

สารบัญ

ตอนที่ 3 การอนุรักษ์พลังงานภาคความร้อน

บทที่ 1 เครื่องมือวัดทางความร้อน

(Thermal Measurement)

1.1 บทนำ	1-2
1.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ	1-2
1.2.1 เทอร์โมมิเตอร์แบบหลอดแก้ว	1-3
1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	1-4
1.2.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)	1-4
1.2.4 เทอร์โมมิเตอร์แบบไบเมทัลลิก (Bimetallic Thermometer)	1-6
1.2.5 เทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน (Resistance Thermometer – RTD)	1-6
1.2.6 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเทอร์มิสเตอร์ (Thermister)	1-7
1.2.7 เครื่องวัดอุณหภูมิจากการแผ่รังสี (Radiation Pyrometer)	1-7
1.2.8 กล้องอินฟราเรดตรวจจับอุณหภูมิ (Infrared Camera)	1-8
1.2.9 อุปกรณ์แสดงผลอุณหภูมิ (Display or Data presentation element)	1-8
1.2.10 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ	1-9
1.3 เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Sensor)	1-9
1.3.1 เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก และกระเปาะแห้ง (Wet-bulb and Dry-bulb Thermometer)	1-10
1.3.2 เครื่องมือวัดความชื้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Relative Humidity Meter)	1-11
1.3.3 เครื่องบันทึกความชื้น	1-11
1.4 เครื่องมือวัดความเร็ว (Velocity Meter)	1-12
1.5 เครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow Meter)	1-13
1.5.1 การวัดอัตราการไหลแบบวัดความดันดิฟเฟอเรนเชียล	1-13
1.5.2 การวัดอัตราการไหลแบบแทนที่ทางปริมาตร (Positive Displacement)	1-14
1.5.3 มาตรวัดอัตราการไหลแบบใบพัด (Turbine Meter) แบบ Single-Jet และ Multi-Jet	1-14
1.5.4 มิเตอร์วัดก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas Meter)	1-15
1.5.5 การวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic Flow Meter)	1-17

สารบัญ

1.5.6 การวัดอัตราการไหลโดยใช้โรตاميเตอร์ (Rotameter)	1-17
1.6 เครื่องมือวัดความดัน (Pressure Meter)	1-18
1.6.1 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)	1-18
1.6.2 ทรานสดิวเซอร์ความดัน (Pressure Transducer)	1-18
1.7 เครื่องมือวัดสภาพความเป็นกรดหรือด่าง (pH Meter)	1-19
1.8 เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ (Conductivity Meter)	1-19
1.9 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Flue Gas Analyser)	1-20
1.10 เครื่องมือวัดกับดักไอน้ำ	1-21
1.11 ความถูกต้องของค่าข้อมูลตรวจวัด	1-21
1.11.1 ความคลาดเคลื่อน	1-21
1.11.2 ความเที่ยงตรงกับพิกัดความเที่ยงตรง	1-22
1.11.3 ความไม่แน่นอน	1-22
1.11.4 ช่วงการวัด (Range, Span, Full Scale)	1-22
1.11.5 การเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสม	1-23
1.12 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล	1-24
1.12.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	1-24
1.12.2 ความถี่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	1-24
1.13 การตรวจวัดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	1-24
1.13.1 การติดตั้งเครื่องวัด	1-24
1.13.2 การตรวจวัดการไหลของพลังงานในเชิงปริมาณ	1-25
1.13.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานกับการใช้พลังงาน	1-25
1.13.4 การบันทึก เรียบเรียง และสร้างกราฟข้อมูลที่วัดได้	1-25
1.13.5 การควบคุมการใช้พลังงานต่อหน่วย	1-25

บทที่ 2 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบไอน้ำ (Energy Conservation for Steam System)

2.1 บทนำ	2-2
2.2 ระบบไอน้ำอุตสาหกรรม	2-2
2.3 หม้อไอน้ำ	2-4
2.3.1 ประเภทของหม้อไอน้ำ	2-4

สารบัญ

2.3.2 อุปกรณ์เผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ	2-5
2.3.3 การเผาไหม้เบื้องต้น	2-11
2.3.4 การระบายน้ำจากหม้อไอน้ำ (โบลว์ดาวน์)	2-14
2.3.5 ข้อควรปฏิบัติในการใช้หม้อไอน้ำ	2-15
2.4 กัดค้ำไอน้ำ	2-16
2.4.1 ประเภทของกัดค้ำไอน้ำ	2-17
2.4.2 การเลือกใช้กัดค้ำไอน้ำ	2-20
2.4.3 ข้อเสนอแนะในการติดตั้งกัดค้ำไอน้ำ	2-23
2.5 การตรวจวิเคราะห์หม้อไอน้ำ	2-26
2.5.1 การตรวจวัดการทำงานของหม้อไอน้ำ	2-26
2.5.2 การคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	2-27
2.6 การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	2-31
2.6.1 การปรับตั้งอัตราส่วนอากาศป้อนต่อเชื้อเพลิง	2-31
2.6.2 การลดการสูญเสียความร้อนทางปล่องไอเสีย	2-37
2.6.3 เครื่องประหยัดเชื้อเพลิงหรือเครื่องอุ่นน้ำเลี้ยง	2-40
2.6.4 การควบคุมน้ำระบาย (โบลว์ดาวน์)	2-40
2.6.5 การปรับสภาพน้ำป้อน	2-42
2.7 การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบส่งจ่ายไอน้ำ	2-44
2.7.1 การติดตั้งฉนวนกันความร้อน	2-44
2.7.2 การตรวจสอบกัดค้ำไอน้ำ	2-56
2.7.3 การตรวจสอบระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ	2-57
2.7.4 การใช้วาล์วอย่างถูกต้อง	2-57
2.8 การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบคอนเดนเสท	2-58
2.8.1 การใช้คอนเดนเสท	2-58
2.8.2 การนำไอน้ำแฟลชกลับมาใช้	2-61
2.9 การตรวจวินิจฉัยเพื่อหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	2-64
2.10 แบบตรวจสอบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	2-70
2.11 โปรแกรมวิเคราะห์ผลการอนุรักษ์พลังงาน	2-72
2.12 กรณีศึกษา	2-100

สารบัญ

2.13 เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน	2-138
----------------------------------	-------

บทที่ 3 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับเตาอุตสาหกรรม (Energy Conservation for Industrial Furnace)

3.1 บทนำ	3-2
3.2 ประเภทของเตาอุตสาหกรรม	3-2
3.2.1 เตาหลอมไฟฟ้า	3-2
3.2.2 เตาหลอมเชื้อเพลิง	3-5
3.3 การตรวจวัดการใช้พลังงานเตาอุตสาหกรรม	3-8
3.3.1 พลังงานจากเชื้อเพลิงป้อน	3-11
3.3.2 การสูญเสียความร้อนทางปล่องไอเสีย	3-12
3.3.3 การสูญเสียความร้อนทางผนังเตา	3-13
3.3.4 การสูญเสียความร้อนจากช่องเปิดหรือรูรั่วของเตา	3-15
3.3.5 การสูญเสียความร้อนจากน้ำระบายความร้อน	3-16
3.4 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพและอนุรักษ์พลังงานสำหรับเตาอุตสาหกรรม	3-17
3.4.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้	3-17
3.4.2 การลดการสูญเสียความร้อนทางปล่องไอเสีย	3-20
3.4.3 การลดการสูญเสียความร้อนที่ผิวเตาโดยการติดตั้งฉนวน	3-20
3.4.4 การลดการสูญเสียความร้อนจากช่องเปิดหรือรูรั่วของเตา	3-21
3.4.5 การลดการสูญเสียพลังงานจากการระบายความร้อน	3-22
3.5 การตรวจวินิจฉัยเพื่อหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	3-23
3.6 แบบตรวจสอบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	3-28
3.7 โปรแกรมการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	3-30
3.8 กรณีศึกษา	3-38
3.9 เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน	3-55
3.9.1 เทคโนโลยีหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ	3-55
3.9.2 เทคโนโลยีการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริก	3-61

สารบัญ

บทที่ 4 การอนุรักษ์พลังงานโดยการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Energy Conservation by Waste Heat Recovery)

4.1 บทนำ	4-2
4.2 แหล่งความร้อนทิ้งในอุตสาหกรรม	4-2
4.3 การประเมินปริมาณและคุณภาพของความร้อนทิ้ง	4-4
4.3.1 การตรวจวัดอัตราการไหลของความร้อนทิ้ง (Measurement of Flow Rate)	4-4
4.3.2 การตรวจวัดอุณหภูมิ (Measurement of Temperature)	4-5
4.3.3 การหาปริมาณความร้อนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (Quantifying Available Heat)	4-6
4.4 โอกาสในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่	4-6
4.4.1 การใช้ความร้อนทิ้งอย่างคุ้มค่า (Cost-effective Use of Waste Heat)	4-6
4.4.2 ทางเลือกของการใช้ความร้อนทิ้ง (Available Options of Using Waste Heat)	4-7
4.5 เทคโนโลยีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Available Heat Recovery Technology)	4-11
4.5.1 เทคโนโลยีที่เป็นที่ยอมรับ (Established Technology)	4-12
4.5.2 พัฒนาการใหม่ (New Developments)	4-25
4.6 การเลือกเทคโนโลยีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่	4-28
4.7 การพิจารณาโครงการการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่	4-42
4.8 โปรแกรมวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	4-44
4.9 กรณีศึกษา	4-51

บทที่ 5 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศ (Energy Conservation for Air Conditioning System)

5.1 บทนำ	5-2
5.2 แผนภูมิไซโครเมตริก	5-2
5.2.1 กระบวนการปรับอากาศ	5-4
5.3 วงจรการทำความเย็นแบบอัดไอ	5-6

สารบัญ

5.3.1	วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอแบบอุดมคติ	5-7
5.3.2	วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอทางปฏิบัติ	5-9
5.4	หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ	5-10
5.5	อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศ	5-12
5.5.1	เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)	5-12
5.5.2	เครื่องสูบน้ำ (Water Pump)	5-13
5.5.3	หอระบายความร้อน (Cooling Tower)	5-14
5.5.4	เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit)	5-16
5.6	การตรวจวัดและประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศ	5-16
5.6.1	เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว	5-16
5.6.2	เครื่องทำน้ำเย็น	5-20
5.6.3	เทคนิคการตรวจวัด	5-22
5.7	มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ	5-26
5.7.1	การเพิ่มอุณหภูมิระเหยด้านดูดหรือความดันด้านต่ำ (T_E/P_E)	5-26
5.7.2	การลดอุณหภูมิควบแน่นความดันด้านสูง	5-26
5.7.3	ระบบส่งน้ำเย็นแบบปริมาตรแปรเปลี่ยน (VWV)	5-27
5.7.4	ระบบส่งลมเย็นแบบปริมาตรแปรเปลี่ยน (VAV)	5-29
5.7.5	การใช้ท่อความร้อน (Heat Pipe)	5-31
5.7.6	การปรับปรุงตัวอาคาร	5-31
5.7.7	การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ	5-32
5.7.8	การควบคุมการทำงานที่เหมาะสม	5-32
5.7.9	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	5-32
5.8	การตรวจวินิจฉัยเพื่อหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	5-33
5.9	แบบตรวจสอบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	5-43
5.10	โปรแกรมการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	5-46
5.11	กรณีศึกษา	5-60
5.12	เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน	5-106
5.12.1	เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยฮีทปั๊ม	5-106
5.12.2	เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลว	5-113

สารบัญ

5.12.3 เทคโนโลยีการบำบัดและปรับสภาพน้ำด้วยโอโซน	5-119
5.12.4 เทคโนโลยีระบบปรับอากาศแบบ VRF (VRV)	5-124

บทที่ 6 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบทำความเย็น (Energy Conservation for Refrigeration System)

6.1 บทนำ	6-2
6.2 ระบบทำความเย็น (Refrigeration System)	6-2
6.2.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System)	6-2
6.2.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Refrigeration System)	6-6
6.3 สารทำความเย็น (Refrigerant)	6-10
6.4 ภาระการทำความเย็น	6-11
6.5 ประสิทธิภาพพลังงานของระบบทำความเย็น	6-12
6.6 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพพลังงานของระบบทำความเย็น	6-15
6.7 อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น	6-15
6.7.1 การแช่แข็งแบบการพาทำความเย็น (Blast Freezing)	6-15
6.7.2 การแช่แข็งแบบการสัมผัส (Contact Freezing)	6-17
6.7.3 การแช่แข็งโดยใช้สารแช่แข็งอุณหภูมิต่ำ (Cryogenic Freezing)	6-18
6.7.4 การแช่แข็งแบบใช้สารแช่แข็งอุณหภูมิต่ำร่วมกับการแช่แข็งแบบการพาทำความเย็น (Cryomechanical Freezing)	6-18
6.8 อุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็ง	6-21
6.8.1 เครื่องทำน้ำแข็งเพื่อการบริโภค	6-22
6.8.2 เครื่องทำน้ำแข็งสำหรับอุตสาหกรรมอาหารและประมง	6-23
6.9 เครื่องผลิตน้ำแข็ง	6-23
6.9.1 น้ำแข็งซอง (Block Ice)	6-23
6.9.2 เครื่องทำน้ำแข็งแบบเกล็ดหรือแบบแผ่น	6-25
6.10 มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็น	6-26
6.10.1 การลดอุณหภูมิทำงานของคอนเดนเซอร์	6-26
6.10.2 การเพิ่มอุณหภูมิทำงานของเครื่องระเหย	6-27
6.10.3 เทคนิคการตรวจวัด	6-28

สารบัญ

6.11 การตรวจวินิจฉัยเพื่อหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	6-29
6.12 แบบตรวจสอบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	6-40
6.13 โปรแกรมการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	6-42
6.14 โรงผลิตน้ำแข็งซอง	6-49
6.14.1 อุณหภูมิของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็ง	6-49
6.14.2 ความดันของน้ำยาที่ซูระบายความร้อน	6-49
6.14.3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งแต่ละชนิด	6-50
6.14.4 กรณีศึกษา การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานผลิตน้ำแข็งซอง	6-50
6.15 กรณีศึกษา	6-53