกับประจุบวกของเรซินทำให้ประสิทธิภาพของการกรองของเรซินต่ำลง ดังนั้นน้ำที่ผ่านเครื่องทำน้ำอ่อนยังมีตะกรันอยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้มีการสะสมของตะกรันมาจับที่ท่อน้ำของหม้อน้ำส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหม้อน้ำลดลง

การแก้ไข : ทางโรงงานอาจจะต้องทำการบำบัดน้ำดิบก่อนโดยการใส่ปูนขาว และโซดาแอช ก่อนผ่านเครื่องทำน้ำอ่อน หรืออาจจะเปลี่ยนระบบการปรับสภาพคุณภาพน้ำวิธีอื่น เช่น ใช้วิธี Demineralization หรือ วิธี Reverse Osmosis เป็นต้น ซึ่งจะต้องทำการพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย

2. จากการสำรวจ พบว่าทางโรงงานมีการใช้ถังน้ำป้อนที่มีการไล่อากาศออกจากน้ำโดยใช้ไอน้ำ (Deaereator tank) ซึ่งมีอุณหภูมิน้ำป้อนเท่ากับ 91 C ซึ่งที่อุณหภูมินี้ยังมีการเจือปนของออกซิเจน ซึ่งจะทำให้ถังน้ำป้อนเกิดการผุกร่อนชำรุดจากออกซิเจนอยู่ปนอยู่ในน้ำ

การแก้ไข : ควรทำการอุ่นน้ำป้อนให้มีอุณหภูมิประมาณ 103-105 ^{0}C ซึ่งเป็นการไล่ออกซิเจนในน้ำป้อนออก โดยเป็นการปรับสภาพน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อน้ำ และยังช่วยในการประหยัดเชื้อเพลิงของหม้อน้ำอีกด้วย



รูปที่ 5.1-2 แสดงอุณหภูมิของน้ำป้อนในถัง Deaereator

3. จากการสำรวจ พบการทางโรงงานมีการโบลว์ดาวน์ด้านล่างหม้อน้ำ 1 ครั้ง/ชั่วโมง ครั้งละประมาณ 30 วินาที (โรงงานมีการโบลว์ดาวน์ด้านล่างหม้อน้ำ 2 ครั้ง/ชั่วโมง ครั้งละประมาณ 30

วินาที) ซึ่งลักษณะการโบลว์ดาวน์เป็นระยะเวลานานๆจะทำให้มีความร้อนสูญเสียไปกับการโบลว์ดาวน์ไปจำนวนมาก

การแก้ไข : ควรทำการโบลว์ดาวน์บ่อยๆ แต่ใช้ระยะเวลาในการโบลว์ดาวน์ลดลง เพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสียความร้อนไปจากการโบลว์ดาวน์ให้มากที่สุด

4. จากการสำรวจ พบการทางโรงงานมีการใช้หม้อน้ำขนาดใหญ่เกินไป คือ ใช้หม้อน้ำขนาด 10 ton/hr ซึ่งโรงงานมีความต้องการไอน้ำเพียง 5 ton/hr ซึ่งหม้อน้ำจะมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อใช้งานที่ภาระเต็มพิกัดหรือใกล้เคียงกับพิกัดของหม้อน้ำ

การแก้ไข : ควรเปลี่ยนไปใช้หม้อน้ำที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งในโรงงานมีหม้อน้ำขนาด 6 ton/hr อยู่แล้ว แต่จากการสอบถามผู้ควบคุมหม้อน้ำพบว่า หม้อน้ำขนาด 6 ton/hr มีการใช้เชื้อเพลิงใกล้เคียงกับขนาดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากมาตรฐานและประสิทธิภาพของหม้อน้ำของผู้ผลิตต่างกัน ดังนั้นทางโรงอาจจะทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อน้ำขนาด 6 ton/hr ให้สูงขึ้น โดยพิจารณาจากความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย

5.1.3 การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในหม้อน้ำ

จากการวิเคราะห์ระบบไอน้ำอุตสาหกรรม พบว่ายังมีบางจุดที่มีการใช้พลังงานเกินความจำเป็นและมีการสูญเสียของพลังงานสูง ซึ่งหากมีการปรับปรุงก็จะทำให้ประหยัดพลังงานและระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ ดังมาตรการต่อไปนี้

ก) มาตรการลดแรงดันไอน้ำที่ผลิตของหม้อน้ำ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

ในการใช้ไอน้ำของโรงงานนั้นจะผลิตไอน้ำที่ความดัน 7 bar(g) แล้วส่งจ่ายไปยังอุปกรณ์ในไลน์ผลิตซึ่งใช้งานที่ความดันสูงสุดแค่เพียง 5 bar(g) เท่านั้น โดยในการผลิตไอน้ำใช้งานที่ความดันสูงเกินความจำเป็นที่ใช้งาน จะต้องใช้พลังงานในการให้ความร้อนกับน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 5.1-3 ก่อนปรับปรุงผลิตไอน้ำที่ความดัน 7 bar(g)

1. เก็บข้อมูลของความดันไอน้ำใช้งานในแต่ละอุปกรณ์
2. ทำการปรับลดแรงดันไอน้ำที่ผลิตเท่าที่ยังสามารถส่งไปใช้งานได้ตามปกติ
3. วิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากทำการปรับลดแรงดันไอน้ำแล้ว ผลปรากฏว่าสามารถปรับลดแรงดันไอน้ำของหม้อน้ำขนาด 10 ตัน ลงได้ โดยผลิตไอน้ำที่ความดัน 6.5 bar(g) ซึ่งทำให้ลดพลังงานในการให้ความร้อนกับน้ำลงได้ โดยสามารถประหยัดเชื้อเพลิง (ถ่านหิน) ได้ 4,099.15 kg/ปี



รูปที่ 5.1-4 หลังปรับปรุงผลิตไอน้ำที่ความดัน 6.5 bar(g)

ระยะเวลาดำเนินการ	1	เดือน
เงินลงทุน	-	บาท
ผลประหยัดที่ได้	14,756.94	บาท/ปี
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง	0.00256	ktoe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี

ข้อเสนอแนะ

หากมีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ ควรทำการตรวจสอบแรงดันไอน้ำที่ผลิตให้เหมาะสม

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

โรงงานทำการปรับลดแรงดันไอน้ำ จาก 7 bar(g) เป็น 6.5 bar(g) โดยมีอัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 4,042 kg/hr ประสิทธิภาพของหม้อน้ำมีค่าเท่ากับ 70 % โรงงานทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน 300 วัน/ปี ค่าเชื้อเพลิง (ถ่านหิน) เฉลี่ย 3.6 บาท/kg

ให้	Q_s	=	พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	MJ/y
	m_{st}	=	อัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย	kg/hr
	h_{g1}	=	ค่าความร้อนของไอน้ำที่แรงดันก่อนปรับปรุง	kJ/kg
	h_{g2}	=	ค่าความร้อนของไอน้ำที่แรงดันหลังปรับปรุง	kJ/kg
	H	=	ชั่วโมงทำงาน	hr/Day
	D	=	วันทำงาน	Day/y
	V	=	ประสิทธิภาพหม้อน้ำ	%
	HV	=	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านหิน)	MJ/kg

ก่อนปรับปรุง

	แรงดันไอน้ำ	=	7.0	bar(g)
	h_{g1}	=	2,769.10	kJ/kg

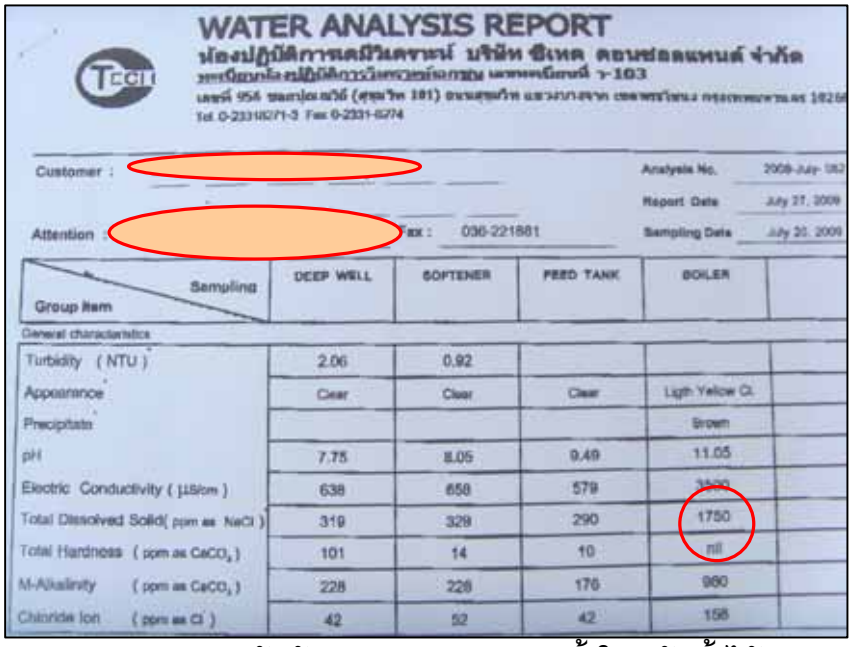
หลังปรับปรุง

	แรงดันไอน้ำ	=	6.5	bar(g)
	h_{g2}	=	2,766.50	kJ/kg
	Q_s	=	$m_{st} \times (h_{g1} - h_{g2}) \times H \times D / 1,000$	
		=	4,042 x (2,769.10 - 2,766.50) x 24 x 300 / 1,000	
		=	75,666.24	MJ/y
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้		=	$Q_s / [(V / 100) \times HV]$	
		=	75,666.24 / [(70.00 / 100) x 26.37]	
		=	4,099.15	kg/ปี
คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบได้		=	4,099.15 x 624.19 / 1,000,000,000	
		=	0.00256	ktoe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้		=	4,099.15 x 3.60	
		=	14,756.94	บาท/ปี

ข) มาตรการ ลดอัตราการโบล์วดาวน์น้ำทิ้งของหม้อน้ำ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำขนาด 10 ตัน วัดค่าได้ 1,750 ppm ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยที่ค่ามาตรฐานควรจะรักษาให้อยู่ในระดับ 3,000-3,500 ppm แสดงว่าทางโรงงานมีการโบล์วดาวน์น้ำในหม้อน้ำทิ้งเกินความจำเป็นมากเกินไป ดังนั้นจึงทำให้สูญเสียปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งไปนั้น



WATER ANALYSIS REPORT

ห้องปฏิบัติการผลิตวิเคราะห์ บริษัท ซีเทค คอนซอลแทนต์ จำกัด

Customer :

Attention :

Fax : 036-221881

Analysis No. 2009-July-182

Report Date July 27, 2009

Sampling Date July 20, 2009

Group Item \ Sampling	DEEP WELL	SOFTENER	FEED TANK	BOILER
General characteristics				
Turbidity (NTU)	2.06	0.92		
Appearance	Clear	Clear	Clear	Ligth Yellow Cl.
Precipitate				Brown
pH	7.75	8.05	9.49	11.05
Electric Conductivity (µS/cm)	638	658	579	3000
Total Dissolved Solid(ppm as NaCl)	319	329	290	1750
Total Hardness (ppm as $CaCO_3$)	101	14	10	nil
M-Alkalinity (ppm as $CaCO_3$)	228	228	176	980
Chloride Ion (ppm as Cl)	42	52	42	158

รูปที่ 5.5 ก่อนปรับปรุงวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำได้ 1,750 ppm

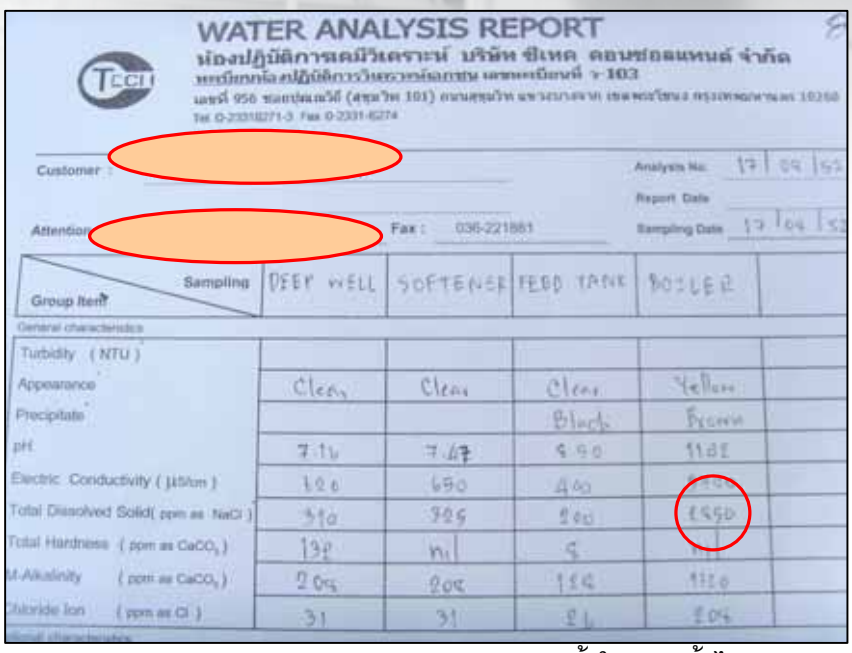
แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ทำการปรับลดอัตราการโบล์วดาวน์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. เก็บข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำ
2. ทำการปรับลดอัตราการโบล์วดาวน์ลง โดยรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำให้อยู่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่สุด (3,000-3,500 ppm)
3. วิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากปรับลดอัตราการโบล์วดาวน์น้ำในหม้อน้ำขนาด 10 ตัน แล้วผลปรากฏว่าสามารถรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำให้อยู่ที่ 2,850 ppm ซึ่งทำให้ลดการสูญเสียปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งลงได้ โดยสามารถประหยัดเชื้อเพลิง (ถ่านหิน) ได้ 49,322.14 kg/ปี



WATER ANALYSIS REPORT

ห้องปฏิบัติการคุณวิเคราะห์ บริษัท ซีเทค คอนซอลแทนต์ จำกัด

Sampling / Group Item	DEEP WELL	SOFTENER	FEED TANK	BOILER
Turbidity (NTU)				
Appearance	Clear	Clear	Clear	Yellow
Precipitate			Black	Brown
pH	7.14	7.47	8.90	11.82
Electric Conductivity (µS/cm)	120	650	400	
Total Dissolved Solid(ppm as NaCl)	310	325	200	1550
Total Hardness (ppm as $CaCO_3$)	132	nil	8	
M-Alkalinity (ppm as $CaCO_3$)	204	202	156	1120
Chloride Ion (ppm as Cl)	31	31	24	204

รูปที่ 5.6 หลังปรับปรุงวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำได้ 2,850 ppm

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำ เป็นประจำทุกๆ สัปดาห์ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายให้อยู่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่สุด (3,000-3,500 ppm)

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

โรงงานทำการปรับลดอัตราการโบล์วดาวน์ จากระดับค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำ 1,750 ppm เป็น 2,850 ppm โดยมีค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำเท่ากับ 200 ppm อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำ 30 °C อัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 4,042 kg/hr ที่ความดัน 7 bar(g) ประสิทธิภาพของหม้อน้ำมีค่าเท่ากับ 70 % โรงงานทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน 300 วัน/ปี ค่าเชื้อเพลิง (ถ่านหิน) เฉลี่ย 3.6 บาท/kg

ให้

Q_s	=	พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	MJ/y
m	=	ปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์ที่ลดลง	kg/hr
m_b	=	อัตราการโบลว์ดาวน์	kg/hr
m_{st}	=	อัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย	kg/hr
C_f	=	ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำป้อน	ppm
C_b	=	ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำโบลว์ดาวน์	ppm
h_f	=	เอนทาลปีของน้ำโบลว์ดาวน์ (ที่ความดัน 7 bar(g))	kJ/kg
h_w	=	เอนทาลปีของน้ำป้อน (ที่อุณหภูมิ 30 °C)	kJ/kg

H	=	ชั่วโมงทำงาน	hr/day
D	=	วันทำงาน	day/y
V	=	ประสิทธิภาพหม้อน้ำ	%
HV	=	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านหิน)	MJ/kg

ก่อนปรับปรุง

C_b	=	1,750	ppm

หลังปรับปรุง

C_b	=	2,850	ppm
m_b	=	$[C_f / (C_b - C_f)] \times m_{st}$	
m_b (ก่อน)	=	[200 / (1,750 - 200)] x 4,042	
	=	521.55	kg/hr
m_b (หลัง)	=	[200 / (2,850 - 200)] x 4,042	
	=	305.06	kg/hr
m	=	m_b (ก่อน) - m_b (หลัง)	
	=	521.55 - 305.06	
	=	216.49	kg/hr
Q_s	=	$m \times (h_f - h_w) \times H \times D / 1,000$	
	=	216.49 x (709.70 - 125.61) x 24 x 300 / 1,000	
	=	910,437.44	MJ/y
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	$Q_s / [(V / 100) \times HV]$	
	=	910,437.44 / [(70.00 / 100) x 26.37]	
	=	49,322.14	kg/ปี
คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบได้	=	49,322.14 x 624.19 / 1,000,000,000	
	=	0.03079	ktoe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	49,322.14 x 3.60	
	=	177,559.70	บาท/ปี

บทสรุป

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้งานหม้อน้ำอุตสาหกรรมและดำเนินการตามมาตรการด้านหม้อน้ำอุตสาหกรรม เพื่อให้มีความปลอดภัยและประหยัดพลังงานได้มากขึ้น โดยใช้

1. มาตรการ ลดแรงดันไอน้ำที่ผลิตของหม้อน้ำ ทำให้ได้

ผลประหยัดที่ได้ 14,756.94 บาท/ปี 0.00256 ktoe/ปี

2. มาตรการ ลดอัตราการโบล์วดาวน์น้ำทิ้งของหม้อน้ำ

ผลประหยัดที่ได้ 177,559.7 บาท/ปี 0.03079 ktoe/ปี

ผลตอบแทนทางการเงิน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน - บาท

ผลประหยัดต่อปี (Annual cost savings) = 192316.6 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน (Pay back Period) - ปี

ผลตอบแทนทางสิ่งแวดล้อม

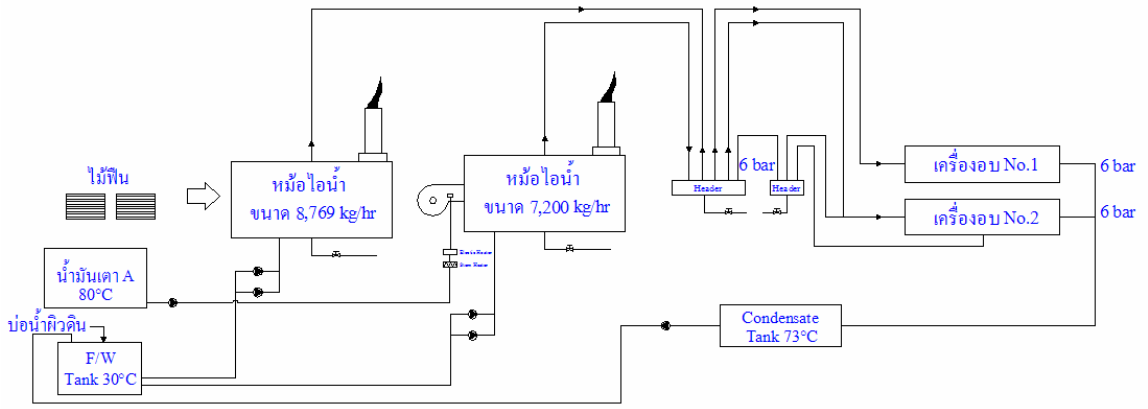
ปริมาณการใช้พลังงานลดลง = 0.03335 ktoe/ปี

ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas) =

5.2 กรณีศึกษาที่ 5 หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืน

5.2.1 ข้อมูลเบื้องต้น

โรงงานแห่งหนึ่งใช้หม้อน้ำ จำนวน 2 ชุด ผลิตในประเทศไทย ประกอบด้วย หม้อน้ำแบบท่อน้ำแนวนอน ขนาด 8769 กิโลกรัมต่อชั่โมง (kg/hr) ใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง และหม้อน้ำขนาด 7,200 กิโลกรัมต่อชั่โมง (kg/hr) ใช้น้ำมันเตา A เป็นเชื้อเพลิง เพื่อผลิตไอน้ำป้อนให้กับเครื่องอบ ดังแสดงในรูปที่ 5.2.1



รูปที่ 5.2-1 กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม

5.2.2 การตรวจสอบ และวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานหม้อน้ำ

1. หม้อน้ำมีการโบลว์ดาวน์ไม่เหมาะสม

ประเด็นปัญหา : ไม่ทราบปริมาณการใช้น้ำที่แน่นอน จึงทำให้การโบลว์ดาวน์ไม่เหมาะสม

การแก้ไข : ติดตั้ง Flow Meter เพื่อวัดปริมาณน้ำป้อน และคำนวณหาอัตราการโบลว์ดาวน์ที่เหมาะสม

2. อุณหภูมิที่ปล่องมีค่าสูงมาก เกิน 300 องศาเซลเซียส อาจเกิดความไม่ปลอดภัยของหม้อน้ำได้

ประเด็นปัญหา : ระบบหม้อน้ำไม่มีการตรวจจับอุณหภูมิที่ปล่อง ซึ่งในกรณีที่น้ำขาด ทำให้หม้อน้ำมีอุณหภูมิสูงมากๆ เมื่อผู้ควบคุมหม้อน้ำเติมน้ำป้อนลงไป อาจทำให้เกิดความเสียหายและเป็นอันตรายได้

การแก้ไข : ติดตั้งTemperature Sensor ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบเชื้อเพลิง เพื่อตรวจวัด แจ้งสัญญาณเตือน (Alarm) และควบคุมเชื้อเพลิง เพื่อไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไป

3. น้ำคอนเดนเสท มีการปล่อยทิ้ง เนื่องจากไม่สามารถอัดเข้าระบบได้

ประเด็นปัญหา : น้ำคอนเดนเสทที่ปล่อยทิ้งมีอุณหภูมิสูง ทำให้สูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์

การแก้ไข : สร้างระบบถักพักคอนเดนเสท โดยยกถังให้สูงขึ้น เพื่อให้คอนเดนเสทไหลเข้าถังป้อนได้โดยสะดวก

4. ไอน้ำใช้งานมีอุณหภูมิและความดันไม่เหมาะสม

ประเด็นปัญหา : อุณหภูมิและความดันไอน้ำ ที่ผลิตใช้งานยังไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้มีการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองกว่าปกติ

การแก้ไข : ติดตั้ง Modulating value เพื่อปรับอุณหภูมิใช้งานให้เหมาะสม ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ตั้ง ได้มอบหมายให้ผู้ใช้งาน สำรวจและหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

5. การเก็บรักษาหม้อน้ำที่ไม่ใช้งาน ในการเก็บหม้อน้ำที่ไม่ใช้งาน ทีมที่ปรึกษาได้แนะนำให้มีการเก็บแบบเปียก และมีการเดินเครื่องสัปดาห์ละครั้ง และได้แนะนำให้ตรวจสอบ check value ว่ารั่วหรือไม่

ประเด็นปัญหา : น้ำในหม้อน้ำที่ไม่ใช้งานมีอุณหภูมิสูงตลอด อาจเกิดจาก check value ของไอน้ำในระบบไหลย้อนมายังหม้อน้ำที่ไม่ใช้งาน จึงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนปริมาณมาก

การแก้ไข : ตรวจสอบ check value และบำรุงรักษาหม้อน้ำที่ไม่ใช้งานอย่างถูกวิธี

5.2.3 การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในหม้อน้ำ

จากการวิเคราะห์ระบบไอน้ำอุตสาหกรรม พบว่ายังมีบางจุดที่มีการใช้พลังงานเกินความจำเป็นและมีการสูญเสียของพลังงานสูง ซึ่งหากมีการปรับปรุงก็จะทำให้ประหยัดพลังงานและระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ ดังมาตรการต่อไปนี้

ก) มาตรการ การปรับตั้งแรงดันไอน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำของโรงงาน พบว่า ภายหลังจากการ by pass ท่อแล้วแรงดันไอน้ำในระบบไม่ตก เนื่องจากระยะทางระหว่างเครื่องอบปลากับหม้อน้ำมีระยะทางสั้นลง ทีมงาน ฯ จึงมีแนวคิดลดแรงดันไอน้ำลง 0.5 barg ปัจจุบันโรงงานตั้งแรงดันไอน้ำที่ 6 barg เมื่อทดลองปรับลดแรงดันไอน้ำลงโดยป้อนปริมาณเชื้อเพลิงลดลง



ก่อนปรับปรุงมีการปรับตั้งแรงดันไอน้ำที่ 6 barg

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ตรวจจากผลการตรวจสอบสภาพการใช้ไอน้ำดังกล่าวข้างต้นพบว่า แรงดันไอน้ำในระบบเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะทางระหว่างหม้อน้ำกับอุปกรณ์ใช้งานลดลง ดังนั้น หากสามารถลดแรงดันในการผลิตไอน้ำลงได้ ซึ่งจะมีผลให้ปริมาณการใช้ไอน้ำลดลง ส่งผลให้ลดการใช้ไม้ฟืน ดังนั้นแนวคิดในการประหยัดพลังงานในหม้อน้ำแนวทางหนึ่ง คือการลดความดันในการผลิตไอน้ำลงมา โดยขั้นตอนการทำงานคือ ทดลองลดแรงดันในการผลิตไอน้ำลงจากเดิม 6 barg ลงมาครั้งละ 0.5 barg และตรวจสอบว่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำมีปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่พบปัญหาใดๆ ก็ลดแรงดันลงไปอีก จนกระทั่งแรงดันในการผลิตไอน้ำต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่เกิดปัญหา

สภาพหลังปรับปรุง

ทำการปรับตั้งแรงดันไอน้ำจาก 6 barg เหลือ 5.5 barg



หลังปรับปรุงทำการปรับตั้งแรงดันไอน้ำเหลือ 5.5 barg

ระยะเวลาดำเนินการ	1 เดือน			
เงินลงทุน	-	บาท		
ผลประหยัดที่ได้	8,208.20	บาท	0.003881	ktoe
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี		

ข้อเสนอแนะ

โรงงานควรดำเนินการตรวจสอบการตรวจสอบประสิทธิภาพหม้อน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อเป็นการตรวจสอบการสูญเสียพลังงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การผลิตไอน้ำที่ 6 barg

เอนทาลปีของไอน้ำ h_g มีค่าเท่ากับ	=	2,757	kJ/kg
เอนทาลปีของไอน้ำ h_f มีค่าเท่ากับ	=	670.5	kJ/kg

การผลิตไอน้ำที่ 5.5 barg

เอนทาลปีของไอน้ำ h_g มีค่าเท่ากับ	=	2,752.7	kJ/kg
เอนทาลปีของไอน้ำ h_f มีค่าเท่ากับ	=	655.4	kJ/kg
ผลต่างเอนทาลปีของไอน้ำ ที่ 6 barg	=	2,757 – 670.5	kJ/kg

	=	2,086.3	kJ/kg
ผลต่างเอนทาลปีของไอน้ำ ที่ 5.5 barg	=	2,752.7 – 655.4	kJ/kg
	=	2,097.36	kJ/kg
ผลต่างเอนทาลปีของไอน้ำ	=	2,086.3 – 2,097.36	kJ/kg
	=	11.05	kJ/kg

หม้อน้ำขนาด 8.7 ตันต่อชั่วโมง เฉลี่ยทำงาน 80 % คิดเป็นไอน้ำที่ผลิต

	=	7.395	ตัน/hr
คิดประสิทธิภาพหม้อน้ำ	=	71.8	%
ค่า Heating Value ของไม้ฟืน	=	15,980	kJ/kg
ดังนั้น น้ำมันเตา C ที่ประหยัดได้	=	$\frac{7.395 ton x 1{,}000 \frac{kg}{ton} x 11.05 \frac{kJ}{kg}}{0.718 x 15{,}980 \frac{kJ}{kg}}$	
	=	7.13	kg/ชั่วโมง
จำนวนชั่วโมงทำงาน (T)	=	8	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน (D)	=	300	วันต่อปี
เปอร์เซ็นต์การเดินหม้อน้ำ	=	60	%
ไม้ฟืนเฉลี่ยที่ประหยัดได้	=	7.13 x 8 x 300 x 0.6	
	=	10,260.26	kg/ปี
ราคาไม้ฟืนเฉลี่ย	=	0.8	บาท/kg
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	10,260.26 x 0.8	
	=	8,208.20	บาท/ปี
คิดเป็น	=	0.003881	ktoe/ปี

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ข) มาตรการการซ่อมท่อไอน้ำรั่ว

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำของโรงงาน พบว่า มีการรั่วของไอน้ำบริเวณรอยต่อ หน้าแปลน และท่อ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อน ดังนั้นเพื่อประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ ทีมงานอนุรักษ์พลังงานจึงมีแนวคิดที่จะลดการสูญเสียพลังงานความร้อน โดยจำเป็นต้องทำการแก้ไขโดยเร่งด่วนเท่าที่จะเป็นไปได้



ก่อนปรับปรุงมีการรั่วไหลของไอน้ำ

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

อุปกรณ์ในระบบส่งจ่ายไอน้ำหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำที่มีรอยรั่วของไอน้ำเกิดขึ้น จะทำให้สูญเสียปริมาณความร้อนไปกับไอน้ำที่รั่วไหลออกไปเป็นจำนวนมาก เพื่อที่จะดำเนินโครงการซ่อมรอยรั่วของหน้าแปลนและท่อ เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อน ทีมงานอนุรักษ์พลังงานจึงวางแผนที่จะดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้คือ

1. ตรวจสอบจำนวนและขนาดของรูรั่ว ผลที่ได้คือ พบไอน้ำจะพุ่งออกมาเป็นระยะประมาณ 170 cm จำนวน 1 จุด

2. จากการสำรวจและตรวจสอบ พบว่ามีหน้าแปลน 1 จุด หน้าแปลนมีสภาพเก่า ทีมงานอนุรักษ์พลังงานจึงมีแนวคิดที่จะซ่อมเชื่อมท่อและเปลี่ยนปะเก็นใหม่

3. ทีมงานด้านพลังงานประสานกับฝ่ายจัดซื้อ เพื่อทำการสำรวจราคา หาผู้รับเหมาเพื่อทำการซ่อมบำรุง

4. วิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

ทำการซ่อมแซมรอยรั่วไอน้ำบริเวณท่อและหน้าแปลนต่าง ๆ จะลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากไอน้ำที่รั่วไหลออกไปได้ และทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานมีอุณหภูมิความร้อนลงอีกด้วย





หลังปรับปรุงทำการซ่อมแซมจุดรั่วไหลของไอน้ำ

ระยะเวลาดำเนินการ	1 เดือน			
เงินลงทุน	10,000	บาท		
ผลประหยัดที่ได้	32,492.73	บาท	0.01536	ktoe
ระยะเวลาคืนทุน	0.31	ปี		

ข้อเสนอแนะ

ควรดำเนินการจัดทำตารางตรวจสอบ สภาพท่อไอน้ำ วาล์วและหน้าแปลน เป็นประจำสม่ำเสมอเพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสียพลังงานจากไอน้ำรั่ว

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

โรงงานทำการซ่อมแซมรอยรั่วของระบบไอน้ำ โดยจากตรวจสอบน้ำป้อนมีอุณหภูมิ 45 ^{o}C แรงดันไอน้ำที่จุดรั่วไหลมีค่า 6.0 barg ความยาวของไอน้ำรั่ว 1,700 มิลลิเมตร การทำงานของ

หม้อน้ำวันละ 8 ชั่วโมงต่อวัน 300 วัน/ปี เปอร์เซ็นต์การทำงาน 60 % ภายหลังปรับปรุงพบว่าสามารถซ่อมแซมรอยรั่วไอน้ำ ทำให้ลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากค่าไม้ฟืนได้ ค่าไม้ฟืนเฉลี่ย 0.8 บาท/กิโลกรัม

ชื่ออุปกรณ์	=	หน้าแปลนและท่อ	
ความดันของไอน้ำ (P_{st})	=	6.0	bar
เอนทาลปีของน้ำอิ่มตัวที่ P_{st} (h_f) *	=	670.56	kJ/kg
เอนทาลปีของน้ำป้อน (h_w)	=	188.45	kJ/kg
ความยาวของไอน้ำรั่ว	=	1,700	มิลลิเมตร
ปริมาณไอน้ำสูญเสีย (S) **	=	126	kg/hr
ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน (Q_w)	=	$h_f - h_w$	
	=	670.56 – 188.45	
	=	482.11	kJ/kg
ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Q_s)	=	hfg (จากตารางไอน้ำอิ่มตัวที่ความดัน 6 bar)	
	=	2,086.30	kJ/kg
ปริมาณความร้อนสูญเสีย (Q_L)	=	S x (Q_w + Q_s)	
	=	126 x (482.11 + 2,086.30)	
	=	323,619.66	kJ/hr
อุปกรณ์ผลิตไอน้ำ	=	หม้อน้ำ	
ประสิทธิภาพอุปกรณ์ผลิตไอน้ำ (h)	=	71.8	%
ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี	=	1,440	ชั่วโมง/ปี
ชนิดเชื้อเพลิง	=	ไม้ฟืน	
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LH) ***	=	15.98	MJ/kg
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	(Q_L x ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี / 1000) / [(h / 100) x LH]	
	=	(323,619.66 x 1,440 / 1000) / [(71.8 / 100) x 15.98]	
	=	40,615.91	kg/ปี
มีจำนวนรอยรั่วทั้งหมด	=	1	จุด ดังนั้น
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้รวม	=	40,615.91x 1	
	=	40,615.91	kg/ปี

พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	40,615.91x 15.98	
	=	649,042.24	MJ/ปี
	=	0.01536	ktoe/ปี
ราคาค่าเชื้อเพลิง	=	0.8	บาท/kg
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	40,615.91 x 0.8	
	=	32,492.73	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	=	10,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	10,000 / 32,492.73	ปี
	=	0.31	ปี

ค) มาตรการการ bypass ท่อไอน้ำ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

โรงงานมีต่อท่อไอน้ำไปใช้งาน โดยผ่าน header และระบบท่อที่ภายหลังมีการยกเลิกการใช้งานอุปกรณ์ใช้ไอน้ำบางส่วน จึงทำให้สามารถ by pass ท่อเพื่อลดระยะทางที่ทำให้สูญเสียความร้อนได้ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการเดินไอน้ำไปตามท่อไปถึงเครื่องอบปลาป่นอีกเครื่อง เนื่องจากไม่มีวาล์วปิด



Header และท่อที่ถูกยกเลิกการใช้งาน

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ในระบบท่อไอน้ำหากสามารถดำเนินการลดการสูญเสียการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบท่อและ header รวมถึงการติดตั้งวาล์วควบคุมการไหลของไอน้ำ ได้ระยะทางการเดินท่อที่สั้นลง จะทำให้ลดการสูญเสียพลังงานได้

สภาพหลังปรับปรุง

ทำการ by pass ระบบท่อไอน้ำ





การ by pass ระบบท่อไอน้ำ

ระยะเวลาดำเนินการ	1 เดือน (แล้วเสร็จเดือนกันยายน 2552)			
เงินลงทุน	8,000	บาท		
ผลประหยัดที่ได้	15,625.87	บาท	คิดเป็น	0.00613
ktoe/ปี				
ระยะเวลาคืนทุน	0.51	ปี		

แนวทางการขยายผล

ควรดำเนินการลดแรงดันไอน้ำลง จะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานได้

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

เนื่องจากเป็นการ by pass ระบบท่อไอน้ำ ดังนั้น พลังงานที่ประหยัดได้ จะได้จากการคำนวณการลดการสูญเสียพลังงานความร้อนผ่านผิวท่อและวาล์ว ที่ตัดออกจากระบบ โดยสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ตำแหน่งที่วิเคราะห์				
			Header Valve	ท่อไอน้ำ	Header	ท่อไอน้ำ	รวม
ข้อมูล			**1**	**2**	**3**	**4**	
ขนาดท่อ nominal diameter	mm	dn	100.00	100.00	50.00	50.00	

ท่อตรง	m	L	0.20	75.00	0.20	30.00	
จำนวนหน้าแปลนชนิด	F10	n	12.00	4.00	8.00	2.00	
Flank 10 kg/cm^2 le = 0.4 x n		le	4.80	1.60	3.20	0.80	
จำนวนวาล์ว ชนิด	G10	n	6.00	2.00	2.00	1.00	
Flank Globe Valve 10 kg/cm^2 le = 1.2 x n		le	7.20	2.40	2.40	1.20	
จำนวนวาล์ว ชนิด	Gt10	n	1.00	0.00	0.00	0.00	
Flank Gate Valve 10 kg/cm^2 le = 1.2 x n		le	1.20	0.00	2.00	0.00	
จำนวนวาล์ว ชนิด	C10	n	0.00	0.00	0.00	0.00	
Control Valve 10 kg/cm^2 le = 1.2 x n		le	0.00	0.00	0.00	0.00	
ความยาวท่อเทียบเท่ารวมทั้งหมด Le = L + le	m	Le	13.40	79.00	7.80	32.00	
ความดันไอน้ำที่ท่อหรือวาล์ว	kg/cm^2	P_U	6.00	6.00	6.00	6.00	
อุณหภูมิไอน้ำในท่อ	°C	tb	158.85	158.90	158.85	158.85	
อุณหภูมิผิวท่อ	°C	Ts	157.40	157.00	157.40	157.40	
เวลาทำงาน	h/y	wh	1,440.00	1,440.00	1,440.00	1,440.00	
เลือกใช้ความหนาฉนวน	mm	t_insl	50.00	50.00	50.00	50.00	
ประสิทธิภาพของหม้อน้ำ	%	V_B	71.80	71.80	71.80	71.80	
ความดันไอน้ำที่หม้อน้ำ	kg/cm^2	P_g	6.00	6.00	6.00	6.00	
อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	°C	Ta	35.00	35.00	35.00	35.00	
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	kJ/kg	GH	15,980.00	15,980.00	15,980.00	15,980.00	
ราคาเชื้อเพลิง	฿/kg	P	0.80	0.80	0.80	0.80	
อุณหภูมิน้ำป้อน	°C	Tw	45.00	45.00	45.00	45.00	
Enthalpy ของไอน้ำในท่อที่ความดัน P_U	kJ/kg	hfg	2,086.30	2,086.30	2,086.30	2,086.30	
Enthalpy ของไอน้ำที่หม้อน้ำ ที่ P_g	kJ/kg	hg	2,756.80	2,756.80	2,756.80	2,756.80	
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ	mm	d	110.00	110.00	60.00	60.00	
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ	mm	di	97.00	97.00	50.00	50.00	
Emissivityของท่อ		V_S	0.56	0.56	0.56	0.56	
Emissivityของฉนวน		V_i	0.33	0.33	0.33	0.33	

Convective coefficient inside	W/m^2/K	hci	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	
Conduction of steel	W/m/K	ks	34.00	34.00	34.00	34.00	
Temperature inside	°C	Ti	158.85	158.90	158.85	158.85	
อุณหภูมิภายนอกฉนวน	°C	T2	39.00	37.50	37.53	39.60	
การคำนวณความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน							
ประสิทธิภาพของการใช้ไอน้ำ	Eff	%	55.24	55.24	55.24	55.24	
Eff = V_B x hfg/(hg-Tw)							
Convective coefficient	W/m^2/K	hc	7.62	7.62	8.87	8.87	
hc = 1.32 x ((Ts-Ta)/(d/1000))$^{0.25}$							
Radiation coefficient	W/m^2/K	hr	6.57	6.56	6.57	6.57	
hr = 5.6697 x 10^{-8} x V_S x [(Ts + 273)^4 - (Ta + 273)^4]/(Ts-Ta)							
การคำนวณความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน							
Overall coefficient	W/m^2/K	h	14.19	14.18	15.44	15.44	59.25
h = hc + hr							
Heat flux	W/m^2	HFs	1,736.86	1,729.96	1,889.86	1,889.86	
HFs = h x (Ts - Ta)							
ความร้อนที่สูญเสียจากท่อเปลือย	W/m	Qs	600.22	597.83	356.23	356.23	
Qs = HFs x V x d / 1000							
การคำนวณความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่หุ้มฉนวน							
เส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวน = 2 x t_insl + d	mm	d2	0.00	210.00	0.00	0.00	
Convective coefficient	W/m^2/K	hc1	0.00	2.45	0.00	0.00	
hc1 = 1.32 x ((T2-Ta)/d2)$^{0.25}$							
Radiation coefficient	W/m^2/K	hr1	0.00	2.21	0.00	0.00	
hr1 = 5.6697 x10^{-8}x V_i x ((T2 + 273)^4 - (Ta+							

273)^4)/(T2-Ta)							
Overall coefficient ho = hc1 + hr1	W/m^2/K	ho	0.00	4.66	0.00	0.00	
การคำนวณความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่หุ้มฉนวน							
Thermal conductivity of insulation ki = 0.0314 + 0.00016 x (T2 + Ts)/2	W/m/K	ki	0.00000	0.04700	0.00000	0.00000	
Thermal conductivity of insulator + wall Rs = ln(d2/d)/(2 x V V x ki) + ln(d/di)/(2 x V x ks)	m^{2}K/W	Rs	0.00	2.19	0.00	0.00	
U value U = 1/(2/(V x di x hci) + Rs + (2/(V x d2 x ho)))	W/m^2	U	0.00	0.35	0.00	0.00	
Heat flux HF = ho x (T2 - Ta)	W/m^2	HF	0.00	11.65	0.00	0.00	
ความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่หุ้มฉนวน Qinsl = (2 x V x (Ti - Ta))/[(2/(dixhci))+(ln(d/di)x(1/ks))+(ln(d2/d)x(1/ki))+(2/(d2xho)]	W/m	Qinsl	0.00	49.24	0.00	0.00	
อุณหภูมิผิวฉนวนที่คำนวณ Tin = Ta + Qinsl /(V x ho x d2)	°C	Tin	0.00	51.02	0.00	0.00	
การคำนวณศักยภาพการ							
ความร้อนที่สูญเสียลดลง Qsave = Qs - Qinsl	W/m	Qsave	600.22	49.24	356.23	356.23	1,361.92
ความร้อนที่ประหยัดได้ Hsave = Qsave x Le x wh x 3.6/1000	MJ/y	Hsave	41,694.64	20,165.55	14,404.23	59,094.28	135,358.70
ความร้อนของเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ Hfsave = Hsave / (V $_B$/100)	MJ/y	Hfsave	58,070.53	28,085.72	20,061.60	82,304.01	188,521.86
การคำนวณศักยภาพการประหยัดพลังงาน							

เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ Fsave = Hfsave x 1000/GH	kg/y	Fsave	3,633.95	1,757.55	1,255.42	5,150.44	11,797.36
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ Bsave = Fsave x P	฿/y	Bsave	2,907.16	1,406.04	1,004.34	4,120.35	9,437.89

จากตารางสรุปการประหยัดพลังงานจากการสูญเสียผ่านผิวท่อและวาล์วได้ดังนี้

เชื้อเพลิงไม้ฟืนที่ประหยัดได้	11,797.36	kg/ปี
คิดเป็น	0.00320	
ktoe/ปี		
ราคาไม้ฟืน	0.8	บาท/kg
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	9,437.89	บาท/ปี

พลังงานสูญเสียเนื่องจากกับดักไอน้ำ

ผลการวัดปริมาณน้ำคอนเดนเสท	=	24	kg/h
Enthalpy Feed Water (hf)	=	188.45	kJ/kg
Enthalpy Stream (hs)	=	2,756.4	kJ/kg
Energy Loss	=	L x (hs –hf)	
	=	24 x (2,756.40 – 188.45)	
	=	61,630.80	kJ/h
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (h)	=	71.8	%
ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี	=	1,440	ชั่วโมง/ปี
ชนิดเชื้อเพลิง	=	ไม้ฟืน	
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LH) ***	=	15.98	MJ/kg
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	(Q_L x ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี / 1000) / [(h / 100) x LH]	
	=	(61,630.80 x 1,440 / 1000) / [(71.8 / 100) x 15.98]	
	=	7,734.98	kg/ปี
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	7,734.98x 15.98	
	=	123,604.98	MJ/ปี
	=	0.002926	ktoe/ปี

ราคาค่าเชื้อเพลิง	=	0.8	บาท/kg
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	7,734.98x 0.8	
	=	6,187.98	บาท/ปี

รวมการประหยัดพลังงานได้ดังนี้

เชื้อเพลิงไม้ฟืนที่ประหยัดได้	=	11,797.36 + 7,734.98	kg/ปี
	=	19,532.34	kg/ปี
คิดเป็น	=	0.00320 + 0.002926	ktoe/ปี
	=	0.00613	
ktoe/ปี			
ราคาไม้ฟืน	0.8		บาท/kg
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	9,437.89 + 6,187.98	บาท/ปี
	=	15,625.87	บาท/ปี

การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าลงทุนการเชื่อมต่อท่อและค่าแรง	=	8,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	8,000 / 15,625.87	
	=	0.51	ปี

4. สรุป

ผลตอบแทนทางการเงิน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 18,000.00 บาท

ผลประหยัดต่อปี (Annual cost savings) = 56326.80 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน (Pay back Period) 0.32 ปี

ผลตอบแทนทางสิ่งแวดล้อม

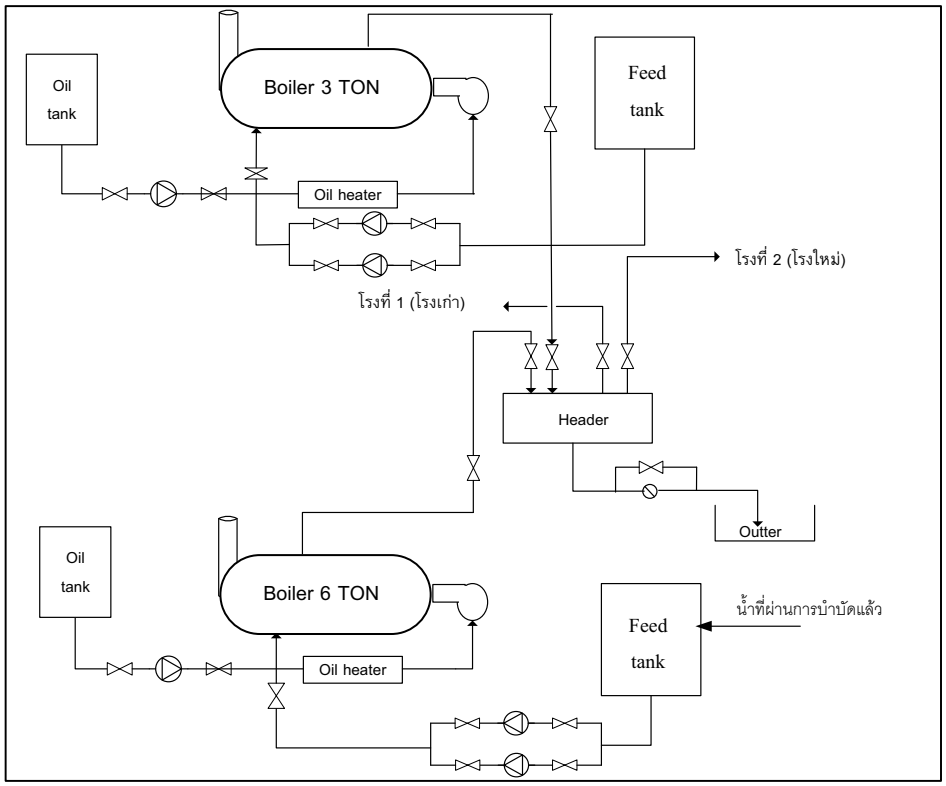
ปริมาณการใช้พลังงานลดลง = 0.03 ktoe/ปี

ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas) =

5.3 กรณีศึกษาที่ 3 หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา

5.3.1. ข้อมูลเบื้องต้น

กรณีศึกษานี้ โรงงานแห่งหนึ่งมีการใช้งานหม้อน้ำ จำนวน 2 ลูก แบบ Package Boiler สร้างโดย MP Boiler ความดันออกแบบ 10 bar อัตราการผลิตไอน้ำ 6,000 kg/hr และ 6,000 kg/hr Heating Surface 58 m^2 ติดตั้งปี 2001 หัวเผาแบบถ้วยหมุน Sunray/Rotary Burner/RBS 4-A ระบบควบคุมการเผาไหม้แบบ Modulate เชื้อเพลิง น้ำมันเตาซี ความดันไอน้ำใช้งาน 5.5-8 bar ระยะเวลาการทำงาน 15 ชั่วโมง/วัน 330 วัน/ปี ดังแสดงในรูปที่ 5.3 -1



รูปที่ 5.3-1 กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม

5.3.2 การตรวจสอบ และวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานหม้อน้ำ

ปัญหา

น้ำในหม้อน้ำมี TDS >5,000 ppm. Chloride Ion >600-900 ppm. pH >12.1 และมี Total Hardness >15 ppm. ซึ่งค่าดังกล่าวเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ทำให้เกิดปัญหาการใช้หม้อน้ำหลายประการ เช่น หม้อน้ำเกิดตะกรันง่าย ทำให้สูญเสียความร้อนออกปล่องมาก มีการกัดกร่อนในหม้อน้ำสูง ท่อไฟเล็กอายุสั้นลง และไอน้ำมีสิ่งสกปรกติดพาไป และอาจเกิด Water Hammer ในท่อจ่ายไอได้

สาเหตุที่ตรวจพบ

การดำเนินการของโรงงาน มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อน้ำ โดยมีขบวนการทำน้ำใส ใส่คลอรีน ปูนขาว โซดาไฟ สารส้ม และโพลีเมอร์ ปล่อยให้ตกตะกอนและผ่านกรองคาร์บอนผ่าน Softener

- น้ำที่ผ่านการกรองด้วยคาร์บอน มี Chloride Ion >30 ppm. เป็นค่าที่สูงผิดปกติ คาร์บอนหมดอายุหรือไม่
- น้ำที่ผ่าน Softener มี Total Hardness >16-26 ppm. เป็นค่าที่สูงผิดปกติ อาจเกิดจากน้ำมี Chloride Ion สูงจึงรบกวนการแลกเปลี่ยนประจุของเรซิน หรืออาจเกิดจากเรซินหมดอายุ
- การระบายน้ำออกจากหม้อน้ำไม่เพียงพอ ทำให้ TDS ในหม้อน้ำสูงเกินไป



รูปที่ 5.3-2 ขบวนการทำน้ำใส ใส่คลอรีน ปูนขาว โซดาไฟ สารส้ม โพลีเมอร์ การ



รูปที่ 5.3-3 การกรองด้วยคาร์บอน Softener และมีถังน้ำเกลือสำหรับล้างเรซิน

การปรับปรุงแก้ไขและการป้องกันปัญหา มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

ก. โดยการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าหม้อน้ำ ให้มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานน้ำป้อน

โรงงานมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าหม้อน้ำ โดยมีกระบวนการทำน้ำใส ใส่คลอรีน ปูนขาว โซดาไฟ สารส้ม และโพลีเมอร์ ปล่อยให้ตกตะกอนและผ่านกรองคาร์บอน ผ่าน Softener

- ตรวจสอบกรองคาร์บอน และเปลี่ยนคาร์บอนใหม่เมื่อพบว่าเสื่อมสภาพ
- ตรวจสอบสภาพเรซิน ถ้ามีสนิมเหล็กเกาะรอบเม็ดเรซิน ควรล้างด้วยกรดเกลือ 5% ถ้าเรซินแตกหรือหมดอายุ ควรเปลี่ยนใหม่
- อาจพิจารณาติดตั้งถัง Manganese Greensand เพื่อขจัดเหล็กและแมงกานีส ก่อนเข้าถัง Softener ซึ่งจะช่วยรักษาประสิทธิภาพและยืดอายุเรซิน

- จัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ผ่าน Softener หากพบความกระด้าง >2 ppm. ควรล้างด้วยน้ำเกลือทันที
- ในกรณีที่น้ำดิบมี TDS >200 ppm. ขึ้นไป และ Chloride Ion สูง อาจพิจารณาติดตั้งระบบปรับสภาพน้ำด้วย Reverse Osmosis (RO) , หรือระบบการทำน้ำบริสุทธิ์ Demineralization

ข. โดยการควบคุมคุณภาพน้ำภายในหม้อน้ำ



รูปที่ 5.3-4 อุณหภูมิไอเสียออกจากหม้อน้ำ ~240-290 ^{0}C มีการติดตั้ง Economizer อุณหภูมิปล่องไอเสีย ลดเหลือ ~160 ^{0}C TDS ในหม้อน้ำสูงมาก



รูปที่ 5.3-5 ใช้ไอน้ำแบบปล่อยผสมกับน้ำร้อนใต้ถาดผลิตฟองเต้าหู้ ใช้งานที่~80-90 ^{0}C บางครั้งมีปัญหา น้ำเต้าหู้ร้อนช้า



รูปที่ 5.3-6 ระบบ Intermittent Blow down Valve

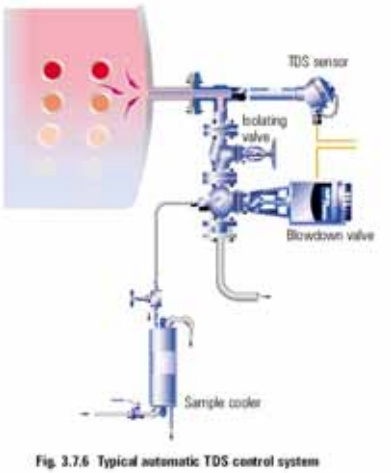


Fig. 3.7.6 Typical automatic TDS control system

รูปที่ 5.3-7 Continuous Blow down

wn Va w

- down และระยะเวลาในการเปิดวาล์วให้เหมาะสม โดยควบคุม TDS ในหม้อน้ำให้มีค่าไม่เกิน 3500 ppm ทั้งนี้ต้องมีการเก็บตัวอย่างของน้ำที่ระบาย มาตรวจสอบ TDS อย่างน้อย กะละครั้ง วิธีนี้ จะลดปัญหาไอน้ำมีน้ำปนมาก (Carry Over) ลง น้ำเต้าหู้จะร้อนเร็วขึ้น แต่หม้อน้ำมีการสูญเสียน้ำและความร้อนจากการ Blow down สิ้นเปลืองน้ำและเชื้อเพลิง
- **ติดตั้งระบบวาล์วระบายน้ำแบบต่อเนื่อง (Continuous Blow down Valve)** เพิ่มจากวิธีแรก ระบบนี้จะเน้นการระบายน้ำที่ผิวน้ำ (Surface Blow down) โดยติดตั้ง Electric Conductivity Sensor เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมการเร่งหรี่วาล์วระบายอัตโนมัติ ตามความเข้มข้นของ EC วิธีนี้สามารถนำน้ำร้อนจากการระบายไปเข้า Flash Vessel เพื่อแยกไอน้ำความดันต่ำไปใช้งาน เช่น อุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำในถังไล่อากาศ และแยกน้ำร้อนไปเข้าเครื่อง Heat Exchanger เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมันเตาหรือน้ำป้อนหม้อน้ำ จะลดปัญหาไอน้ำมีน้ำปนมากลง การสูญเสียน้ำยังสูงเหมือนวิธีแรก แต่สามารถนำความร้อนที่สูญเสียจากการ Blow down กลับมาใช้ใหม่ ทำให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลง

5.3.3 การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในหม้อน้ำ

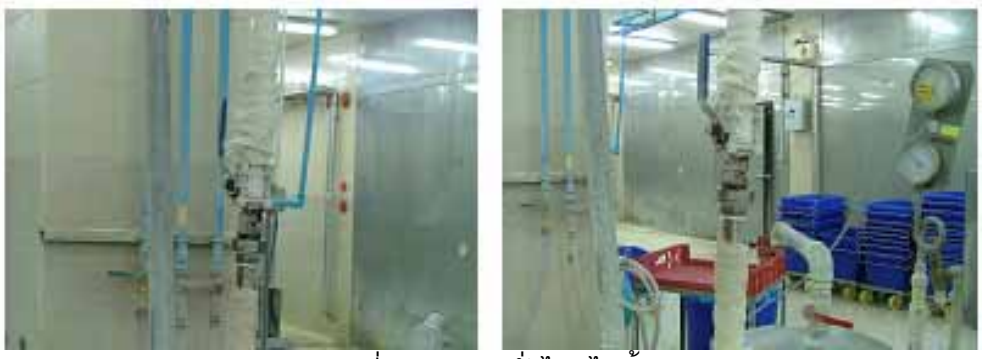
จากการวิเคราะห์ระบบไอน้ำอุตสาหกรรม พบว่ายังมีบางจุดที่มีการใช้พลังงานเกินความจำเป็นและมีการสูญเสียของพลังงานสูง ซึ่งหากมีการปรับปรุงก็จะทำให้ประหยัดพลังงานและระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ ดังมาตรการต่อไปนี้

ก) มาตรการ การซ่อมรอยรั่วไอน้ำ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำ พบจุดรั่วไหลของไอน้ำบริเวณท่อก่อนส่งเข้าเครื่องซักผ้า ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียไอน้ำ สูญเสียความร้อนและพลังงาน ทางโรงงานจึงได้ทำแก้ไขรอยรั่วไอน้ำดังกล่าว ซึ่งช่วยทำให้ลดการสูญเสียความร้อนและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 5.3-8 จุดรั่วไหลไอน้ำ

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จุดรั่วไหลของท่อไอน้ำ ก่อนส่งไอน้ำเข้าสู่เครื่องซักผ้า ความดันจุดงาน 3 bar เทียบเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางรอยรั่วประมาณ 2.5 mm มีการชั่งาน 15 ชั่วโมง 330 วัน/ปี

ความดันจุดใช้งาน (P)	3 bar	
ขนาดรอยรั่วไหล (D)	2 mm	
จำนวนรอยรั่วไหล	3 จุด	
อัตราการรั่วไหลของไอน้ำ	= $0.4D^2(P+1.013)n$	kg/h
	= 0.4x2^2 (3+1.013)x3	
อัตราการรั่วไหลของไอน้ำ	= 19.26	kg/h
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ	= 79.59 %	
ค่าความร้อนที่ความดันหม้อน้ำผลิตที่ 8 bar	= 2774.00	kJ/kg
ค่าความร้อนของน้ำป้อนหม้อน้ำอุณหภูมิ 95 ^{o} C	= 397.86	kJ/kg
ค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันเตา C	= 41,280	kJ/kg
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= 19.26 x (2774.00 – 397.86)/(79.59/100 x 41,280)	
	= 1.39	ลิตร/ชั่วโมง
ชั่วโมงการทำงาน	= 4,950	ชั่วโมง/ปี
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= 1.39 x 4,950	
	= 6,881	
	= 250,588	MJ/ปี
	= 0.005932	ktoe/ปี
ราคาน้ำมันเตา C เฉลี่ย	= 18.53	บาท/ลิตร
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 6,880.50 x 18.53	
	= 127,495.67	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	ไม่มี	

บทสรุป

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้งานหม้อน้ำอุตสาหกรรมและดำเนินการตามมาตรการด้านหม้อน้ำอุตสาหกรรม เพื่อให้มีความปลอดภัยและประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ทำให้ได้รับ

ผลตอบแทนทางการเงิน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	-	
ผลประหยัดต่อปี (Annual cost savings)	= 127,495.67	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน (Pay back Period)	-	ปี

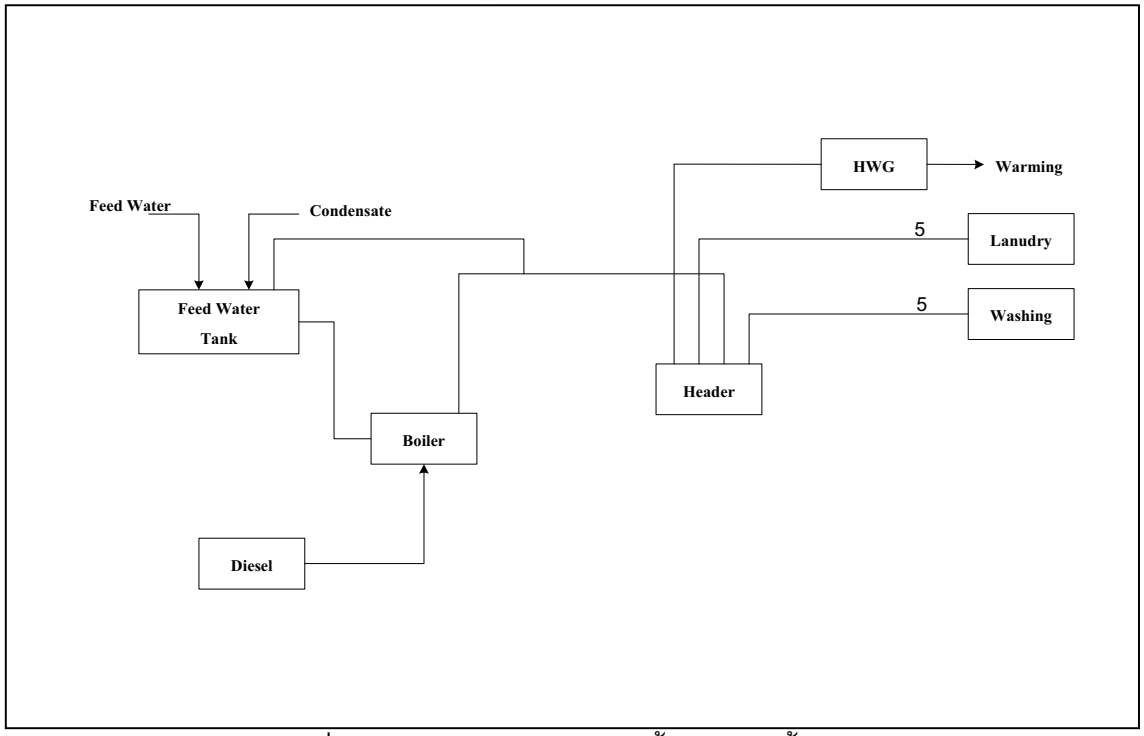
ผลตอบแทนทางสิ่งแวดล้อม

ลดปริมาณการใช้พลังงาน	= 0.005932	koe/ปี
ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas)	=	

5.4 กรณีศึกษาที่ 4 หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

5.4.1 ข้อมูลเบื้องต้น

หม้อน้ำ Package Boiler แบบท่อไฟ สร้างโดย HOVAL หมายเลขเครื่อง 94363 ความดันออกแบบ 11 bar อัตราการผลิตไอน้ำ 1000 kg/hr Heating Surface 15.45 m^2 ติดตั้งปี พ.ศ. 2538 หัวเผาแบบ Pressure Atomize ระบบควบคุมการเผาไหม้แบบ High Fire-Low Fire ใช้เชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล ความดันไอน้ำใช้งาน 7 bar และผลิตไอน้ำไปใช้กับเครื่องซักรีดและอุปกรณ์ฆ่าเชื้อทางการแพทย์ ดังแสดงในรูปที่ 5.4-1



รูปที่ 5.4-1 กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม

5.4.2 การตรวจสอบ และวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานหม้อน้ำ

มีการตรวจวิเคราะห์ไอเสียเมื่อ 7/4/2552 อุณหภูมิปล่อง 321 ^{0}C ,
ในก๊าซไอเสีย O_2 = 2.7% , CO_2 = 13.5% , CO = 777 ppm

ประเด็นปัญหา

- ปริมาณ O_2 , CO_2 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก แต่ CO ค่อนข้างสูงเกินไป อาจทำให้เกิดเขม่าควัน
- **หม้อน้ำเดิน Low Fire เหตุใดอุณหภูมิปล่องจึงสูงผิดปกติ**

1. เมื่อ เมษายน 2552 จุดเตาไม่ติด ช่างตรวจพบว่าหัวฉีดเปียก จึงมีการล้างหัวฉีดและไส้กรองน้ำมัน




รูปที่ 5.4-2 สภาพหม้อน้ำและระบบที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นปัญหา

- หม้อน้ำเครื่องนี้ใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ง่าย
  เหตุใดจึงจุดเตายาก ? ความดันน้ำมันที่หัวฉีดต่ำไปหรือไม่ ? หัวฉีดสกปรกอุดตันหรือไม่

ข้อมูลเพิ่มเติมจากช่าง

- ปั๊มหัวฉีดเคยมีการซ่อมรุด และได้เปลี่ยนใหม่เมื่อปี 2551 แล้ว

2. จากประเด็นปัญหาใน 1 และ 2 จึงได้ให้ช่างช่วยเปิดฝาหน้าหม้อน้ำ เพื่อตรวจสภาพผิวสัมผัสไฟ ซึ่งพบว่า **ห้องเผาไหม้เป็นแบบ Reversing Chamber** มีคราบเขม่าและถ่านก้อนแข็งเกาะอยู่ที่ผนังท่อไฟใหญ่ด้านขวา ห่างจากหัวเผา~50 cm แต่โดยทั่วไป ไม่มีสิ่งผิดปกติที่หัวเผา





รูปที่ 5.4-3 ห้องเผาไหม้หม้อน้ำ

ประเด็นปัญหา

- น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสะอาดและเผาไหม้ง่าย การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้แบบ Reversing Chamber เปลวไฟจะวิ่งย้อนกลับในห้องเผาไหม้ โดยปกติการเผาไหม้จะสมบูรณ์มาก เนื่องจากมีองค์ประกอบที่ส่งเสริมการเผาไหม้ให้สมบูรณ์คือ มีเวลาในการเผาไหม้เพิ่มขึ้น และมีอุณหภูมิในการเผาไหม้สูงขึ้น
  เหตุใดจึงมีคราบเขม่าและถ่านก้อนแข็งในห้องเผาไหม้ ?
  และเหตุใด CO ในก๊าซไอเสียจึงเกิน 690 ppm ซึ่งสูงเกินค่ามาตรฐาน ?
  ข้อสงสัย มีน้ำหรือโคลนปนอยู่ในน้ำมันหรือไม่ ?

3. จากประเด็นปัญหาและข้อสงสัยใน 1 , 2 และ 3 จึงได้มีการเปิดวาล์วระบายใต้ถังน้ำมันดีเซล และระบายน้ำมันลงสู่ภาชนะใส ซึ่งพบว่า **มีน้ำสกปรกปนอยู่ในน้ำมันดีเซล** ตามรูปที่ 5.4-4



รูปที่ 5.4-4 น้ำสกปรกและสิ่งเจือปนในน้ำมันดีเซล

ประเด็นปัญหา

- น้ำสกปรกมาจากไหน ? และปนอยู่ในน้ำมันดีเซลได้อย่างไร?

สาเหตุ

- เกิดจาก เมื่อปี 2550 ท่อส่งน้ำมันดีเซลเคยแตกรั่วระหว่างถังใหญ่กับถังใช้งานประจำวัน โดยมีการรั่วปริมาณมากและไหลลงไปที่บ่อน้ำเสีย ได้มีการสูบน้ำมันจากบ่อน้ำเสีย เติมกลับเข้าถังใช้งานประจำวัน จึงทำให้มีน้ำสกปรกปนเปื้อนอยู่กับน้ำมันดีเซล
- ปัญหาการเผาไหม้ ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการชำรุดของปั๊มหัวฉีดเมื่อปี 2551 จึงเกิดจากการเติมน้ำมันดีเซลที่มีน้ำสกปรกปนเปื้อนเข้าสู่ถังนี้ด้วย

การแก้ไขและป้องกันปัญหา

- ควรถ่ายน้ำมันดีเซลที่มีน้ำสกปรกปนเปื้อนออกจากถังทั้งหมด และทำความสะอาดถัง ท่อส่งน้ำมัน ไส้กรองน้ำมัน และหัวฉีด ให้สะอาดทั้งหมด

4. จากบันทึกรายงานประจำวัน ปล่องไอเสียมีอุณหภูมิ 180 ^{0}C ตลอดเวลา มีการบันทึกถึงเดือน มิ.ย. 52

ประเด็นปัญหา

- อุณหภูมิปล่อง ปกติจะเปลี่ยนแปลงตามภาระการใช้งาน เหตุใดอุณหภูมิปล่องไอเสียจึงคงที่ ? มีการจดบันทึกจากค่าจริงหรือไม่? เกจน์วัดอุณหภูมิปล่องไอเสียชำรุดหรือผิดปกติหรือไม่ ?

ข้อแนะนำ

- บันทึกรายงานประจำวัน มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับวิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญ เพราะเป็นข้อมูลที่บ่งชี้ปัญหา สาเหตุหรือแนวโน้มที่จะเกิดความบกพร่องของหม้อน้ำ (ทั้งด้านความปลอดภัย สิ่งแวดล้อมและพลังงาน) จึงควรจดบันทึกทุกวัน โดยจัดทำเป็นรายชั่วโมง และต้องบันทึกจากค่าจริง สำหรับอุณหภูมิปล่องไอเสีย ควรบันทึกในขณะที่หัวเผากำลังทำงาน สำหรับเกจน์วัดอุณหภูมิปล่อง ควรได้รับการตรวจสอบและปรับค่าความถูกต้องปีละครั้ง

5. เริ่มติดเตาเวลา 8.00 น. ต้องรอจนกระทั่งเวลา 10.00 น. จึงใช้ไอน้ำได้ที่ความดัน ~7 bar ช่วงเวลาการใช้งานปกติ จะใช้ระหว่างเวลา 8.00 -12.00 น.

ประเด็นปัญหา

- เครื่องทำน้ำอ่อน มีการเปลี่ยนเรซินใหม่เมื่อประมาณ 1 ปีที่ผ่านมา ปัจจุบันยังไม่เคยล้างเรซินด้วยน้ำเกลือ ไม่ได้ใช้สารเคมีปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อน้ำ ยังไม่มีการตรวจสภาพภายในหม้อน้ำ และยังไม่เคยล้างตะกรันด้วยสารเคมี
  ผลิตไอน้ำได้ช้ามาก การถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนผ่านผิวสัมผัสไฟสู่น้ำในหม้อน้ำ มีอุปสรรคจากตะกรันหรือไม่ ?

ข้อแนะนำ

- ควรล้างเครื่องทำน้ำอ่อนด้วยน้ำเกลือ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง เพื่อฟื้นฟูสภาพเรซินให้มีประจุสำหรับจับตะกรันออกจากน้ำป้อน ตลอดเวลา
- ควรมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำป้อนและน้ำในหม้อน้ำ และปรับปรุงให้เหมาะกับหม้อน้ำ
- ควรจัดให้มีการตรวจทดสอบความปลอดภัยหม้อน้ำ โดยมีการตรวจสภาพทั้งภายนอก ภายในหม้อน้ำและตรวจสภาพการทำงานของอุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆทั้งหมด หากพบตะกรันในหม้อน้ำหนาเกิน 1 mm ควรจัดให้มีการล้างตะกรันด้วยสารเคมีอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยก่อนตรวจสอบ ควรเตรียมปะเก็นฝาหอยต่างๆไว้ให้พร้อม

ประเด็นปัญหา

- ห้องเผาไหม้เป็นแบบ Reversing Chamber ก๊าซร้อนจากท่อไฟใหญ่จะไหลผ่านท่อไฟเล็กเพียงกลับเดียว แล้วระบายออกปล่องเลย ก๊าซร้อนจึงมีเวลาในการถ่ายเทความร้อนน้อย อุณหภูมิออกปล่อง จึงอาจสูงกว่าหม้อน้ำที่ให้ก๊าซร้อนไหลผ่านท่อไฟเล็กแบบหลายกลับ

  มีการชลอความเร็วหรือเพิ่มระยะทางในการไหลของก๊าซร้อนที่ไหลผ่านท่อไฟเล็กหรือไม่ ?หรือ มีการบังคับให้ก๊าซร้อนไหลผ่านท่อไฟเล็กแบบปั่นป่วน (Turbulence Flow) หรือไม่ ?

ข้อมูลจากการตรวจสอบ

- ท่อไฟเล็กเดิมขนาด Ø 48.3 mm. ยาว 1890 mm.จำนวน 46 ท่อ เป็นท่อไฟเล็กแบบเรียบ ที่มีการบีบท่อให้เกิดรอยบุบเข้าหากันทุกระยะ~150 mm. เพื่อชลอการไหลของก๊าซร้อนแต่มีการชำรุดรั่วซึม (ปัจจุบันใช้ทำเหล็กกั้นรถ ตัวอย่างตามรูป) และได้มีการเปลี่ยนใหม่ทั้งหมดเมื่อปลายปี 2549



รูปที่ 5.4-5 ท่อไฟเล็กก๊าซร้อน

สาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิปล่องไอเสียสูงผิดปกติ

- ท่อไฟเล็กปัจจุบันเป็นแบบเรียบธรรมดา การไหลของก๊าซร้อนสามารถไหลผ่านท่อไฟเล็กได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ก๊าซร้อนมีเวลาถ่ายเทความร้อนน้อยเกินไป กรณีนี้เป็นสาเหตุโดยตรง ที่ทำให้หม้อน้ำเครื่องนี้ สูญเสียความร้อนออกปล่องมาก และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก

การแก้ไข

- ให้ใช้ขดลวดสปริงที่มีขนาดเล็กกว่าท่อไฟเล็กเล็กน้อย ขนาดของเส้นลวด Ø ~2.5-5.0 mm. สอดไว้ในท่อไฟเล็กทุกท่อ ความยาวเท่ากับหรือสั้นกว่าท่อไฟเล็กเล็กน้อย เพื่อบังคับให้ก๊าซร้อนไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ผ่านท่อไฟเล็ก เป็นการเพิ่มระยะทางและเวลาในการไหลของก๊าซร้อนที่ไหลผ่านท่อไฟเล็ก และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน
- การใส่ขดลวดสปริงไว้ในท่อไฟเล็ก อาจทำให้เกิดความต้านทานในการไหลของก๊าซร้อนมากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณอากาศช่วยเผาไหม้ลดลง จึงต้องมีการตรวจวิเคราะห์ไอเสียและปรับแต่งการเผาไหม้ใหม่

6. ที่ถังเก็บน้ำป้อนหรือถังไล่อากาศ (Deaerator) ปกติจะอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำให้มีอุณหภูมิ~100^{0}C

ประเด็นปัญหา

- เมื่อมีการใช้ไอน้ำที่เครื่องรีดใหญ่และเครื่องอบผ้า ซึ่งจะมี Condensate ระบายออกจากเครื่องดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิกส์ ป้อนกลับสู่ถังไล่อากาศ พบว่า มักจะมีไอน้ำระบายออกที่ท่อด้านบนของถังมาก

สาเหตุ

- กรณีที่ 1 มีไอน้ำระบายออกบนถังไล่อากาศ (Deaerator) อาจเกิดจากการทำงานปกติของถังไล่อากาศ เนื่องจากถังไล่อากาศจะใช้ไอน้ำจากหม้อน้ำ ผ่านวาล์วลดความดันและจ่ายเข้าถังไล่อากาศ โดยปล่อยไอน้ำผสมกับน้ำโดยตรง ไอน้ำที่เห็น จึงอาจเกิดจากอากาศและไอน้ำที่ระบายผ่านวาล์วไล่อากาศโดยตรง ซึ่งเป็นเรื่องปกติ
- กรณีที่ 2 มีไอน้ำระบายออกบนถังไล่อากาศ (Deaerator) อาจเกิดจากเครื่องดักไอน้ำจากเครื่องใช้ไอน้ำต่างๆ มีการชำรุดรั่วซึม หรือมีการเปิดวาล์วคู่ขนาน (by pass valve) ค้างไว้

การแก้ไข

- กรณีที่ 1 ไม่จำเป็นต้องแก้ไข และห้ามปิดรูระบายอากาศหรือไอน้ำ เพราะอาจทำให้ถังระเบิดจากความดันสูงเกินไป
- กรณีที่ 2 ควรตรวจสอบการรั่วของเครื่องดักไอน้ำจากเครื่องใช้ไอน้ำต่างๆ เป็นประจำ และหลีกเลี่ยงการเปิดวาล์วคู่ขนาน (by pass valve) ค้างไว้

ประเด็นปัญหา

- **ถังไล่อากาศ** (Deaerator) ติดตั้งสูงจากปั๊มน้ำเพียง ~1-2 m การอุ่นน้ำที่อุณหภูมิ ~100 ^{0}C อาจทำให้ปั๊มน้ำชำรุดและอาจสูบน้ำไม่เข้าหม้อน้ำ

สาเหตุ

- ถังไล่อากาศ (Deaerator) ที่ติดตั้งสูงจากปั๊มน้ำน้อยเกินไปหรืออุ่นน้ำที่อุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้น้ำในท่อดูดน้ำเดือดเป็นไอหรือเกิด Cavitation ที่หน้าปั๊มน้ำ

การแก้ไข ป้องกัน

ถ้าอุ่นน้ำที่อุณหภูมิ ~100 ^{0}C ควรยกถังไล่อากาศ (Deaerator) ให้สูงจากปั๊มน้ำ ไม่น้อยกว่า~5.0 m หรือลดอุณหภูมิในการอุ่นน้ำป้อนลง

5.4.3 การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในหม้อน้ำ

จากการวิเคราะห์ระบบไอน้ำอุตสาหกรรม พบว่ายังมีบางจุดที่มีการใช้พลังงานเกินความจำเป็นและมีการสูญเสียของพลังงานสูง ซึ่งหากมีการปรับปรุงก็จะทำให้ประหยัดพลังงานและระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ ดังมาตรการต่อไปนี้

ก) มาตรการลดรอยรั่วท่อไอน้ำ

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำ พบจุดรั่วไหลของไอน้ำบริเวณท่อก่อนส่งเข้าเครื่องซักผ้า ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียไอน้ำ สูญเสียความร้อนและพลังงาน ทางโรงงานจึงได้ทำแก้ไขรอยรั่วไอน้ำดังกล่าว ซึ่งช่วยทำให้ลดการสูญเสียความร้อนและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้

ปัญหาของอุปกรณ์และระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำ พบจุดรั่วไหลของไอน้ำบริเวณท่อก่อนส่งเข้าเครื่องซักผ้า



รูปที่ 5.4.-6 จุดรั่วไหลไอน้ำ

สภาพหลังปรับปรุง

ได้ดำเนินการซ่อมแซมรอยรั่วของไอน้ำตามจุดดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้สามารถลดการสูญเสียความร้อนและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ และเป็นการใช้พลังงานความร้อนให้เกิดประโยชน์สูงสุด



รูปที่ 5.4-7 ผลสำรวจหลังปรับปรุง

ระยะเวลาดำเนินการ	1 เดือน	
เงินลงทุน	- บาท	
ผลประหยัดที่ได้	15,131.51	บาท
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง	0.00056	ktoe
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี

ข้อเสนอแนะ

ควรตรวจสอบสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบส่งจ่ายไอน้ำเป็นประจำ เพื่อจะได้ทราบสภาพการใช้งาน และหากเกิดการรั่วไหลของไอน้ำ จะได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้ทันที

วิธีคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จุดรั่วไหลของท่อไอน้ำ ก่อนส่งไอน้ำเข้าสู่เครื่องซักผ้า ความดันจุดใช้งาน 2 bar เทียบเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางรอยรั่วประมาณ 3 มิลลิเมตร มีการใช้งาน 2 ชั่วโมง 365 วัน/ปี

ความดันจุดใช้งาน	2 bar	
ขนาดรอยรั่ว (D)	3 mm	
จำนวนรอยรั่วไอน้ำ	1 จุด	
อัตรารั่วไหลของไอน้ำ (Q)	$= 0.4xD^2x(P+1.013)x\ n$	kg/h
	$= 0.4x3^2x(2+1.013)x1$	kg/h
	= 10.85	kg/h
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ	= 78.98 %	
ค่าความร้อนที่ความดันหม้อน้ำผลิตที่ 8 bar	= 2769.10	kJ/kg
ค่าความร้อนของน้ำป้อนหม้อน้ำอุณหภูมิ 95 ^{o} C	= 397.86	kJ/kg
ค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล	= 36,420	kJ/kg

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ = 10.85 x (2769.10 – 397.86)/(78.98/100 x 36,420)

	= 0.89	ลิตร/ชั่วโมง
ชั่วโมงการทำงาน	= 730	ชั่วโมง/ปี
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= 0.89 x 730	
	= 650	
	= 23,662	MJ/ปี
	= 0.00056	ktoe/ปี
ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย	= 23.29	บาท/ลิตร
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 650 x 23.29	
	= 15,131.51	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	ไม่มี	

บทสรุป

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้งานหม้อน้ำอุตสาหกรรม และดำเนินการตามมาตรการด้านหม้อน้ำอุตสาหกรรม เพื่อให้มีความปลอดภัยและประหยัดพลังงานได้มากขึ้น

ผลตอบแทนทางการเงิน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน - บาท

ผลประหยัดต่อปี (Annual cost savings) = 15131.51 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน (Pay back Period) - ปี

ผลตอบแทนทางสิ่งแวดล้อม

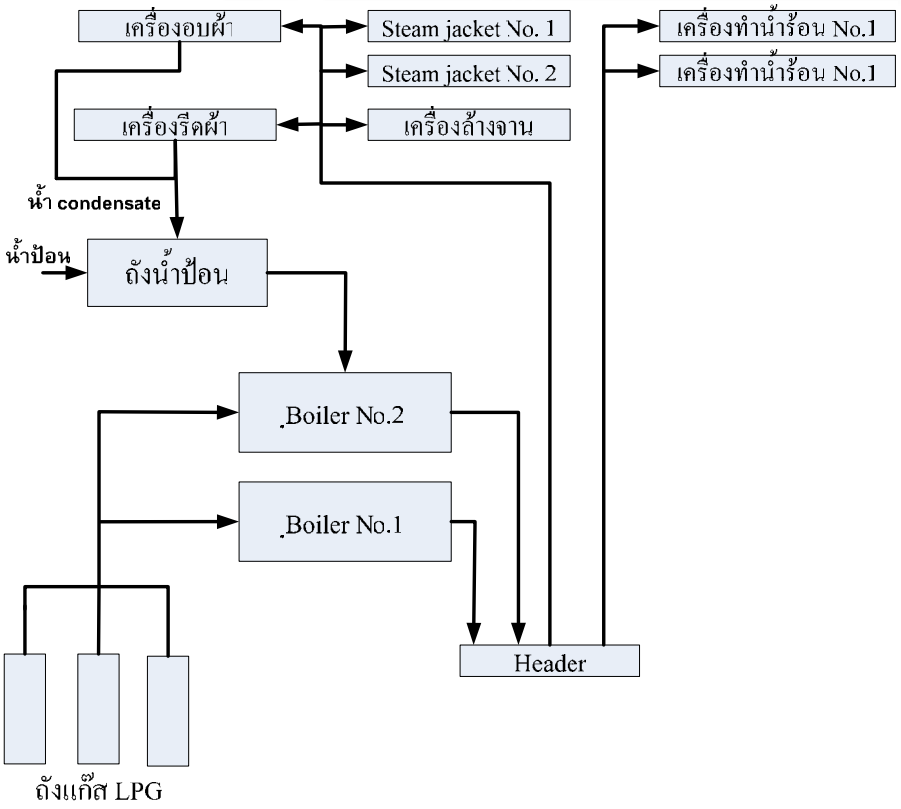
ปริมาณการใช้พลังงานลดลง = 23,662 MJ/ปี หรือ 0.00056 ktoe/ปี (ดีเซล)

ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas)

5.5 กรณีศึกษาที่ 5 หม้อน้ำ แบบใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม LPG

5.5.1 ข้อมูลเบื้องต้น

หม้อน้ำ Package Boiler สร้างโดย Cleaver Brooks ความดันออกแบบ 10 bar อัตราการผลิตไอน้ำ 2,400 kg/hr Heating Surface 69.7 m^2 ติดตั้งปี 1995 หัวเผาก๊าซ ระบบควบคุมการเผาไหม้แบบ Modulate เชื้อเพลิง LPG ความดันไอน้ำใช้งาน 7 bar ดังแสดงในรูปที่ 5.5-1



รูปที่ 5.5-1
กระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อน้ำอุตสาหกรรม

5.2.2 การตรวจสอบ และวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานหม้อน้ำ

1. **ประเด็นปัญหา ความดันไอน้ำใช้งาน**

เริ่มติดเตาเวลา 8.00 น. ต้องรอจนกระทั่งเวลา 10.00 น. จึงใช้ไอน้ำได้ที่ความดัน ~7 bar ช่วงเวลาการใช้งานปกติ จะใช้ระหว่างเวลา 8.00 -12.00 น.

ข้อแนะนำ

ควรล้างเครื่องทำน้ำอ่อนด้วยน้ำเกลือ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง เพื่อฟื้นฟูสภาพเรซินให้มีประจุสำหรับจับตะกรันออกจากน้ำป้อน ตลอดเวลา

ควรมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำป้อนและน้ำในหม้อน้ำ และปรับปรุงให้เหมาะกับหม้อน้ำ

2. ที่ถังเก็บน้ำป้อนหรือถังไล่อากาศ (Deaerator) ปกติจะอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำให้มีอุณหภูมิ ~ 100 ^{0}C

เมื่อมีการใช้ไอน้ำที่เครื่องรีดใหญ่และเครื่องอบผ้า ซึ่งจะมี Condensate ระบายออกจากเครื่องดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิกส์ ป้อนกลับสู่ถังไล่อากาศ พบว่า มักจะมีไอน้ำระบายออกที่ท่อด้านบนของถังมาก

สาเหตุ

กรณีที่ 1 มีไอน้ำระบายออกบนถังไล่อากาศ (Deaerator) อาจเกิดจากการทำงานปกติของถังไล่อากาศ เนื่องจากถังไล่อากาศจะใช้ไอน้ำจากหม้อน้ำ ผ่านวาล์วลดความดันและจ่ายเข้าถังไล่อากาศ โดยปล่อยไอน้ำผสมกับน้ำโดยตรง ไอน้ำที่เห็น จึงอาจเกิดจากอากาศและไอน้ำที่ระบายผ่านวาล์วไล่อากาศโดยตรง ซึ่งเป็นเรื่องปกติ

กรณีที่ 2 มีไอน้ำระบายออกบนถังไล่อากาศ (Deaerator) อาจเกิดจากเครื่องดักไอน้ำจากเครื่องใช้ไอน้ำต่างๆ มีการชำรุดรั่วซึม หรือมีการเปิดวาล์วคู่ขนาน (by pass valve) ค้างไว้

การแก้ไข

กรณีที่ 1 ไม่จำเป็นต้องแก้ไข และห้ามปิดรูระบายอากาศหรือไอน้ำ เพราะอาจทำให้ถังระเบิดจากความดันสูงเกินไป

กรณีที่ 2 ควรตรวจสอบการรั่วของเครื่องดักไอน้ำจากเครื่องใช้ไอน้ำต่างๆ เป็นประจำ และหลีกเลี่ยงการเปิดวาล์วคู่ขนาน (by pass valve) ค้างไว้

3. ถังน้ำป้อนหรือถังไล่อากาศ (Deaerator) มีการอุ่นน้ำที่อุณหภูมิ~100 ^{0}C แต่ติดตั้งสูงจากปั๊มน้ำเพียง~1-2 m อาจทำให้สูบน้ำไม่เข้าหม้อน้ำและปั๊มน้ำชำรุดง่าย

สาเหตุ

ถังไล่อากาศ (Deaerator) ที่มีการอุ่นน้ำที่อุณหภูมิสูงใกล้จุดเดือดของน้ำ แต่ติดตั้งถังสูงจากปั๊มน้ำน้อยเกินไป จะทำให้น้ำในท่อดูดน้ำเดือดเป็นไอหรือเกิด Cavitation ที่หน้าปั๊มน้ำ เป็นเหตุทำให้ความดันในการป้อนน้ำต่ำ และใบพัดของเครื่องสูบน้ำเกิดการชำรุดจากการกัดกร่อนของโพรงอากาศ

การแก้ไขและป้องกัน

ถ้าอุ่นน้ำที่อุณหภูมิ~100 ^{0}C ควรยกถังน้ำป้อนหรือถังไล่อากาศ (Deaerator) ให้สูงจากปั๊มน้ำไม่น้อยกว่า~5.0 m ถ้าไม่สามารถยกถังน้ำป้อนให้สูงขึ้น ควรลดอุณหภูมิในการอุ่นน้ำลง ให้เหลือไม่เกิน 90 ^{0}C

4. ปัญหา มีการนำน้ำร้อน(Condensate) จากเครื่องใช้ไอน้ำ (เครื่องรีดใหญ่และเครื่องอบผ้า) มาแฟลชเป็นไอน้ำความดันต่ำที่ Flash Vessel แล้วจ่ายไอน้ำให้ถังผลิตน้ำร้อน แต่หลังจากเวลา ~10.00 น. จะมีความดันสูงมาก~2.5-3.0 barg. ในขณะเดียวกันเครื่องรีดใหญ่และเครื่องอบผ้าไม่ค่อยร้อน และอาจต้องเปิดวาล์วคู่ขนานที่ Steam Trap ช่วยระบาย Condensate

สาเหตุ

1.หลังจากเวลา ~10.00 น. โรงแรมจะมีการใช้น้ำร้อนน้อยมาก น้ำร้อนในถังผลิตน้ำร้อน จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดตามที่ตั้งค่าไว้~60 ^{0}C Thermostat ที่ควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนจึงปิดวาล์วไอน้ำที่ป้อนเข้าถังผลิตน้ำร้อน

2.เมื่อถังผลิตน้ำร้อน ไม่มีการนำไอน้ำความดันต่ำจากการแฟลชเป็นไอของ Condensate ที่ Flash Vessel ไปใช้งาน จึงมีไอน้ำสะสมที่ Flash Vessel จนความดันไอน้ำสูงขึ้น และเกิดความดันย้อนกลับสู่เครื่องดักไอน้ำ มีผลทำให้เครื่องดักไอน้ำระบาย Condensate ได้น้อยลง เครื่องรีดใหญ่และเครื่องอบผ้าจึงไม่ค่อยร้อน พนักงานจึงมักเปิดวาล์ว by pass ที่ Steam Trap ค้างไว้ เพื่อช่วยระบายคอนเดนเสด จนเกิดการรั่วของไอน้ำขึ้น

การแก้ไขและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไอน้ำ

ไอน้ำความดันต่ำจากการแฟลชเป็นไอของ Condensate ที่ Flash Vessel ควรนำไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง ในกรณีนี้ สามารถนำไอน้ำความดัน ~2.0-3.0 barg. ไปใช้งานเพิ่มจากเดิมดังนี้

1.นำไปใช้กับเครื่องรีดผ้าเล็ก โดยเดินท่อจ่ายไอน้ำจาก Flash Vessel ซึ่งติดตั้งอยู่ชั้นล่าง ไปเข้าท่อจ่ายไอน้ำความดันต่ำระหว่างเครื่องรีดผ้าเล็กกับวาล์วลดความดัน

2.นำไปใช้อุ่นน้ำในถังน้ำป้อนหรือถังไล่อากาศ (Deaerator) แต่ควรยกถังไล่อากาศให้สูงกว่าเครื่องสูบน้ำอย่างน้อย 5 เมตร เพื่อป้องกันการเกิด Cavitation

5.5.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

จากการวิเคราะห์ระบบไอน้ำอุตสาหกรรม พบว่ายังมีบางจุดที่มีการใช้พลังงานเกินความจำเป็นและมีการสูญเสียของพลังงานสูง ซึ่งหากมีการปรับปรุงก็จะทำให้ประหยัดพลังงานและระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ ดังมาตรการต่อไปนี้

ก) มาตรการ การปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม

จากการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำ พบว่าออกซิเจน O2 ส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำเท่ากับ 6% ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานโดยค่า %O2 ในไอเสียที่วัดได้ ควรมีค่าประมาณ 1-2 % สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซ ซึ่งมีค่าสูงเกินมาตฐานทำให้สูญเสีย




รูปที่ 5.5-2 ผลการตรวจวัดก่อนปรับปรุงการเผาไหม้

สภาพหลังปรับปรุง

จากการดำเนินการปรับลดปริมาณอากาศที่หัวเผา เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อนที่ติดไปกับก๊าซร้อนเสีย ผ่านทางปล่องควันหม้อน้ำให้ลดลง สามารถลดค่าออกซิเจนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้เหลือประมาณ 4.16%



รูปที่ 5.5-3 ผลการตรวจวัดหลังปรับปรุงการเผาไหม้

ระยะเวลาดำเนินการ	1	วัน
เงินลงทุน	80,000.00	บาท
ผลประหยัดที่ได้	87,328.20	บาท
ปริมาณเชื้อเพลิง	0.000119	ktoe
ระยะเวลาคืนทุน	0.92	ปี

ข้อเสนอแนะ

ควรตรวจสอบปริมาณอากาศที่หัวเผาของหม้อน้ำเป็นประจำเพื่อให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยการตรวจวัดค่าออกซิเจนที่ปล่องไอเสียให้มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานให้ใกล้เคียง 1-2%

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

โรงงานทำการปรับปรุงการเผาไหม้จากการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำด้วยค่าออกซิเจน O_2 ส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำ เท่ากับ 6.0% ซึ่งมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ 80.0% เป็น 4.16% ประสิทธิภาพการเผาไหม้เป็น 85.2% เดิมอาคารมีการใช้พลังงานจาก น้ำมันเตา C ได้เปลี่ยนมาใช้พลังงานจาก LPG คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 1 ปี เท่ากับ 7693,739.66 MJ/ปี

ก่อนปรับปรุง

ปริมาณออกซิเจน	6	%
อุณหภูมิไอเสีย	199.2	^{o}C
ประสิทธิภาพการเผาไหม้	80	%

หลังปรับปรุง

ปริมาณออกซิเจน	4.16	%
อุณหภูมิไอเสีย	191.8	°C
ประสิทธิภาพการเผาไหม้	85.2	%

ผลประหยัด

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด	7,693,739.66	MJ/ปี
เนื่องจากมีความเสถียรน้อยจึงใช้แฟคเตอร์การคำนวณ	0.50	
คิดเป็นพลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	(85.2-80.0)/85.2 x 7,693,740 x 0.50	
	= 234,785.48	MJ/ปี
ค่าความร้อนของ LPG	= 46.70	MJ/kg
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= 234,785.48/46.70	
	= 5,027.53	kg/ปี
ราคา LPG เฉลี่ย	= 17.37	บาท/kg
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 5,027.53 x 17.37	
	= 87,328.20	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	= 80,000.00	
ระยะเวลาคืนทุน	= 80,000.00/87,328.20	ปี
	= 0.92	ปี

บทสรุป

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้งานหม้อน้ำอุตสาหกรรม และดำเนินการตามมาตรการด้านหม้อน้ำอุตสาหกรรม เพื่อให้มีความปลอดภัยและประหยัดพลังงานได้มากขึ้น

ผลตอบแทนทางการเงิน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 80,000 บาท

ผลประหยัดต่อปี (Annual cost savings) = 87,328.20 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน (Pay back Period) 0.92 ปี

ผลตอบแทนทางสิ่งแวดล้อม

ปริมาณการใช้พลังงานลดลง = 234,785.48 MJ/ปี

ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas)



ภาคผนวก ก

ตารางแปลงหน่วย





ภาคผนวก ก
ตารางแปลงหน่วย

ตารางแปลงหน่วยน้ำหนัก (มวล) *Mass Equivalents*

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

Metric tonne เรียกทั่วไปว่า Tonne มีค่า = 1000 kg

US ton เรียกทั่วไปว่า Short Ton มีค่า = 0.907185 Metric Tonne

UK ton เรียกทั่วไปว่า Long Ton มีค่า = 1.01605 Metric Tonne

ตารางแปลงหน่วยความยาว *Length Equivalents*

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		1609.344	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	3280.8	1,093.613	0.62137	100,000	1,000	1

ตารางแปลงหน่วยพื้นที่ *Area Equivalents*

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

ตารางแปลงหน่วยความเร็ว *Velocity Equivalents*

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

ตารางแปลงหน่วยความหนาแน่น *Density Equivalents*

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

ตารางแปลงหน่วยปริมาตร *Volume Equivalents*

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
Im. 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

* เป็นหน่วยตวงน้ำมัน (Oil barrel), 1 Barrel = 42 US. Gallons

ตารางแปลงหน่วยอัตราการไหล *Volumatic Flow Rate Equivalents*

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

ตารางแปลงหน่วยกำลัง *Power Equivalents*

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

ตารางแปลงหน่วยความดัน *Pressure Equivalents*

หน่วย	PSI	kPa	kg/cm^2	cm H_2O	feet H_2O	inches Hg	mm Hg	inches 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
inches 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
inches 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	1,033.2633	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

* น้ำ (H_2O) ที่อุณหภูมิมาตรฐาน 68 °F (20 °C) และปรอท (Hg) ที่อุณหภูมิมาตรฐาน 32 °F (0 °C)

ตารางนี้นอกจากใช้ในการแปลงหน่วยความดัน ยังใช้ได้กับการแปลงหน่วยความแข็งแรงและความเค้นของวัสดุ (Strength & Stress) ด้วย

ตารางแปลงหน่วยอุณหภูมิ *Temperature Equivalents*

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

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสลักเกลียว และขนาดของรูร้อยสลัก

Relationships between size of stud bolts and size of bolt holes

ขนาดของรูร้อยสลัก Size of bolt holes (mm)	ขนาดของสลักเกลียว UNC Size of UNC stud bolts (inch)	ขนาดของสลักเกลียว ISO Size of ISO stud bolts (mm)
15.8	1/2	M 14
19	5/8	M 16
22.2	3/4	M 20
25.4	7/8	M 24
28.5	1	M 27
31.8	1 1/8	M 30
35	1 1/4	M 33
38.1	1 3/8	M 36
41.1	1 1/2	M 39
44.5	1 5/8	M 42
47.8	1 3/4	M 45
50.8	1 7/8	M 48
53.8	2	M 52
60.5	2 1/4	M 56
66.5	2 1/2	M 64
73.2	2 3/4	M 70
79.2	3	M 76
91.9	3 1/2	M 90



ภาคผนวก ข

ตารางไอน้ำ


GRUNDFOS
1

Properties of Saturated Steam
(Abstracted from Keenan and Keyes, THERMODYNAMIC PROPERTIES OF STEAM, by permission of John Wiley & Sons, Inc.)

	Col. 1 Gauge Pressure	Col. 2 Absolute Pressure (psia)	Col. 3 Steam Temp. (°F)	Col. 4 Heat of Sat. Liquid (Btu/lb)	Col. 5 Latent Heat (Btu/lb)	Col. 6 Total Heat of Steam (Btu/lb)	Col. 7 Specific Volume of Sat. Liquid (cu ft/lb)	Col. 8 Specific Volume of Sat. Steam (cu ft/lb)
Inches of Vacuum	29.743	0.08854	32.00	0.00	1075.8	1075.8	0.096022	3306.00
	29.515	0.2	53.14	21.21	1063.8	1085.0	0.016027	1526.00
	27.886	1.0	101.74	69.70	1036.3	1106.0	0.016136	333.60
	19.742	5.0	162.24	130.13	1001.0	1131.	0.016407	73.52
	9.562	10.0	193.21	161.17	982.1	1143.3	0.016590	38.42
	7.536	11.0	197.75	165.73	979.3	1145.0	0.016620	35.14
	5.490	12.0	201.96	169.96	976.6	1146.6	0.016647	32.40
	3.454	13.0	205.88	173.91	974.2	1148.1	0.016674	30.06
	1.418	14.0	209.56	177.61	971.9	1149.5	0.016699	28.04
PSIG	0.0	14.696	212.00	180.07	970.3	1150.4	0.016715	26.80
	1.3	16.0	216.32	184.42	967.6	1152.0	0.016746	24.75
	2.3	17.0	219.44	187.56	965.5	1153.1	0.016768	23.39
	5.3	20.0	227.96	196.16	960.1	1156.3	0.016830	20.09
	10.3	25.0	240.07	208.42	952.1	1160.6	0.016922	16.30
	15.3	30.0	250.33	218.82	945.3	1164.1	0.017004	13.75
	20.3	35.0	259.28	227.91	939.2	1167.1	0.017078	11.90
	25.3	40.0	267.25	236.03	933.7	1169.7	0.017146	10.50
	30.3	45.0	274.44	243.36	928.6	1172.0	0.017209	9.40
	40.3	55.0	287.07	256.30	919.6	1175.9	0.017325	7.79
	50.3	65.0	297.97	267.50	911.6	1179.1	0.017429	6.66
	60.3	75.0	307.60	277.43	904.5	1181.9	0.017524	5.82
	70.3	85.0	316.25	286.39	897.8	1184.2	0.017613	5.17
	80.3	95.0	324.12	294.56	891.7	1186.2	0.017696	4.65
	90.3	105.0	331.36	302.10	886.0	1188.1	0.017775	4.23
	100.0	114.7	337.90	308.80	880.0	1188.8	0.017850	3.88
	110.3	125.0	344.33	315.68	875.4	1191.1	0.017922	3.59
	120.3	135.0	350.21	321.85	870.6	1192.4	0.017991	3.33
	125.3	140.0	353.02	324.82	868.2	1193.0	0.018024	3.22
	130.3	145.0	355.76	327.70	865.8	1193.5	0.018057	3.11
	140.3	155.0	360.50	333.24	861.3	1194.6	0.018121	2.92
	150.3	165.0	365.99	338.53	857.1	1195.6	0.018183	2.75
	160.3	175.0	370.75	343.57	852.8	1196.5	0.018244	2.60
	180.3	195.0	379.67	353.10	844.9	1198.0	0.018360	2.34
	200.3	215.0	387.89	361.91	837.4	1199.3	0.018470	2.13
	225.3	240.0	397.37	372.12	828.5	1200.6	0.018602	1.92
	250.3	265.0	406.11	381.60	820.1	1201.7	0.018728	1.74
		300.0	417.33	393.84	809.0	1202.8	0.018896	1.54
		400.0	444.59	424.00	780.5	1204.5	0.019340	1.16
		450.0	456.28	437.20	767.4	1204.6	0.019547	1.03
		500.0	467.01	449.40	755.0	1204.4	0.019748	0.93
		600.0	486.21	471.60	731.6	1203.2	0.02013	0.77
		900.0	531.98	526.60	668.8	1195.4	0.02123	0.50
		1200.0	567.22	571.70	611.7	1183.4	0.02232	0.36
		1500.0	596.23	611.60	556.3	1167.9	0.02346	0.28
		1700.0	613.15	636.30	519.6	1155.9	0.02428	0.24
		2000.0	635.82	671.70	463.4	1135.1	0.02565	0.19
		2500.0	668.13	730.60	360.5	1091.1	0.02860	0.13
		2700.0	679.55	756.20	312.1	1068.3	0.03027	0.11
		3206.2	705.40	902.70	0.0	902.7	0.05053	0.05

Saturated steam				Superheated steam		
Pressure (kg/cm^2)	Temp (°C)	Vapour enthalpy (kcal/kg)	Specific volume (m^3/kg)	Density (kg/m³)	Specific volume (m³/kg) at 250°C	Specific volume (m³/kg) at 300°C
1	99,1	638,8	1,725	0,580	2,454	2,691
2	119,6	646,2	0,902	1,109	1,223	1,342
3	132,9	650,6	0,617	1,621	0,812	0,893
4	142,9	653,7	0,471	2,123	0,607	0,668
5	151,1	656,0	0,382	2,618	0,484	0,533
6	158,1	657,0	0,321	3,115	0,402	0,443
7	164,2	659,5	0,278	3,597	0,343	0,379
8	169,6	660,8	0,245	4,082	0,299	0,331
9	174,5	661,9	0,219	4,566	0,265	0,293
10	179,1	662,9	0,198	5,051	0,238	0,263
12	187,1	664,5	0,166	6,024	0,196	0,218
14	194,1	665,7	0,143	6,993	0,167	0,186
16	200,4	666,7	0,126	7,937	0,145	0,162
18	206,1	667,4	0,112	8,929	0,128	0,143
20	211,4	668,0	0,101	9,901	0,114	0,128
22	216,2	668,4	0,092	10,870	0,103	0,116
24	220,7	668,7	0,085	11,765	0,093	0,106
26	225,0	669,0	0,078	12,821	0,085	0,097
28	229,0	669,1	0,073	13,699	0,078	0,089
30	232,7	669,2	0,068	14,706	0,072	0,083



ภาคผนวก ค

เครื่องมือตรวจวัด
วิเคราะห์หม้อน้ำ



ภาคผนวก ค
เครื่องมือตรวจวัดวิเคราะห์หม้อน้ำ

เครื่องมือตรวจวัดวิเคราะห์หม้อน้ำ

รายการเครื่องมือ	วัตถุประสงค์ของเครื่องมือ
1. เครื่องมือวัดองค์ประกอบของไอเสีย และประสิทธิภาพการเผาไหม้  	เพื่อตรวจหาองค์ประกอบของไอเสียโดยปริมาตรที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งชนิด เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และ ก๊าซ องค์ประกอบของไอเสียที่ตรวจวัดได้ ได้แก่ %CO, %CO2, %O2 นอกจากนั้นยังสามารถตรวจวัดปริมาณอากาศส่วนเกิน (Excess Air) ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion Efficiency) และอุณหภูมิของไอเสีย ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดดังกล่าวสามารถนำไปวิเคราะห์หาการสูญเสียพลังงานไปกับไอเสีย และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของอุปกรณ์ได้ สำหรับอุปกรณ์ที่ต้องมีการตรวจวัด ได้แก่ หม้อไอน้ำ เตาเผา เตาอบ เป็นต้น

รายการเครื่องมือ	วัตถุประสงค์ของเครื่องมือ
2. เครื่องวัดสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำ (TDS Meter) 	ใช้ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และค่าความเข้มข้นของสารละลาย (Total Dissolved Solid, TDS) ของของเหลว ส่วนใหญ่ใช้กับน้ำป้อนสำหรับหม้อไอน้ำ คอนเดนเสท เป็นต้น ประโยชน์ที่ได้สามารถวินิจฉัยคุณภาพของน้ำป้อน ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญค่าหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำ และการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการที่ต้องรักษาระดับ TDS ในหม้อไอน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม นอกจากนั้นยังเป็นค่าตัวแปรค่าหนึ่งในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของไอน้ำด้วย
3. เครื่องมือตรวจสอบกับดักไอน้ำ 	ใช้ตรวจสอบสภาพการทำงานของกับดักไอน้ำ (Stream Trap)

รายการเครื่องมือ	วัตถุประสงค์ของเครื่องมือ
4. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส 	ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิผิว ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนสูญเสียทางผิวของวัตถุได้โดยตรง
5. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด 	ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิผิว ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนสูญเสียทางผิวของวัตถุได้โดยตรง

รายการเครื่องมือ	วัตถุประสงค์ของเครื่องมือ
6 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า แรงดัน และกระแสไฟฟ้า 	ใช้ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า แรงดัน และกระแสชั่วขณะ
7 เครื่องวัดและบันทึกพลังไฟฟ้า (kW recorder Meter) 	ใช้ตรวจวัดและบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทางไฟฟ้า เช่น kW, kWh, Volt, Amp, P.F. เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงาน และภาระไฟฟ้ารายชั่วโมง (Load Profile Curve) ของการใช้ไฟฟ้า รวมถึงหาแนวทางในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ