สารบัญ

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหัวข้อเรื่องต่าง ๆ (นายระนอง พยัคฆพันธ์) 1

1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความดัน 1

1.1.1 วิธีแสดงความดัน 1

1.1.2 ความดันสมบูรณ์และความดันเกจ์ 2

1.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุณหภูมิ 3

1.2.1 วิธีแสดงอุณหภูมิ 3

1.2.2 อุณหภูมิสมบูรณ์ 3

1.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความร้อน 4

1.3.1 ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง (Sensible Heat and Latent Heat) 4

1.3.2 ปริมาณความร้อน (Quantity of Heat) และความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) 4

1.3.3 ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่และความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่ 5

1.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการขยายตัวเชิงความร้อน 6

1.4.1 การขยายตัวเชิงความร้อนของของแข็งและของเหลว 6

1.4.2 ลักษณะพิเศษของการขยายตัวเชิงความร้อนของก๊าซ 7

1.4.3 การเปลี่ยนแปลงภาวะของก๊าซ 8

1.4.4 ภาวะมาตรฐาน 9

1.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) 9

1.5.1 วิธีถ่ายเทความร้อน 9

1.5.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน 10

1.5.3 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer หรือ Heat Transmission) และการถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer) 11

1.5.4 อัตราการแผ่รังสีความร้อน 12

1.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไอน้ำ 13

1.6.1 กระบวนการกำเนิดไอน้ำ 13

1.6.2 อัตราส่วนความแห้ง 15

1.6.3 ตารางไอน้ำ 15

1.6.4 คุณสมบัติของไอน้ำ 17

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการคำนวณการสันดาป (ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) 19

2.1 เชื้อเพลิงและการสันดาป 19

2.1.1 เชื้อเพลิง 19

2.1.2 เชื้อเพลิงแข็ง 21

2.1.3 เชื้อเพลิงเหลว 26

2.1.4 ก๊าซเชื้อเพลิง 33

2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของการสันดาป 37

2.2.1 ปฏิกริยาการสันดาปของเชื้อเพลิง 37

2.2.2 ค่าความร้อน (Calorific value) ของเชื้อเพลิง 38

2.2.3 การคำนวณการสันดาปของเชื้อเพลิงแข็งและเชื้อเพลิงเหลว 42

2.2.4 การคำนวณการสันดาปก๊าซเชื้อเพลิง 49

2.2.5 วิธีการคำนวณอย่างคร่าว ๆ 50

บทที่ 3 ดุลย์ความร้อน (Heat Balance) (นายระนอง พยัคฆพันธ์) 53

3.1 ความสำคัญของดุลย์ความร้อน 53

3.2 วิธีการทำดุลย์ความร้อน 53

3.2.1 ขอบเขตของดุลย์ความร้อน 53

3.2.2 หลักเกณฑ์และหน่วยของการทำดุลย์ความร้อน 54

3.2.3 วิธีการคำนวณความร้อนเข้า 54

3.2.4 วิธีคำนวณความร้อนออก 56

3.3 วิธีสรุปผล 59

3.3.1 ตารางดุลย์ความร้อนและรูปดุลย์ความร้อน 59

3.3.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 59

3.4 ดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำ 60

3.4.1 มาตรฐานและขอบเขตของการทำดุลย์ความร้อน 60

3.4.2 การคำนวณปริมาณเข้าออก 61

3.4.3 การคำนวณความร้อนเข้าออก 63

3.4.4 ดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำ (ตัวอย่างการคำนวณค่าโดยประมาณ) 66

3.5 ดุลย์ความร้อนของเตาเพิ่มอุณหภูมิเหล็กเหนียวแบบต่อเนื่อง 68

3.5.1 ฐานของการทำดุลย์ความร้อน 68

3.5.2 การคำนวณปริมาณเข้าและออก 69

3.5.3 การคำนวณความร้อนเข้าและออก 70

บทที่ 4 การประหยัดพลังงานในการสันดาป (ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) 75

4.1 คำนำ 75

4.2 วิธีประเมินผลของการประหยัดพลังงาน 75

4.3 เรื่องทั้งหมดเกี่ยวกับการควบคุมดูแลการสันดาป 76
4.3.1 การสังเกตสภาวะของการสันดาปด้วยตาเปล่า 76
4.3.2 การเลือกใช้หัวเผาที่เหมาะสม 79
4.3.3 การบำรุงรักษาหัวเผา 80
4.3.4 การปรับอัตราส่วนอากาศ 80
4.3.5 การปรับความดันภายในเตา 86

บทที่ 5 การประหยัดพลังงานด้านไอน้ำ (นายระนอง พยัคฆพันธ์) **89**

5.1 หม้อไอน้ำ 89
5.1.1 หม้อไอน้ำโดยสังเขป 89
5.1.2 โครงสร้างของหม้อไอน้ำแบบต่าง ๆ 92
5.1.3 ความจุและสมรรถนะของหม้อไอน้ำ 99
5.2 น้ำในหม้อไอน้ำ (Boiler Water)และน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (Boiler Feed Water) 103
5.2.1 น้ำป้อนหม้อไอน้ำทั่ว ๆ ไป 103
5.2.2 ค่าคุณสมบัติของน้ำป้อนและน้ำในหม้อไอน้ำ 104
5.2.3 การเสียหายของหม้อไอน้ำเนื่องจากน้ำและมาตรการป้องกัน 105
5.2.4 วิธีปรุงแต่งคุณภาพน้ำ 107
5.3 ความรู้เกี่ยวกับฉนวนความร้อนและการสูญเสียความร้อน 111
5.3.1 ความจำเป็นของฉนวนความร้อน 111
5.3.2 เงื่อนไขของวัสดุฉนวนความร้อน 112
5.3.3 การเลือกและประเภทของวัสดุฉนวน 114
5.3.4 หลักสำคัญในการติดตั้งฉนวน 114
5.3.5 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียออกจากท่อไอน้ำหุ้มฉนวน 119
5.3.6 อุณหภูมิที่ผิวฉนวนและปริมาณความร้อนที่สูญเสีย 121
5.3.7 ความหนามาตรฐานของฉนวนความร้อนและปริมาณความร้อนที่สูญเสีย 123
5.3.8 การสูญเสียความร้อนและประสิทธิภาพของฉนวน 123
5.3.9 วิธีใช้เครื่องวัดการไหลของความร้อน (Heat Flow Meter) 125
5.4 ความรู้เกี่ยวกับระบบท่อส่งไอน้ำ 126
5.4.1 การออกแบบระบบท่อส่งไอน้ำ 126
5.4.2 ข้อควรระวังในการวางแผนระบบท่อไอน้ำ 126
5.4.3 การกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 127
5.4.4 วัสดุท่อไอน้ำ 128
5.4.5 ชิ้นส่วนประกอบของระบบท่อ 129
5.4.6 การยืดตัวและหดตัวของระบบท่อไอน้ำ 131
5.4.7 รายการตรวจสอบระบบท่อไอน้ำและระบบท่อ ระบาย (drain) 132
5.5 ความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของไอน้ำและวิธีใช้ที่ถูกต้อง 134
5.5.1 อิทธิพลที่อัตราส่วนความแห้งของไอน้ำมีต่อปริมาณความร้อนที่สูญเสีย 134

5.5.2 ข้อดีของไอน้ำอิ่มตัวแห้งและข้อเสียของไอน้ำชื้น 134
5.5.3 อัตราส่วนความแห้งที่เหมาะสมของไอน้ำที่ใช้ให้ความร้อน 135
5.5.4 สภาพการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวให้ความร้อน 135
5.5.5 ข้อเสียของไอน้ำยิ่งยวดในกรณีที่ใช้เป็นไอน้ำสำหรับให้ความร้อน 136
5.5.6 การลดความดันของไอน้ำ 137
5.5.7 ข้อดีของการลดความดัน 138
5.5.8 ระบบให้ความร้อนด้วยไอน้ำและระบบให้ความร้อนด้วยน้ำร้อน 139
5.5.9 ราคาของไอน้ำ 140

5.6 กับดักไอน้ำ (Steam Trap) และการไล่น้ำระบาย (Drain) 141
5.6.1 การแยกน้ำระบาย 141
5.6.2 ความหมายของกับดักไอน้ำ 142
5.6.3 ประเภทของกับดักไอน้ำ 143
5.6.4 ขีดความสามารถของกับดักไอน้ำ 143
5.6.5 การเลือกใช้กับดักไอน้ำ 146
5.6.6 ปัญหาการปล่อยทิ้งไม่ได้ของกับดักไอน้ำ 148
5.6.7 วิธีติดตั้งและตำแหน่งติดตั้งกับดักไอน้ำที่ถูกต้อง 149
5.6.8 วิธีเดินท่อบริเวณกับดักไอน้ำ 151
5.6.9 ปริมาณน้ำระบายที่เกิดขึ้นจากท่อส่งไอน้ำ 153

5.7 หัวข้อตรวจสอบอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ 154
5.7.1 การใช้ไอน้ำเป็นไปอย่างเหมาะสมหรือไม่ 154
5.7.2 มีการตรวจสอบระบบท่อส่งไอน้ำอย่างถี่ถ้วนหรือไม่ 154
5.7.3 การใช้วาล์วกระทำอย่างถูกต้องหรือไม่ 155
5.7.4 ฉนวนหุ้มระบบท่อส่งไอน้ำอยู่ในสภาพดีหรือไม่ 155
5.7.5 การทำความอบอุ่นมีความสิ้นเปลืองหรือไม่ 156
5.7.6 ใช้กับดักไอน้ำอย่างถูกต้องอยู่หรือไม่ 156
5.7.7 การไล่น้ำระบายมีความสิ้นเปลืองหรือไม่ 156
5.7.8 มีการเก็บน้ำระบายของไอน้ำกลับมาใช้ประโยชน์หรือไม่ 157

5.8 จุดสำคัญของวิธีใช้ไอน้ำอย่างประหยัด 158
5.8.1 การไล่อากาศออก (Air Vent) 158
5.8.2 การใช้ประโยชน์ไอน้ำแฟลช 158
5.8.3 การเก็บน้ำระบาย 158
5.8.4 การป้องกันการรั่วไหล 159
5.8.5 การป้องกันการสูญเสียความร้อน 159
5.8.6 การลดความดันอย่างเหมาะสม 159
5.8.7 การปรับอุณหภูมิให้เหมาะสม 159
5.8.8 การเลือกขนาดท่อที่ถูกต้อง 159

5.8.9 การเลือกกับดักไอน้ำที่เหมาะสม 159
5.8.10 การแยกน้ำและไอน้ำ 159

บทที่ 6 การเก็บความร้อนทิ้งมาใช้ (ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) **161**

6.1 การเก็บความร้อนของแก๊สทิ้งมาใช้ **161**
6.1.1 การใช้ประโยชน์แก๊สทิ้งของเตาให้ความร้อน 161
6.1.2 การใช้ประโยชน์แก๊สทิ้งของหม้อไอน้ำ 165
6.2 การเก็บน้ำระบายมาใช้ (Drain Recovery) **167**
6.2.1 ความสำคัญของการเก็บน้ำระบายมาใช้ 167
6.2.2 วิธีเก็บน้ำระบายมาใช้ 175
6.2.3 วิธีใช้ประโยชน์น้ำระบายอย่างมีประสิทธิผล 181

บทที่ 7 การวัดในงานจัดการพลังงาน (Measurement In Energy Management) **191**
(ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์) แปล
(นายสุพงศ์ ชยุตสาหกิจ) เรียบเรียง

7.1 การวัดคืออะไร **191**
7.2 การวัดนั้นทำอย่างไร **192**
7.3 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการวัด **193**
7.3.1 ค่าผิดพลาด (error) 193
7.3.2 ค่าจากการวัดที่ถูกต้อง 193
7.3.3 ตัวเลขนัยสำคัญ 193
7.3.4 การจัดการกับค่าที่ได้จากการวัดและการบำรุงรักษาเครื่องวัด 193
7.3.5 อื่น ๆ 194
7.4 ข้อตกลงในการวัด (หน่วยของการวัด) **194**
7.4.1 หน่วยของการวัด 194
7.4.2 หน่วย SI 195
7.4.3 หน่วยใหม่ ๆ 196
7.4.4 วิธีเรียกหน่วยต่างหลักในระบบ SI 196
7.5 เครื่องวัดที่ใช้ในการควบคุมการใช้ความร้อน **197**
7.6 หัวข้อที่ทำการวัดของอุปกรณ์ที่ใช้งานจริง **197**
7.6.1 กรณีของหม้อไอน้ำ 198
7.6.2 กรณีของเตาที่ใช้ในอุตสาหกรรมและเตาหลอมวัสดุ 200
7.6.3 การวิเคราะห์ส่วนประกอบในไอเสียเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมการใช้ความร้อน 200
7.7 การใช้ประโยชน์ค่าที่ได้จากการวัด **203**
7.8 หลักการทั่วไปของเครื่องวัด **204**
7.9 สัญลักษณ์ที่ใช้กับเครื่อง **205**
7.10 รายการระบุ (Specifications) ของเครื่องวัด **210**
7.11 การใช้และการบำรุงรักษาเครื่องวัด **211**

7.11.1 การที่จะให้เครื่องวัดอยู่ในสภาพวัดค่าได้ถูกต้องเสมอนั้นควรทำอย่างไร ? 211
7.11.2 เราใช้เครื่องวัดและบำรุงรักษาเครื่องวัดกันอยู่อย่างไร ? 211
7.11.3 หลักการของการบำรุงรักษาเครื่องวัด 212
7.12 การวัดอุณหภูมิ 214
7.12.1 เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดต่าง ๆ 214
7.12.2 การเลือกเครื่องวัดอุณหภูมิ 216
7.12.3 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิล 216
7.12.4 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบความต้านทานไฟฟ้า 223
7.12.5 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบหลอดแก้ว 224
7.12.6 เครื่องวัดอุณหภูมิเชิงแสง (Optical Pyrometer) และเครื่องวัดอุณหภูมิเชิงแผ่รังสี (Radiation Pyrometer) 225
7.13 เครื่องวิเคราะห์ส่วนประกอบของไอเสีย 226
7.13.1 เครื่องวิเคราะห์ส่วนประกอบของไอเสียแบบต่าง ๆ 226
7.13.2 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน 228
7.13.3 ออกซิเจนมิเตอร์ชนิดเคลื่อนย้ายได้ (แบบ Zirconia) 236
7.13.4 เครื่องวัด CO_2 241
7.13.5 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบ Orsat 244
7.14 เครื่องวัดความดัน 246
7.14.1 หน่วยของความดัน 246
7.14.2 เครื่องวัดความดันแบบต่าง ๆ 246
7.14.3 เครื่องวัดความดันแบบหลอดบรูดอน 248
7.14.4 หลักการเลือกเครื่องวัดความดัน 251
7.15 เครื่องวัดระดับของเหลว 252
7.15.1 เครื่องวัดระดับของเหลวแบบต่าง ๆ 252
7.15.2 เครื่องวัดระดับของเหลวแบบหลอดแก้ว 253
7.16 เครื่องวัดอัตราการไหล 253
7.16.1 เครื่องวัดอัตราการไหลแบบต่าง ๆ 253
7.16.2 Gas meter แบบชื้น 255
7.16.3 เครื่องวัดปริมาณการไหลแบบรูตส์ (Roots flow meter) 255
7.16.4 โรตามิเตอร์ (Rotameter) 255
7.16.5 เครื่องวัดอัตราการไหลเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า 256
7.16.6 หลักการเลือกเครื่องวัดอัตราการไหล 257
7.17 วิธีวัดมวลและเครื่องวัดน้ำหนัก 257
7.18 เครื่องวัดความชื้น 258
7.18.1 การวัดความชื้น 259
7.18.2 เครื่องวัดความชื้นที่ใช้กันทั่วไป 260
7.19 เครื่องวัดสำหรับงานทางด้านมลภาวะ 260
7.19.1 SO_x, NO_x meter (ใช้กับแหล่งกำเนิดก๊าซ) 260

7.19.2 เครื่องวัดฝุ่นจากแหล่งกำเนิด 262
7.19.3 pH meter 263
7.20 บทสรุป 264

เทคนิค
การประหยัดพลังงาน ภาคความร้อน
สำหรับหัวหน้างานและวิศวกร

โดย โยชิฮิโกะ ทาคามูระ

เลขหมู่ 621.4
ส.12
2525
เลขทะเบียน 3649
วันที่ 25 / พค. / 26

BSTI DEPT. OF SCIENCE SERVICE
สำนักเอสมุดฯ กรมวิทยาศาสตร์บริการ
1110003668

คณะผู้แปล นายระนอง พยัคฆพันธ์
ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล
ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์

ผู้ตรวจเรียบเรียง ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี่ (ไทย-ญี่ปุ่น)
ห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์บริการ