การลดต้นทุนพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานประเภทการฉีดขึ้นรูป

นายสุธี เหลืองรัตนเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY COST REDUCTION IN PRODUCTION PROCESS OF DIE CASTING FACTORY

Mr. Suthee Luangrattanacharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดต้นทุนพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานประเภทการฉีดขึ้นรูป
โดย	นายสุธี เหลืองรัตนเจริญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วิจิรวนิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุธี เหลืองรัตนเจริญ : การลดต้นทุนพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานประเภทการฉีดขึ้นรูป. (ENERGY COST REDUCTION IN PRODUCTION PROCESS OF DIE CASTING FACTORY) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, 141 หน้า.

วัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการอนุรักษ์พลังงานนั้นคือการดำเนินงานโดยการลดต้นทุนการผลิตให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง จึงทำการศึกษาโรงงานประเภทฉีดขึ้นรูป

ทำการประเมินการใช้พลังงานเบื้องต้นของทางโรงงานก่อน จากนั้นก็สร้างแผนภูมิการใช้พลังงานเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการวิเคราะห์การใช้พลังงานทั้งระบบ เพื่อให้รู้ว่าการใช้พลังงานของโรงงานในขณะนั้นมีประสิทธิภาพดีแล้วหรือไม่ ซึ่งจากการประเมินเการใช้พลังงานเบื้องต้นทางโรงงานตัวอย่างมีค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะของผลิตภัณฑ์อัลลูมิเนียมอัลลอยด์เท่ากับ 13.79 MJ/kg และมีค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะของผลิตภัณฑ์สังกะสีอัลลอยด์เท่ากับ 7.86 MJ/kg หลังจากทำการศึกษาการลดต้นทุนพลังงานของโรงงานประเภทฉีดขึ้นรูปโลหะโดยการนำ แผนภูมิการใช้พลังงานเข้ามาวิเคราะห์การใช้พลังงานและสร้างมาตรการปรับปรุงซึ่งประกอบด้วยมาตรการระยะสั้นได้แก่ มาตรการลดการใช้พลังงานจากเตาหลอมศูนย์กลาง มาตรการลดการใช้พลังงานจากปั๊มลมปรับปรุงการรั่วของระบบลม มาตรการลดการใช้พลังงานจาก Cooling Tower โดยจัดระบบการเปิด-ปิด Cooling Tower ให้เหมาะสม มาตรการลดการใช้พลังงานจากเตาอุ่นประจำเครื่อง และมาตรการลดการใช้แสงสว่าง ส่วนมาตรการระยะยาวได้แก่ มาตรการลดอุณหภูมิการฉีดลงให้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน มาตรการออกแบบทางเดินและระบบรูล้นของแต่ละงานให้เหมาะสม และมาตรการ ปรับเปลี่ยนความเร็วในฉีดให้เหมาะสมในแต่ละชิ้นงาน

หลังจากนำมาตรการปรับปรุงมาใช้แล้วจะได้ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะของผลิตภัณฑ์อัลลูมิเนียมอัลลอยด์เท่ากับ 12.89 MJ/kg และมีค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะของผลิตภัณฑ์สังกะสีอัลลอยด์เท่ากับ 7.54 MJ/kg และคาดว่าจะสามารถลดต้นทุน พลังงานลงได้ร้อยละ 5.13 จากเดิม

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต สุธี เหลืองรัตนเจริญ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2552

4970815621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: ENERGY / CONSERVATION / MANAGEMENT / COST REDUCTION

SUTHEE LUANGRATTANACHAROEN: ENERGY COST REDUCTION IN PRODUCTION PROCESS OF DIE CASTING FACTORY. THESIS PRINCIPAL ADVISOR: ASSOC.PROF. SUTHAS RATANAKUAKANGWAN, 141 pp.

The effective objective of energy conservation is to reduce the total energy cost to a minimal level especially in energy-intensive industries in which the die casting factory is.

The study must be primary audit for estimate the factory's energy management and create an energy chart as a primary tool to analyze the whole system to evaluate the current efficiency of the factory. The result of the primary evaluation as Specific Energy Consumption of aluminum alloy products is 13.79 MJ/kg and Specific Energy Consumption of zinc alloy products is 7.86 MJ/kg. After implement in the policies, consisting of short term policies as reduce the energy of main furnace, air compressor, cooling tower, heated oven and lighting and long term policies as decrease the temperature of injection, design the mold and change speed per shot to appropriate each product, to improve the factory's energy management.

The result is Specific Energy Consumption of aluminum alloy products is 12.89 MJ/kg and Specific Energy Consumption of zinc alloy products is 7.54 MJ/kg and to facilitate measures formulations which should reduce energy cost by 5.13 per cent.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: Industrial Engineering Student's signature .....
Field of study: Industrial Engineering Advisor's signature .....
Academic year: 2009

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ข้อแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งแนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วิจิรวนิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและชัดเจน

ขอขอบคุณครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและให้กำลังใจดีๆเสมอมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 : บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 : ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 การพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน 6

2.2 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า 17

2.3 ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) 24

2.4 การวิเคราะห์สมการถดถอยและสหสัมพันธ์ 26

2.5 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

บทที่ 3 : การศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาทั่วไปในการจัดการด้านพลังงาน 34

3.1 สภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง 34

3.1.1 ประวัติความเป็นมา 34

3.1.2 ลักษณะทั่วไปขององค์กร 34

3.1.3 ผลิตภัณฑ์ 36

3.1.4 กระบวนการผลิต 37

3.1.5 การใช้พลังงาน 38

3.1.6 ปริมาณการผลิต 40

หน้า

3.2 การจัดทำดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ..... 40

บทที่ 4 : การประเมินการจัดการพลังงาน, การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงาน..... 44

4.1 การประเมินการจัดการพลังงาน..... 44

4.1.1 นโยบายและเป้าหมายการจัดการพลังงาน..... 45

4.1.2 โครงสร้างองค์กรและทีมพลังงาน (Organization Structure and Energy Team)..... 45

4.1.3 การวางแผนการอนุรักษ์พลังงานและการดำเนินการ..... 46

4.1.4 การควบคุม การปฏิบัติงาน..... 51

4.1.5 การติดตาม การควบคุม ดัชนีพลังงาน และค่าพลังงานคาดหมาย (Energy Index & Expect Energy Monitoring &Controlling)..... 54

4.1.6 การทบทวนโดยฝ่ายบริหาร..... 55

4.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงงาน..... 55

4.3 การสร้างจิตสำนึกและทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงาน..... 61

4.4 การจัดทำแผนภูมิพลังงาน (Energy Chart)..... 61

4.5 มาตรการปรับปรุงการจัดการพลังงาน..... 72

4.5.1 แนวคิดที่มาของมาตรการ..... 73

บทที่ 5 : เปรียบเทียบและประเมินผลการวิจัย..... 77

5.1 การเปรียบเทียบและประเมินผลด้านพลังงานไฟฟ้า..... 77

5.2 การเปรียบเทียบและประเมินผลด้านพลังงานความร้อน..... 81

5.3 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ..... 84

5.4 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะตามมาตรการ..... 87

บทที่ 6 : สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 94

6.1 สรุปผลการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงาน..... 94

6.2 ข้อเสนอแนะ..... 103

หน้า

6.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย..... 106

รายการอ้างอิง..... 107

ภาคผนวก..... 110

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 141

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อหน่วยเวลา..... 25
ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน ระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม 2551..... 38
ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม 2551..... 39
ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณผลผลิตระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม 2551..... 40
ตารางที่ 3.4 ค่า SEC ของงานที่เป็นอัลลูมิเนียมอัลลอยด์..... 42
ตารางที่ 3.5 ค่า SEC ของงานที่เป็นสังกะสีอัลลอยด์..... 43
ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น..... 56
ตารางที่ 4.2 แผนภูมิพลังงาน (Energy Chart)..... 62
ตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณผลผลิตระหว่างเดือน มกราคม - มิถุนายน 2552..... 77
ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตรายเดือน ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552..... 78
ตารางที่ 5.3 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551..... 79
ตารางที่ 5.4 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552..... 79
ตารางที่ 5.5 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551..... 80
ตารางที่ 5.6 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552..... 80
ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณการใช้พลังงานก๊าซ LPG สำหรับกาผลิตสังกะสีอัลลอยด์และอลูมิเนียมอัลลอยด์ รายเดือน ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552..... 81
ตารางที่ 5.8 ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551..... 82
ตารางที่ 5.9 ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552..... 82
ตารางที่ 5.10 ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551..... 83

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.11 ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552 83
ตารางที่ 5.12 ค่า SEC ของงานที่เป็นอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552 85
ตารางที่ 5.13 ค่า SEC ของงานที่เป็นสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552 86
ตารางที่ 5.14 ค่า SEC ของแต่ละมาตรการก่อนและหลังปรับปรุง 88
ตารางที่ 6.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและปริมาณการผลิต ปี 2551 95
ตารางที่ 6.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและปริมาณการผลิต ปี 2552 95
ตารางที่ 6.3 ค่าไฟฟ้า และ ค่าก๊าซ LPG ปี 2551 96
ตารางที่ 6.4 ค่าไฟฟ้า และ ค่าก๊าซ LPG ปี 2552 97
ตารางที่ 6.5 แผนภูมิพลังงานหลังการปรับปรุง 98
ตารางที่ 6.6 ผลการประมาณการพลังงานไฟฟ้าโดยสมการพลังงาน 105
ตารางที่ 6.7 ผลการประมาณการพลังงานความร้อนโดยสมการพลังงาน 105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า..... 18
รูปที่ 2.2 การจำแนกรูปแบบการขึ้นรูป..... 18
รูปที่ 2.3 การขึ้นรูปแบบRolling..... 19
รูปที่ 2.4 การขึ้นรูปแบบ Extrusion..... 19
รูปที่ 2.5 การขึ้นรูปแบบ Sand Casting..... 20
รูปที่ 2.6 การขึ้นรูปแบบ Die Casting..... 21
รูปที่ 2.7 การขึ้นรูปแบบ Investment Casting..... 21
รูปที่ 2.8 การขึ้นรูปแบบ Continuous Casting..... 22
รูปที่ 2.9 กระบวนการผลิตในโรงงาน Die Casting..... 23
รูปที่ 3.1 แผนผังโครงสร้างองค์กรของโรงงานตัวอย่าง..... 35
รูปที่ 3.2 ผลิตภัณฑ์ : Assy RT/ET ประเภท : Agriculture Diesel Engine..... 36
รูปที่ 3.3 ผลิตภัณฑ์ : Barlae ประเภท : Agriculture Diesel Engine..... 36
รูปที่ 3.4 ผลิตภัณฑ์ : Gear Case ประเภท : Agriculture Diesel Engine..... 36
รูปที่ 3.5 ผลิตภัณฑ์ : Gear Case ประเภท : High Voltage Electrical..... 37
รูปที่ 5.1 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 1..... 92
รูปที่ 5.2 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 2..... 92
รูปที่ 5.3 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 3..... 92
รูปที่ 5.4 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 4..... 93
รูปที่ 5.5 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 5..... 93

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

พลังงานถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญยิ่งในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งนี้พลังงานที่ถูกใช้ไป นอกเหนือไปจากงานด้านสาธารณูปโภคจะถูกนำใช้ไปกับอุตสาหกรรมการผลิตเป็นส่วนใหญ่ ถ้าหากพลังงานในส่วนนี้ถูกไปใช้อย่างขาดประสิทธิภาพ ก็ย่อมจะทำให้เกิดความสูญเปล่า และนำมาซึ่งความสูญเสียอย่างใหญ่หลวงต่อประเทศได้ ดังนั้นความรับผิดชอบต่อการใช้พลังงานจึงถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ และไม่ควรละเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง เช่น อุตสาหกรรมโลหะและอโลหะ เป็นต้น

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัญหาพลังงานที่กล่าวไปแล้วนั้นได้แผ่ขยายวงกว้างออกไปกลายเป็นปัญหาในระดับนานาชาติ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านต้นทุนพลังงานในอุตสาหกรรม หรือปัญหาที่เกี่ยวเนื่องกับสภาวะแวดล้อม เช่น ปัญหาเรือนกระจก เป็นต้น ซึ่งเราอาจกล่าวได้ว่าปัญหาด้านพลังงานที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนี้ ถือเป็นปัญหาที่มีความสำคัญ และควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนก็ว่าได้

การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานถือเป็นหนึ่งในแนวทางในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการอนุรักษ์ และการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงเป็นสิ่งทุกคน และทุกองค์กรจำเป็นต้องให้ความสนใจ

การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการดำเนินการให้กับองค์กรแล้ว การดำเนินการดังกล่าวยังจะช่วยทำให้การดำเนินการต่างๆ ขององค์กรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามการให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพพลังงานที่ดีนั้นจำเป็นต้องมีการวางแผน และการดำเนินการอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานจึงถือเป็นการดำเนินการขั้นพื้นฐานที่จะทำให้องค์กรสามารถบรรลุเป้าหมายด้านพลังงานดังที่กำหนดเอาไว้ได้

ในบทความนี้จะกล่าวถึงขั้นตอน และการดำเนินการต่างๆ ที่สำคัญในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ 6 ขั้นตอน โดยเริ่มต้นตั้งแต่การให้คำมั่นสัญญาจากผู้บริหาร การกำหนดนโยบายพลังงานขององค์กร การแต่งตั้งผู้จัดการพลังงาน การทบทวนโครงสร้างพลังงานขององค์กร การจัดทำแผนปฏิบัติการ การตรวจติดตามและการรายงานผล ตลอดจนการทบทวนประจำปี

นอกจากนี้ ระบบการจัดการพลังงานยังอาจนำเข้าไปรวมกับระบบการจัดการด้านธุรกิจอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น ระบบ ISO 9000 หรือ ISO 14001 เพื่อให้การดำเนินการธุรกิจเป็นไปอย่างบูรณาการในทุกด้าน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการอนุรักษ์พลังงานของชาตินับได้ว่าเป็นสิ่งที่ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนจะต้องให้ความสำคัญ พร้อมทั้งดำเนินการตามนโยบายที่ได้กำหนดไว้อย่างต่อเนื่องและทั่วถึงกัน เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนในการพัฒนาพลังงาน การประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมไทยมักถูกมองว่าเป็นเรื่องของผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานเท่านั้น โดยลืมมองถึงวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการดำเนินงาน ซึ่งคือการลดต้นทุนการผลิตให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด ดังนั้น เมื่อทางภาคอุตสาหกรรมคิดที่จะลดต้นทุนพลังงานจึงมักทำการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเฉพาะจุด เช่น การลดการใช้ไฟแสงสว่าง การลดเวลาในการใช้เครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องจักร บางชิ้น โดยไม่มีการวิเคราะห์กระบวนการในอุตสาหกรรมทั้งระบบ ทำให้โครงการลดการใช้พลังงานส่วนใหญ่ลดการใช้พลังงานได้น้อย ซึ่งส่งผลกระทบให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่รู้สึกว่าโครงการประหยัดพลังงานเป็นโครงการที่ไม่คุ้มค่าในการลงทุนหรือให้ความสำคัญน้อยกว่าการพัฒนางานฝ่ายผลิตโดยตรงประกอบกับการสนับสนุนจากภาครัฐเองล้วนมุ่งเน้นการเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เท่านั้น

แนวความคิดในการประหยัดพลังงาน โดยขยายขอบเขตการทำงานซึ่งมุ่งเน้นงานด้านพลังงานโดยตรง เป็นการพัฒนาองค์กรซึ่งมีหลายวัตถุประสงค์และหลายผลลัพธ์ และเกิดจากความร่วมมือของบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญในระดับสูง เช่น วิศวกร นักเทคโนโลยี และผู้จัดการทางเทคนิค มากกว่าเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเรื่องพลังงาน เน้นการมีส่วนร่วมจากทุกส่วนในอุตสาหกรรมทั้งพนักงานฝ่ายสำนักงาน ฝ่ายผลิต ฝ่ายออกแบบ ผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกแบบกระบวนการผลิต ซึ่งทุกส่วนงานจะต้องมีจิตสำนึกร่วมกันในการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน โดยเฉพาะในภาวะที่มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงในตลาดโลก ทำให้บริษัททุกแห่งต้องลด ต้นทุนการผลิตทุกทางเพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด และเพิ่มคุณค่าในตัวสินค้าให้มากที่สุด ความร่วมมือจากทุกฝ่ายจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยแนวความคิดที่ได้นำเสนอนี้เกิดจากการศึกษา ที่ได้มีการดำเนินการทางด้านพลังงาน ซึ่งประสบความสำเร็จในอดีต เพื่อหาแนวทางพัฒนาให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง โดยการผสมผสานแนวความคิดทางการบริหารจัดการ ซึ่งมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย

1. Cost / Energy Focus

ปรับเปลี่ยนทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงานว่าไม่ใช่เรื่องของพลังงานเท่านั้น หากแต่เป็นเรื่องของการลดต้นทุน และเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขัน ซึ่ง ทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการ โดยกระบวนการนี้จะปรับเปลี่ยนทัศนคติของทุกส่วนนับตั้งแต่ผู้บริหารไปจนถึงพนักงานระดับล่าง หากการปรับเปลี่ยนทัศนคตินี้ไม่เป็นผล การดำเนินงานในขั้นตอนอื่นๆย่อมไม่สามารถทำได้ ซึ่งการปรับเปลี่ยนทัศนคติของพนักงานเป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาในการประชาสัมพันธ์ และฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง

2. **การกำหนดนโยบาย แผนงาน และ แผนการปฏิบัติ**

กำหนดนโยบายโดยผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง และผู้บริหารระดับล่างตามลำดับ โดยผู้บริหารระดับสูงจำเป็นต้องมีการกำหนดนโยบาย เป้าหมาย และทิศทางขององค์กรที่ชัดเจน เพื่อให้ผู้บริหารระดับกลางและล่างสามารถนำไปประยุกต์เป็น Action Plan ได้อย่างสอดคล้องกัน

3. Product / Process Improvement

โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Optimization of Resource Usage) โดยขั้นตอนนี้จะมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดต้นทุนสูญเสียที่เกิดจากการออกแบบและการผลิต (Process) โดยอาจมีการพิจารณาการลงทุนในเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพ หรือการดัดแปลงปรับปรุงกระบวนการผลิต วัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ โดยความร่วมมือของผู้เชี่ยวชาญในหลายสาขา (ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานเพียงคนเดียว) เช่น วิศวกรโรงงาน วิศวกรพลังงาน ผู้บริหาร

4. Total Involvement

ผู้บริหารและพนักงานทุกคนทุกระดับมีส่วนร่วมในการดำเนินงานเพื่อพัฒนา และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง การปรับโครงสร้างเพื่อให้เอื้อต่อการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น การวางแผนการดำเนินงานเป็นส่วนหนึ่งของแผนธุรกิจ และการกำหนดนโยบายในการดำเนินการที่ชัดเจน

จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ความรับผิดชอบต่อการใช้พลังงานจึงถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ และไม่ควรละเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง เช่น อุตสาหกรรมโลหะและอโลหะ เป็นต้น ดังนั้นจึงได้เลือกทำการศึกษาโรงงานประเภท Die Casting ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมโลหะประเภทหนึ่งที่ใช้พลังงานมากเช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ด้านการบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอย่างถูกต้องเป็นระบบแก่โรงงานอุตสาหกรรม
2. เพื่อสนับสนุนให้เกิดการใช้เทคนิคการลดต้นทุนการผลิตด้วยวิธีการบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมในระยะยาวได้ด้วยตัวเองในแต่ละกิจการ ซึ่งสามารถนำมาตรวจวัดและกำหนดแผนการใช้พลังงานในโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย
3. เพื่อลดต้นทุนสูญเสียที่เกิดจากการออกแบบและการผลิต โดยอาจมีการพิจารณาลงทุนในเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพหรือดัดแปลง ปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เหมาะสม
4. เพื่อสร้างจิตสำนึกและทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงานให้เกิดขึ้น โดยมุ่งให้ทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วม
5. เพื่อจัดทำ Energy Chart ให้แก่โรงงาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษา และวิเคราะห์ถึงกระบวนการผลิตของโรงงาน อุตสาหกรรมเหล็กประเภท Die Casting เป็นจำนวน 1 โรงงาน
2. ลดต้นทุนกระบวนการพลังงานในการผลิตโดยการบริหารจัดการพลังงาน
3. พลังงานที่นำมาบริหารเป็นพลังงานด้านไฟฟ้าและก๊าซ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ดำเนินการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงงาน
3. วิเคราะห์ สภาวะ ผลกระทบ และหาสาเหตุ
4. กำหนดดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC)

5. จัดทำ Energy Chart

6. ปรับปรุงกระบวนการผลิต และสร้างมาตรการในการลดการใช้พลังงาน

7. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงงาน

8. สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ

9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตให้กับโรงงานที่ได้รับการบริหารจัดการพลังงาน

2. เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการแข่งขันให้กับโรงงานที่ได้รับการบริหารจัดการพลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้จะเป็นการกล่าวถึงการพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ การวิเคราะห์สมการถดถอยและสหสัมพันธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน

1. การประเมินสถานการณ์พลังงานขององค์กรในปัจจุบัน

2. การกำหนดนโยบายจากผู้บริหารระดับสูง

การผนวกรวมเอานโยบายพลังงานเข้าไว้กับแผนโครงสร้างขององค์กรนั้นจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อผู้บริหารระดับสูงได้ให้คำมั่นในระบบการจัดการพลังงานแล้วเท่านั้น ทั้งนี้นโยบายพลังงานไม่จำเป็นต้องจัดทำแยกขึ้นมาใหม่ หากแต่อาจเพิ่มเติมขึ้นในนโยบายหลักขององค์กรก็เป็นได้

2.1 เหตุผลที่ต้องจัดทำนโยบายพลังงาน

- นโยบายที่ชัดเจนจะนำไปสู่ความสำเร็จในการจัดการพลังงาน
- ผู้บริหารระดับสูงสามารถประเมินผลการดำเนินการผ่านทางนโยบายที่ตั้งไว้ได้โดยง่าย
- การดำเนินการต่างๆ จะเป็นไปได้ด้วยดี เมื่อมีนโยบายพลังงานที่ชัดเจน ซึ่งผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารองค์กรเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
- กิจกรรมต่างๆ จะประสบความสำเร็จมากขึ้น เพราะมีการบูรณาการรวมเข้าไว้กับแผนโครงสร้างองค์กร
- เป็นการสร้างแนวทางที่ชัดเจนให้เกิดขึ้นกับองค์กร

2.2 การสร้างนโยบายพลังงาน

ผู้บริหารองค์กร ผู้จัดการพลังงาน และทีมงานจำเป็นต้องคิดหานโยบายพลังงานที่เหมาะสมต่อวัฒนธรรม และขนาดขององค์กร เพราะนโยบายที่จัดทำขึ้นนี้อาจส่งผลกระทบต่อบุคคลบางกลุ่มในองค์กรได้

2.3 รายละเอียดของนโยบาย

นโยบายพลังงานจะแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่น และเป้าหมายของการดำเนินการ โดยนโยบายดังกล่าวอาจประกอบขึ้นจากรายละเอียดที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. นโยบายเพื่อสาธารณะ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมส่วนรวม
2. การกำหนดผู้รับผิดชอบ และกระบวนการตรวจประเมิน การตรวจติดตามและการรายงานผลที่ชัดเจน
3. ความต่อเนื่องของแผนการดำเนินงาน

2.4 องค์ประกอบที่ผลักดันให้เกิดนโยบายพลังงานที่เป็นผล

2.4.1 การสร้างการยอมรับในนโยบายพลังงาน

เมื่อนโยบายพลังงานถูกเขียนขึ้นเป็นลายลักษณ์อักษรแล้ว เราจำเป็นต้องทำให้เกิดการยอมรับนโยบายดังกล่าวทั่วทั้งองค์กร โดยเริ่มต้นจากการให้คำมั่นของผู้บริหารระดับสูงเป็นอันดับแรก และเมื่อผู้บริหารได้ให้คำมั่นกับนโยบายดังกล่าวแล้ว นโยบายดังกล่าวจะต้องถูกส่งผ่านไปยังแผนกต่างๆ และอาจจำเป็นต้องจัดประชุมเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันและยังเป็นการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีให้เกิดขึ้นระหว่างกันในองค์กรอีกด้วย

2.4.2 การตรวจประเมินการใช้พลังงาน

การตรวจประเมินการใช้พลังงานนี้จะช่วยให้เราทราบว่าส่วนงานใดที่มีศักยภาพในการลดต้นทุนพลังงานได้ โดยการตรวจประเมินที่ดีนั้นจำเป็นต้องรายงานผลพร้อมทั้งระบุวิธีการในการอนุรักษ์พลังงานด้วย

2.4.3 จัดเตรียมแผนปฏิบัติการเบื้องต้นโดยอ้างอิงจากผลของการตรวจประเมินการใช้พลังงาน

แผนปฏิบัติการที่ดีนั้นควรประกอบไปด้วยรายละเอียดต่างๆ ของโครงการพลังงาน ซึ่งจำเป็นต้องมีเป้าหมายของการดำเนินการ และระบุส่วนงานรับผิดชอบที่ชัดเจน

2.4.4 สร้างความตระหนัก และจัดให้มีการฝึกอบรมพนักงาน

การสร้างความตระหนักในประเด็นปัญหาพลังงานนี้ ถือเป็นส่วนสำคัญในการผลักดันให้ระบบการจัดการพลังงานประสบความสำเร็จได้ ทั้งนี้พนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่อยู่หน้างานถือเป็นกลไกสำคัญที่จะทำให้เกิดการปรับปรุงกระบวนการไปในทิศทางที่ดีขึ้นได้ เนื่องจากเขาเหล่านั้นมี

ความเชี่ยวชาญ และคุ้นเคยกับงานมากที่สุด ดังนั้นหากเราสามารถสร้างความตระหนักในความสำคัญของการใช้พลังงานขึ้นมาได้ ก็จะทำให้เกิดพัฒนาการด้านพลังงานที่ดีได้ด้วยเช่นกัน

2.4.5 การนำโครงการไปใช้จริง

การนำโครงการต่างๆ ไปใช้จริงนั้น ควรมีลำดับการดำเนินการที่ชัดเจน โดยอาจอ้างอิงจากแผนปฏิบัติการ ทั้งนี้เราจำเป็นต้องติดตามผลการดำเนินการของโครงการต่างๆ อย่างใกล้ชิด เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการต่างๆ นั้นเป็นไปตามแผนที่ได้วางไว้

2.4.6 การรายงาน และการทบทวนผลลัพธ์ของการดำเนินการ

การทบทวนแผนพลังงานเป็นประจำนั้นถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบการจัดการพลังงานที่ดี

2.4.7 การทบทวนประจำปี

เพื่อให้เกิดการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพเราจำเป็นต้องทำการทบทวนระบบการจัดการพลังงาน และผลการดำเนินการเป็นประจำทุกปี นอกจากนี้ในการทบทวนประจำปีควรมีการตั้งเป้าหมายสำหรับการดำเนินการในปีหน้าอีกด้วย

3. กำหนดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน หรือผู้จัดการพลังงาน

3.1 บทบาทของผู้จัดการพลังงาน

นอกเหนือไปจากการจัดสรรพลังงานไปยังหน่วยงานต่างๆ ตามความต้องการแล้ว ผู้จัดการพลังงานยังมีบทบาทสำคัญในการวางแผนพลังงานขององค์กรในอนาคตอีกด้วย ทั้งนี้เราอาจกล่าวได้ว่าผู้จัดการพลังงานนั้นเป็นทั้งนักวางแผนกลยุทธ์ ผู้จัดการโครงการ และผู้จัดการการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงานในองค์กรก็ว่าได้

3.2 คุณลักษณะที่สำคัญของผู้จัดการพลังงาน

- มีความเข้าใจในสิ่งแวดล้อมทั้งภายใน และภายนอกองค์กรอย่างลึกซึ้ง
- ช่างเจรจา และมีลักษณะของการเป็นที่ปรึกษาที่ดี
- มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการผลิต และระบบสนับสนุนการผลิตเป็นอย่างดี
- มีความรู้ด้านเทคนิค และมีประสบการณ์ในงานด้านวิศวกรรม
- มีประสบการณ์ในการบริหารโครงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโครงการที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในองค์กร (Change Management)

3.3 หน้าที่ และความรับผิดชอบของผู้จัดการพลังงาน

ในการบริหารจัดการการบริโภคพลังงานภายในองค์กรนั้นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้จัดการพลังงานต้องรับผิดชอบโดยตรง คือ

- การกำหนดนโยบาย
- การติดตาม และการรายงานผลการบริโภคพลังงานภายในองค์กร
- การวิจัย และการศึกษาจากองค์กรที่มีการบริหารจัดการพลังงานที่เป็นเลิศ
- นำเอาแผน และการดำเนินการด้านพลังงานต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ในองค์กร
- สร้างความมั่นใจในระบบสนับสนุนต่างๆ
- พยายามสร้างนโยบายในการทำงานที่แข็งแกร่ง

หน้าที่ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของผู้จัดการพลังงาน คือ การติดต่อประสานงานเพื่อสร้างแรงจูงใจ ทัศนคติที่ดี และประเมินผลตอบรับจากการดำเนินการที่จัดทำขึ้น โดยผู้จัดการพลังงานนั้นอาจจำเป็นต้องทำงานร่วมกับผู้จัดการด้านอื่นๆ อย่างใกล้ชิดด้วย

3.4 การเลือกผู้จัดการพลังงาน

หลักเกณฑ์สำคัญในการเลือกสรรผู้จัดการพลังงาน ประกอบไปด้วย

- มีความสามารถในการติดต่อประสานงานในระดับสูง
- มีประสบการณ์ในการบริหารโครงการ
- มีความเข้าใจเกี่ยวกับต้นทุนพลังงาน และโครงสร้างพลังงานขององค์กร
- มีความคุ้นเคยในระบบวิศวกรรม และเทคโนโลยีด้านประสิทธิภาพพลังงาน
- มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ใหม่ และความรู้ที่มีอยู่ในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- มีความรู้ และประสบการณ์ในการบริหารการเปลี่ยนแปลง

สำหรับความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ด้านอื่นๆ ที่อาจนำมาร่วมพิจารณาเลือกผู้จัดการพลังงาน ประกอบไปด้วย

- มีประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้ระบบการบริหารจัดการด้านพลังงานในองค์กร
- มีแรงจูงใจ และความมุ่งมั่นในการฝึกอบรมเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถที่จำเป็นในอนาคต
- มีความสามารถในการใช้โปรแกรมที่จำเป็นต่างๆ
- มีความเข้าใจในกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความปลอดภัย หรือคุณภาพ

3.5 ผู้จัดการพลังงานที่ประสบความสำเร็จ

- เชื่อมโยงประเด็นด้านพลังงานให้กลายเป็นส่วนหนึ่งของการบริหารที่สำคัญได้
- ควบคุมแหล่งพลังงานทุกแหล่งภายในองค์กร เพื่อให้มั่นใจว่าพลังงานที่ได้มานั้นมีความคุ้มค่า และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจริง
- ตรวจวัด และติดตามสมรรถนะของการใช้พลังงาน โดยเปรียบเทียบผลที่ได้นี้กับปีก่อนหน้า และองค์กรคู่แข่งอื่นๆ (Benchmarking)
- รายงานผลการใช้พลังงานอย่างเรียบง่าย แต่ชัดเจน และผนวกเอารายงานนี้ไว้กับแผนการดำเนินการด้านต่างๆ
- สนับสนุนให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการพลังงาน
- ประชาสัมพันธ์ความสำเร็จที่เกิดขึ้นให้กับพนักงานทุกคนภายในองค์กรเพื่อให้เกิด

4. การทบทวนโครงสร้างพลังงานขององค์กร หรือการตรวจประเมินการใช้พลังงาน

การตรวจประเมินการใช้พลังงาน (Energy Audit) จะช่วยให้เราทราบถึงสถานการณ์การใช้พลังงานในปัจจุบัน อีกทั้งจะช่วยทำให้เราทราบถึงปัญหาที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอีกโดยด่วนอีกด้วย ทั้งนี้การตรวจประเมินการใช้พลังงานอาจจัดทำขึ้นโดยครอบคลุมทั่วทั้งองค์กร หรืออาจดำเนินการเพียงบางกระบวนการที่สำคัญก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการตรวจประเมินจำเป็นต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline) ในการปรับปรุงด้วย

5. รายการตรวจสอบการอนุรักษ์พลังงาน

รายการตรวจสอบ หรือ Checklist ถือเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามก่อนที่จะนำรายการตรวจสอบไปใช้ เราจำเป็นต้องทบทวนเนื้อหาภายในเสียก่อน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งาน

5.1 ระบบปรับอากาศ

- ตรวจสอบว่า thermostat ในระบบไม่ทำงานเป็นปกติ แลไม่ทำงานขัดกัน
- ใช้อากาศบริสุทธิ์ในรอบการทำความเย็น
- ใช้เครื่องปรับความเร็วรอบ (VSD) เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานในรอบที่เหมาะสม
- ประเมินสมรรถนะของระบบ VAV (Variable Air Volume) เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข
- เลือกใช้เครื่องปรับความเร็วรอบที่เหมาะสมกับขนาดของพัดลมปรับอากาศ
- การนำเอาความร้อนจากแหล่งอื่นมาใช้ในการปรับอากาศ

- ลดความต้องการการใช้พลังงานสูงสุดลงด้วย Building Thermal Inertia และการใช้น้ำเย็นในระบบปรับอากาศในช่วงเวลาที่ใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุด

- ตรวจสอบหน่วยทำความเย็นว่ามี Electronic TX Valve หรือไม่

- ตรวจสอบการหุ้มฉนวนในสายส่งต่างๆ

5.2 **หม้อไอน้ำ และระบบไอน้ำ**

- ตรวจสอบการใช้เชื้อเพลิงว่ามีความเหมาะสมหรือไม่

- ตรวจสอบ และควบคุมไอน้ำส่วนเกินของหม้อไอน้ำให้มีค่าอยู่ในระดับต่ำที่สุด

- ตรวจสอบขนาดของหม้อไอน้ำว่ามีขนาดเหมาะสมกับความต้องการหรือไม่ ตลอดจนจัดตารางใช้งานหม้อไอน้ำในแต่ละช่วงเวลา

- ตรวจสอบความสะอาดของหม้อไอน้ำ และระบบสนับสนุนอื่นๆ

- ตรวจสอบความดันส่งของไอน้ำ

- ตรวจสอบรอบการทำงานของหม้อไอน้ำ

- ตรวจสอบการ Blowdown ของหม้อไอน้ำ

- ตรวจสอบการหุ้มฉนวนของหม้อไอน้ำ

- ตรวจสอบการรั่วไหลของไอน้ำ และความดันตกตามวาล์ว และสายส่งต่างๆ

- ตรวจสอบการไหลของน้ำในระบบหม้อไอน้ำ

- ตรวจสอบ Condensate, Feed Water และ Deaerator Temperature พร้อมการหุ้มฉนวน

- ตรวจสอบการหุ้มฉนวนในสายส่งต่างๆ

- ตรวจสอบตัวดักจับไอน้ำ

- ตรวจสอบ Flash Stream

- ตรวจสอบอุณหภูมิต่างๆ ในระบบ

5.3 **ระบบอัดอากาศ**

- เลือกเครื่องอัดอากาศที่มีขนาดเหมาะสม และวางแผนการใช้งานให้เหมาะกับภาระงาน

- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศเป็นประจำ

- เลือกใช้เครื่องอัดอากาศที่มีตัวปรับความเร็วรอบ (VSD)

- ติดตั้ง Low – Flow Blowdown Nozzle ในระบบอัดอากาศ

- เลือกใช้อากาศไหลเข้าที่มีอุณหภูมิต่ำ

- เลือกใช้อุปกรณ์สนับสนุนที่มีความเหมาะสม
- ใช้มอเตอร์เมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น
- ตรวจสอบเครื่องอัดอากาศว่าไม่แห้งเกินไป
- ลดขนาดของระบบ Water Built – Up
- ตรวจสอบความดันของลมอัดอากาศไม่ให้มีค่าสูงเกินความต้องการ และใช้ตัวปรับแต่งความดันปรับความดันของลมอัดอากาศให้มีความเหมาะสม
- ตรวจสอบการรั่วไหลของลมอัดอากาศตามท่อส่งต่างๆ
- ตรวจสอบลำดับการทำงานของเครื่องอัดอากาศให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.4 ระบบทำความร้อน และเย็นในอาคาร

- ตรวจสอบการติดตั้งฉนวนบนเพดานเพื่อปรับปรุงให้มีความเหมาะสม
- เลือกระบบทำความร้อน หรือเย็นให้เหมาะสมกับอาคาร
- ลดการสูญเสียความร้อน หรือเย็นผ่านทางประตูเข้าออกด้วยการติดตั้งแผงกั้น
- กำหนดการตัดอุณหภูมิให้เหมาะสมในแต่ละฤดู
- ใช้ระบบการตั้งเวลาเพื่อควบคุม และลดความสูญเสียจากการดำเนินการ
- ตรวจสอบระบบการกรองว่าทำงานเหมาะสม และไม่ก่อให้เกิดความดันตกมากเกินไป
- ไม่สนับสนุนให้ใช้เครื่องทำความร้อน หรือเย็นเป็นส่วนตัว

5.5 ระบบน้ำร้อน

- ลดความต้องการใช้น้ำร้อน และอนุญาตให้ใช้ระบบทำความร้อนเฉพาะที่แทน
- ติดตั้งหม้อไอน้ำเฉพาะแยกออกจากระบบอื่น
- ตรวจสอบการเปิดปิดของปั๊มน้ำร้อน
- ตั้งอุณหภูมิของแท็งก์เก็บน้ำร้อนให้มีความเหมะสม
- ติดตั้ง และปรับปรุงฉนวนตามท่อส่งต่างๆ

5.6 ระบบแสงสว่าง

- ปฏิบัติตามข้อกำหนด AS1680
- ตรวจสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแสงในระบบทำความเย็น
- ปรับปรุงค่า Power Factor ของระบบแสงสว่าง
- ทำความสะอาดหลอดไฟอย่างสม่ำเสมอ

- เปลี่ยนจากหลอดไส้มาเป็นหลอด Fluorescent
- เปลี่ยนหลอด 40W Fluorescent มาเป็น หลอด Triphosphor แบบ High Density
- พิจารณาการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์ โคมสะท้อนแสง
- ป้องกันแสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ด้วยการปรับแต่งกระจก และติดตั้งตัวบังแสง
- เปิดไฟเมื่อต้องการใช้เท่านั้น
- ไม่ควรสนับสนุนให้ใช้แสงสว่างเกินความจำเป็น ตลอดจนติดตั้งแสงไฟที่ส่งผลต่อระบบปรับอากาศ

5.7 **มอเตอร์ขับเคลื่อน**

- เลือกใช้มอเตอร์ให้ถูกวัตถุประสงค์ของงาน
- เลือกใช้มอเตอร์ให้ถูกขนาด
- ตรวจสอบสภาพของมอเตอร์อย่างสม่ำเสมอ
- ปรับตั้งกำลังของมอเตอร์ตามความต้องการใช้
- เลือกใช้ตัวปรับแต่งความเร็วรอบของมอเตอร์ในอุปกรณ์ต่างๆ
- ตรวจสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์

5.8 **อุปกรณ์ทำความเย็น**

- ติดตั้งระบบฉนวน
- ติดตั้งวาล์วอิเล็กทรอนิกส์พิเศษ
- ปรับปรุงการเปลี่ยนถ่ายความร้อนที่เกิดขึ้น
- ปรับแต่งอุณหภูมิให้มีความเหมาะสม
- ป้องกันการเกิดน้ำแข็งที่คอยล์พัดลม
- เพิ่มค่า Utilization ของห้องทำความเย็นด้วยการปิดส่วนที่ไม่ได้ใช้งานลง

6. **แผนปฏิบัติการ**

ขอบเขต และรายละเอียดของแผนปฏิบัติการนั้นขึ้นอยู่กับทรัพยากร และเวลาที่มีอยู่ แต่อย่างไรก็ตามแผนดังกล่าวควรมุ่งเน้นไปที่การดำเนินการที่ไม่จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนสูง การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีเมื่อมีโอกาส และการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอาคาร

ในแต่ละการดำเนินการของแผนปฏิบัติการนั้น จำเป็นต้องมีวิธีการประเมินผลซึ่งชี้วัดได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้การประเมินผลจะช่วยให้เกิดแรงกระตุ้นในการดำเนินการขั้นต่อไป อีกทั้งยังสามารถบ่งชี้ถึงปัญหา และสาเหตุเมื่อแผนการดังกล่าวไม่บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้อีก

ข้อมูลการใช้พลังงานในปัจจุบันถือเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการจัดทำแผนปฏิบัติการ เพราะหากปราศจากซึ่งข้อมูลการใช้พลังงานในปัจจุบัน เราก็ไม่สามารถทราบได้เลยว่าเราควรปรับปรุงการใช้พลังงานไปในแนวทางใด นอกจากนี้ข้อมูลการใช้พลังงานยังถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ (Baseline) ในการพิจารณาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการดำเนินการอีกด้วย

7. การติดตาม (Tracking) และการตรวจติดตาม (Monitoring) การใช้พลังงาน

เพื่อแสดงให้เห็นว่าการดำเนินการต่างๆ เป็นผล เราจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลพลังงานด้านต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวัดความสำเร็จของการดำเนินการที่จัดทำขึ้น

ทั้งนี้การติดตาม และการตรวจติดตามจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินการ ณ ช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้บริหาร และผู้จัดการพลังงานในการวางแผนปรับปรุงการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในขั้นต่อไป

การติดตาม และการตรวจติดตามจะช่วยในการ

- ยืนยันผลการอนุรักษ์พลังงาน
- เป็นฐานข้อมูลในการควบคุมต้นทุนพลังงาน และการเทียบวัดกับองค์กร หรือแผนกอื่นๆ ภายในองค์กรเอง
- ตรวจสอบความถูกต้องของค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

7.1 การติดตามการใช้พลังงาน

การติดตามการใช้พลังงานสามารถดำเนินการได้ผ่านทางข้อมูลการใช้พลังงานรูปแบบต่างๆ เช่น ใบเสร็จ หรือมาตรวัด เป็นต้น ผลลัพธ์จากการติดตามจะช่วยให้ทุกคนทราบถึงสถานะของการดำเนินการในปัจจุบัน นอกจากนี้ผลลัพธ์ดังกล่าวยังอาจนำไปใช้ในการเทียบวัด (Benchmarking) กับองค์กรอื่นๆ ได้อีกด้วย

เพื่อให้เห็นภาพรวมของการใช้พลังงานในองค์กร เราจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานในช่วงเวลาที่ผ่านมา (ประมาณ 24 เดือน) มาใช้ในการคำนวณหาต้นทุนพลังงานในแต่ละส่วนงาน จากนั้นก็นำมาจัดเก็บ และรวบรวม ตลอดจนแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจ โดยอาจแสดงผลเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานของหน่วยงานนั้นๆ เทียบกับพลังงานที่ถูกใช้ไปทั้งหมด หรืออาจจัดทำให้อยู่ในรูปแบบของต้นทุนพลังงานก็ได้

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ แล้ว ภาพรวมการใช้พลังงานขององค์กรจะมีความชัดเจนมากขึ้น ทำให้เราสามารถประเมินการอนุรักษ์พลังงานได้ง่าย และสามารถวัดผลการดำเนินการได้ในทุกๆ กิจกรรมด้วย

7.2 ประโยชน์ของการติดตามการใช้พลังงาน

- ทำให้เห็นภาพต้นทุนพลังงานชัดเจนยิ่งขึ้น
- ทำให้สามารถประเมินต้นทุนพลังงานในองค์กรได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
- ทำให้การวิเคราะห์การใช้พลังงานในองค์กรมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- ทำให้ได้ข้อมูลที่ต้องการโดยไม่เสียเวลาในการค้นหา
- ทำให้สามารถนำข้อมูลด้านการเงินมาร่วมพิจารณาในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ได้
- ทำให้การรายงานผลมีความถูกต้องแม่นยำ ส่งผลทำให้ผู้บริหารสามารถประเมิน และควบคุมต้นทุนพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.3 การตรวจติดตามการใช้พลังงาน

การตรวจติดตามเป็นการวัดการใช้พลังงานอย่างใกล้ชิด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจติดตามจะช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างทันท่วงที

การตรวจติดตามการใช้พลังงานนั้นเป็นการวัดปริมาณการใช้พลังงานในรายละเอียดซึ่งเป็นไปเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในทุกจุดที่เป็นไปได้ เช่น การวัดด้วย Gas Meter หรือ มิเตอร์ไฟฟ้าย่อย เป็นต้น

การวัดการใช้พลังงานในระดับย่อยจะทำให้เราสามารถแยกแยะต้นทุนได้ว่าเกิดขึ้นจากส่วนใด เป็นจำนวนเท่าไหร่ นอกจากนี้ยังทำให้เราทราบถึงผลของฤดูกาลที่มีต่อการใช้พลังงานได้อีกด้วย

7.4 ประโยชน์ของการตรวจติดตามการใช้พลังงาน

- ให้สารสนเทศในรายละเอียดเกี่ยวกับการบริโภคพลังงาน
- ให้สารสนเทศในรายละเอียดเกี่ยวกับการตัดสินใจโดยคำนึงถึงกิจกรรมเป็นหลัก
- ทำให้ทราบถึงความไม่สอดคล้องของการดำเนินการ กับการเดินเครื่องจักร
- ให้สารสนเทศเกี่ยวกับกระบวนการทำให้สามารถตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว

7.5 ความแตกต่างระหว่างการติดตาม และการตรวจติดตาม

การติดตามการใช้พลังงานจะช่วยควบคุมต้นทุนพลังงานให้อยู่ในขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้ แต่ก็ไม่ได้ช่วยให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแต่อย่างใด หากมองในแง่ของสารสนเทศเพื่อการดำเนินการ การติดตามการใช้พลังงานนั้นสามารถกระทำได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยสารสนเทศใดๆ มากนัก ในขณะที่การตรวจติดตามการใช้พลังงานจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ และทรัพยากรต่างๆ เป็นจำนวนมากในการดำเนินการ แต่ก็สามารถทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.6 การเทียบวัด

การเทียบวัดนั้นสามารถดำเนินการได้หลายวิธี ตั้งแต่การเทียบวัดภายในไปถึงการเทียบวัดระหว่างอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น การเทียบวัดภายใน ซึ่งอาจดำเนินการผ่านทางข้อมูลการผลิตในแต่ละเดือนว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด เป็นต้น

สายการผลิตถือเป็นแหล่งที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด ต้นทุนส่วนใหญ่มักเป็นต้นทุนแปรผันซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนสินค้าที่ผลิตในแต่ละช่วงเวลา ในขณะที่โสหุ้ยการผลิตนั้นมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากจำนวนสินค้าที่ผลิตมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเราอาจใช้ต้นทุนต่อหน่วยเป็นตัวชี้วัดในการเทียบวัดได้ ในขณะที่สำนักงาน หรือโกดังเก็บสินค้าก็สามารถทำการเทียบวัดได้โดยใช้ต้นทุนต่อการจัดเก็บในหน่วยพื้นที่เป็นตัวชี้วัด เป็นต้น

สำหรับอาคารพาณิชย์ ร้านค้า โรงแรม หรือห้างสรรพสินค้า เราอาจใช้ต้นทุนพลังงานต่อพื้นที่การให้บริการเป็นตัวชี้วัดก็เป็นได้

7.7 แผนภาพแสดงภาระงาน

แผนภาพแสดงภาระงานถือเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญยิ่งตัวหนึ่ง เนื่องจากแผนภาพดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบได้อย่างชัดเจน ทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถจัดการปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที

แผนภาพแสดงภาระงานจะแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานในช่วงเวลาต่างๆ ทำให้เราสามารถปรับปรุงการใช้พลังงานจากการดำเนินงานที่ผิดพลาดบางประการได้อีกด้วย

7.8 กฎของการติดตาม และการตรวจติดตามการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ

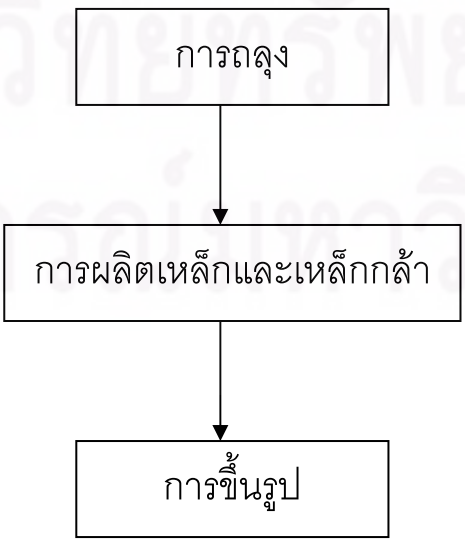
- เก็บข้อมูลเฉพาะตัวแปรที่มีความสำคัญ
- เก็บข้อมูลด้านพลังงานในช่วงเวลาที่ผ่านมาอย่างน้อย 24 เดือน
- ต้องมั่นใจว่าระบบการวัดพลังงานนั้นมีความแม่นยำ และเที่ยงตรง
- ต้องมั่นใจว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดนั้นสามารถแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของการใช้พลังงานขององค์กรได้
- คำนวณหาสัดส่วน Peak and Off – Peak Electricity
- สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Actual กับ Charged Demand
- เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง
- ตรวจติดตามการใช้พลังงานในหน่วยย่อยที่สุดที่เป็นไปได้
- ติดตั้งมาตรวัดย่อยเพื่อวัดการใช้พลังงานในแต่ละส่วนงาน
- จัดให้มีการประชุมร่วมกันเพื่อรายงานผลการดำเนินการในช่วงเวลาที่ผ่านมา

8. การทบทวนการดำเนินการประจำปี

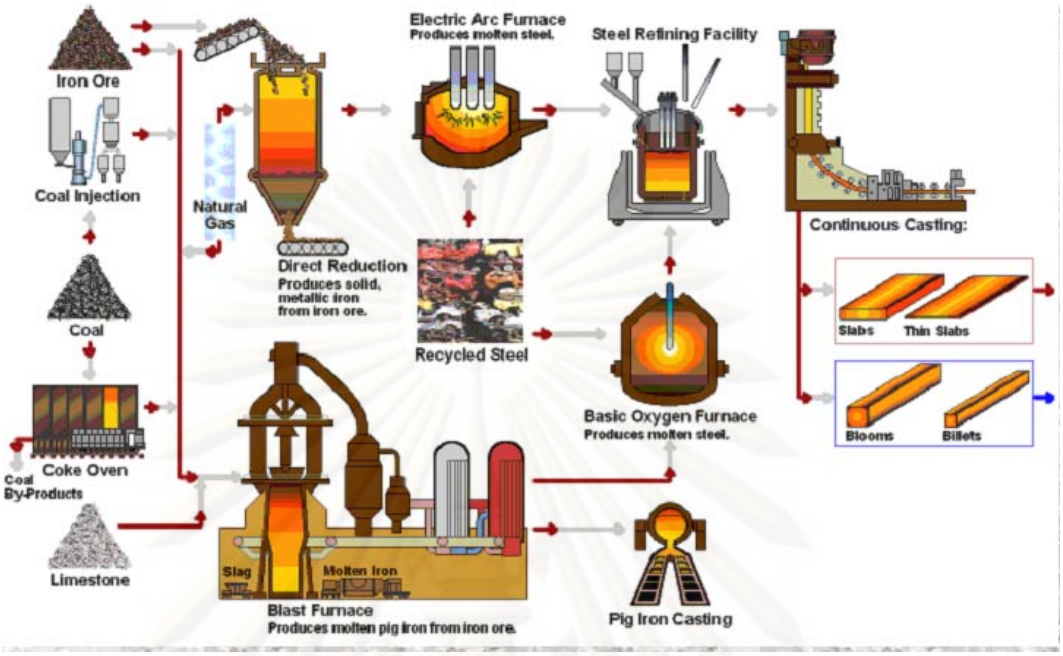
การทบทวนประจำปีเป็นขั้นตอนที่จะทำให้ระบบการจัดการพลังงานเป็นไปอย่างยั่งยืนและต่อเนื่อง หากขาดซึ่งการทบทวนแล้วความผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการอาจไม่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกต้อง ส่งผลทำให้เกิดความล้มเหลวในการจัดการพลังงานไปในที่สุด

2.2 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า

ขั้นตอนของกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า



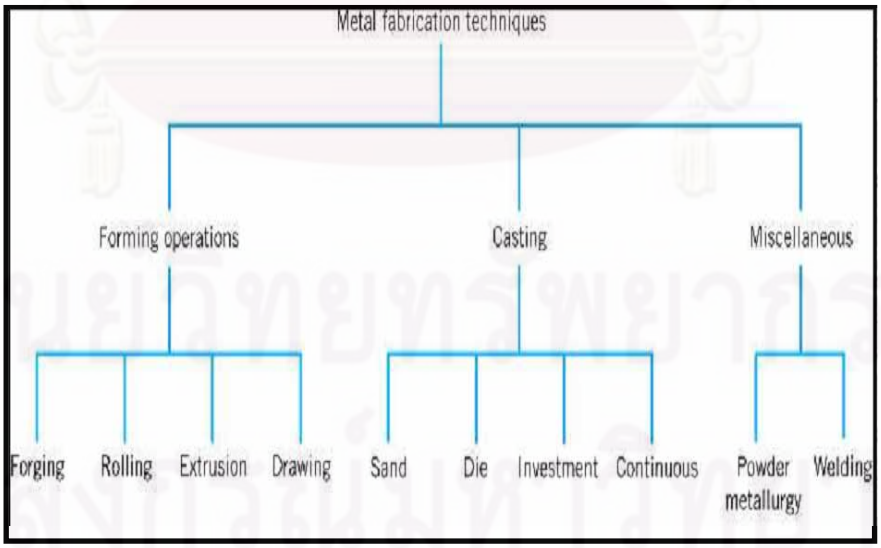
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า

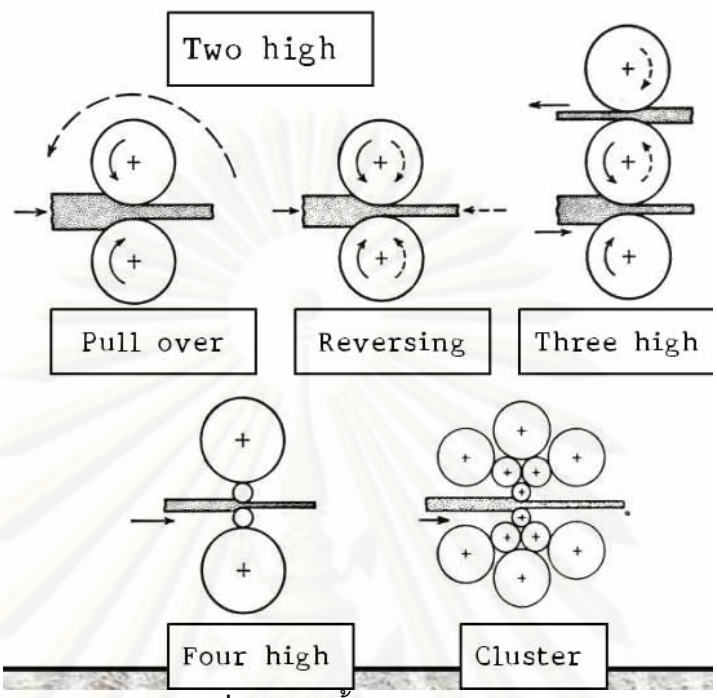
ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=3996&Itemid=11

การขึ้นรูป



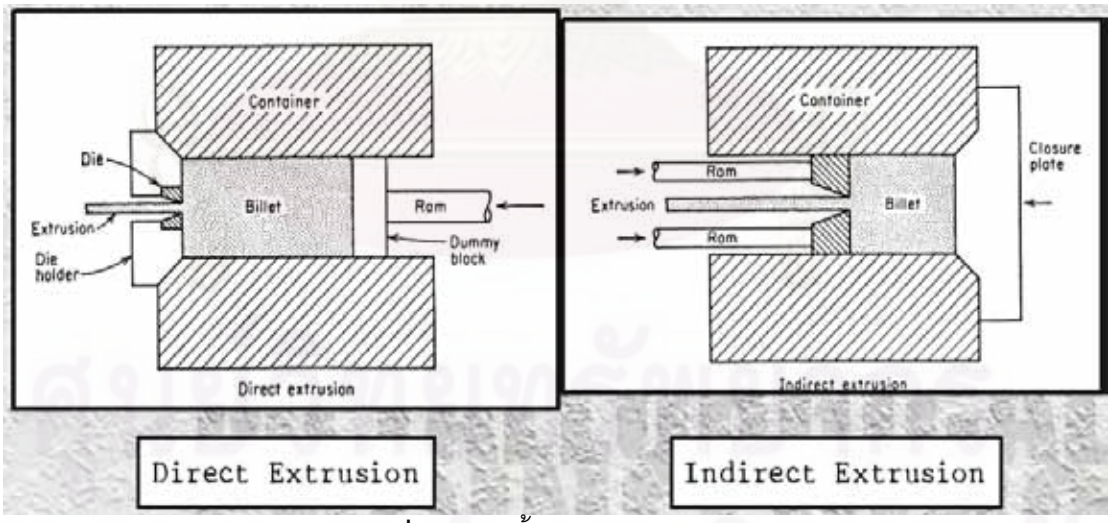
รูปที่ 2.2 การจำแนกรูปแบบการขึ้นรูป

ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=3996&Itemid=11



รูปที่ 2.3 การขึ้นรูปแบบRolling

ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=3996&Itemid=11



รูปที่ 2.4 การขึ้นรูปแบบ Extrusion

ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=3996&Itemid=11

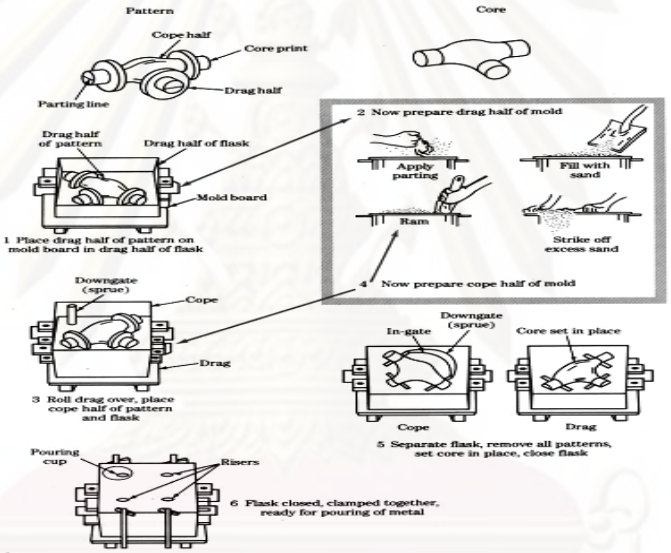
การขึ้นรูปด้วยการหล่อ

การหล่อจะมีบทบาทเมื่อ

- รูปร่างของชิ้นงานมีความซับซ้อน
- โลหะที่ต้องการขึ้นรูปมีความเหนียวน้อยจนไม่สามารถทำ hot & cold working ได้
- การผลิตชิ้นงานนั้นต้นทุนในการหล่อต่ำกว่าเทคนิคการขึ้นรูปแบบอื่น

Sand Casting

- เหมาะสำหรับชิ้นงานขนาดใหญ่
- จำนวนชิ้นงานน้อย
- ต้นทุนต่ำ

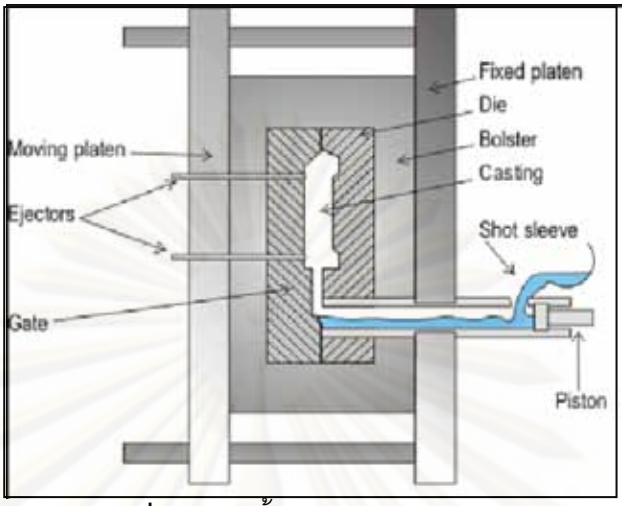


รูปที่ 2.5 การขึ้นรูปแบบ Sand Casting

ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=3996&Itemid=11

Die Casting

- เหมาะสำหรับชิ้นงานขนาดเล็ก
- ใช้แรงดันช่วยผลักน้ำโลหะให้เข้าไปในโพรงแบบ
- ผลิตจำนวนมาก
- หล่อโลหะที่จุดหลอมเหลวต่ำ
- อัตราการผลิตสูง

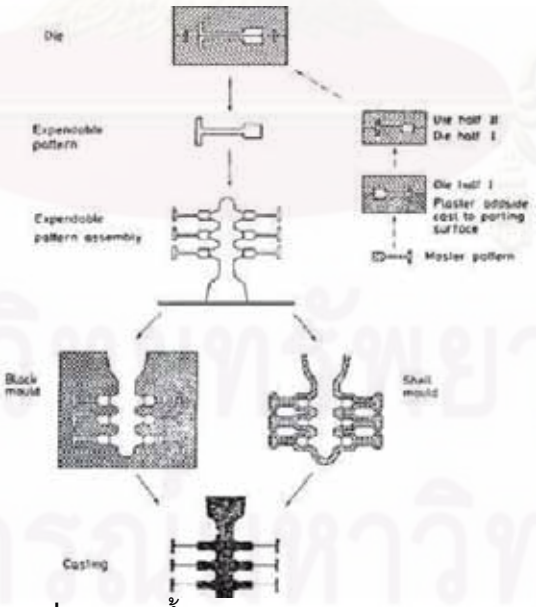


รูปที่ 2.6 การขึ้นรูปแบบ Die Casting

ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=3996&Itemid=11

Investment Casting

- เหมาะสำหรับชิ้นงานขนาดเล็ก
- ผลิตจำนวนน้อย
- รูปร่างซับซ้อนมีลวดลายมาก เช่น เครื่องประดับ

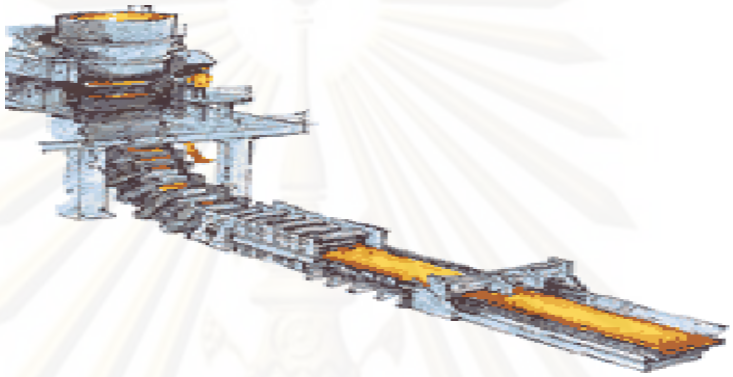


รูปที่ 2.7 การขึ้นรูปแบบ Investment Casting

ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=3996&Itemid=11

Continuous Casting

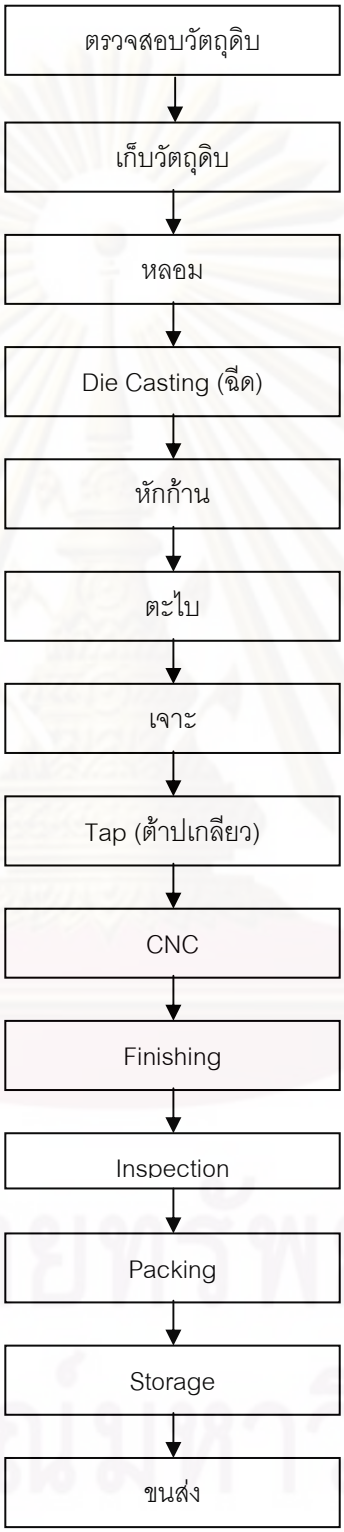
- เป็นการหล่อต่อเนื่องจากการผลิตเหล็กกล้า
- วัตถุดิบคือน้ำเหล็กที่ได้จากเตา BOF
- เมื่อหล่อเสร็จทำการรีดต่อเนื่อง
- ได้โครงสร้างส่วนผสมทางเคมีที่มีความสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.8 การขึ้นรูปแบบ Continuous Casting

ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=3996&Itemid=11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.9 กระบวนการผลิตในโรงงาน Die Casting

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 **ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ** (Specific Energy Consumption : SEC)

การดำเนินงานเพื่อนำไปสู่การพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานนั้น จำเป็นต้องมีการประเมินการใช้พลังงานของโรงงานเสียก่อน โดยใช้ดัชนีชี้วัดการบริโภคพลังงานจำเพาะ SEC (Specific Energy Consumption) ซึ่งเป็นค่าดัชนีสำหรับชี้วัดปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ในระดับกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณจากปริมาณพลังงานที่โรงงานใช้ในเดือนนั้นต่อปริมาณผลผลิตในช่วงเดียวกัน สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$SEC = E / P$$

SEC = ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน
E = ปริมาณพลังงานที่โรงงานใช้ในช่วงเวลานั้น
P = ปริมาณผลผลิตในช่วงเดียวกัน

ได้แยกค่าดัชนีการใช้พลังงานเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (SEC) มีหน่วยเป็น kWh ต่อหน่วยผลผลิต และหน่วยร่วมเป็น MJ ต่อหน่วยผลผลิต

2. ค่าดัชนีการใช้พลังงานความร้อน (SEC) มีหน่วยเป็น MJ ต่อหน่วยผลผลิต

3. ค่าดัชนีการใช้พลังงานปฐมภูมิ (Primary SEC) มีหน่วยเป็น MJ ต่อหน่วยผลผลิตหาจากการนำค่า SEC ความร้อนรวมกับค่า SEC พลังงานไฟฟ้าที่แปลงเป็นค่าพลังงานความร้อนแล้ว โดยการนำค่าพลังงานไฟฟ้าหารด้วยปริมาณผลผลิต (หน่วย kWh / Ton) จากนั้นนำไปคูณกับ 0.0036 GJ/Ton แล้วหารด้วย 0.45*

* หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนของประเทศไทย เท่ากับ 45% 18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการหาค่า SEC ปฐมภูมิ

ตัวอย่างการประเมินค่าดัชนีชี้วัดพลังงาน (SEC) ของโรงงานตัวอย่าง

โรงงานผลิตขวดแก้ว ก ต้องการวิเคราะห์ค่า SEC ในกระบวนการหลอม จึงมีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อหน่วยเวลา ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อหน่วยเวลา

ปริมาณผลผลิต (ตัน/วัน)	พลังงานที่ใช้					
	พลังงานไฟฟ้า (kWh/วัน)	SEC ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	พลังงานความร้อน		SEC ดัชนีการใช้พลังงานความร้อน(GJ/ตัน)	SEC ปฐมภูมิ (GJ/ตัน)
			น้ำมันเตา (ลิตร/วัน)	คิดเป็น GJ/วัน		
90	466	5.18	15,000	569.85	6.33	6.37

จากข้อมูลและการคำนวณ ค่า SEC ในกระบวนการหลอมของโรงงานตัวอย่าง

- มีค่า SEC พลังงานไฟฟ้า = 5.18 kWh / Ton หรือแปลงเป็นค่าพลังงานความร้อนได้เท่ากับ 5.18 kWh / Ton X 0.0036 GJ/Ton
- จากนั้นหารด้วย 0.45 จะได้เท่ากับ 0.041 GJ / Ton
- เมื่อนำมาบวกกับค่า SEC พลังงานความร้อนของน้ำมันเตาซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.33 GJ / Ton

จะได้ค่า SECปฐมภูมิเท่ากับ 6.37 GJ / Ton

ค่าดัชนีการใช้พลังงานจะมีประโยชน์อย่างมากในการติดตาม และควบคุมการใช้พลังงาน ซึ่งโรงงานควรจะจัดทำและวิเคราะห์ค่าดังกล่าวทุกเดือน ค่าที่ได้นี้สามารถนำมาใช้ในการควบคุมและติดตามการใช้พลังงาน ซึ่งยังสามารถสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากอดีตจนถึงปัจจุบันว่ามีการพัฒนาดีขึ้นหรือลดลง และยังสามารถนำไปเทียบเคียงกับค่าดัชนีเทียบเคียงการใช้พลังงาน SEC Benchmarking เพื่อประเมินว่าโรงงานมีการใช้พลังงานอยู่ในระดับใดได้อีกด้วย

2.4 การวิเคราะห์สมการถดถอยและสหสัมพันธ์

2.4.1 การวิเคราะห์สมการถดถอยชนิดหลายตัวแปร (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์สมการถดถอยชนิดหลายตัวแปรเป็นการวิเคราะห์สมการของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันซึ่งพิจารณา สำหรับตัวแปรอิสระ 2 ตัวหรือมากกว่าสองตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันในสมการ และมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร คือ ตัวแปรอิสระแต่ละตัวต้องเป็นอิสระต่อกันและไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยสมการถดถอยหลายตัวแปรดังแสดงในสมการที่ 2.8 คือ

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots b_nX_n \qquad (2.8)$$

โดยที่ Y = ตัวแปรตาม

$X_1, X_2, \dots, X_n$ = ตัวแปรต้น

a = จุดตัดแกน Y

b_n = Regression coefficient คือค่าของ Y ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อค่า X_n เปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยที่ X ตัวอื่นๆ คงที่

ในสมการถดถอยหลายตัวแปร โดยเฉพาะ X_1, X_2 มีโอกาสที่จะเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์โดยค่าเหล่านี้เรียกว่า coefficients of partial regression ปรกติ ตัวแปรอิสระแต่ละตัวจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่นๆ ดังนั้นความไม่สัมพันธ์ระหว่าง Y และ X_1 กับความไม่สัมพันธ์ระหว่าง X_1 และ X_2 จึงเป็นเรื่องปรกติ

2.4.2 การวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor Analysis)

การวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor Analysis) หรือบางครั้งเรียกว่า การวิเคราะห์ปัจจัย เป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์นั้นอาจเป็นไปในทิศทางบวก (ไปในทิศทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่คนละ

ปัจจัยจะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย หรือในอีกความหมายหนึ่งของการวิเคราะห์องค์ประกอบ หรือเรียกว่า การวิเคราะห์ตัวประกอบ เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลการวัด โดยใช้เครื่องมือหรือเทคนิคหลายชุดหรือหลายด้าน อาจใช้แบบทดสอบแบบวัด แบบสำรวจ ฯลฯ อาจใช้ชุดเดียวแต่มีการวัดแยกเป็นรายด้าน หรือหลายชุดก็ได้ ผลการวิเคราะห์จะช่วยให้ทราบว่า เครื่องมือหรือเทคนิคเหล่านั้นวัดแต่ละองค์ประกอบมากน้อยเพียงใด สำหรับการพิจารณาผลจากการวิเคราะห์จะใช้หลักเหตุผล ระบุ (หรือกำหนดชื่อ) องค์ประกอบที่วัดนั้น ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบจะปรากฏค่าต่างๆ ที่สำคัญ คือ Communality ซึ่งเขียนด้วย h2 เป็นค่าความแปรปรวนที่แต่ละด้าน แบ่งให้กับแต่ละองค์ประกอบ เป็นส่วนที่ชี้ว่าแต่ละด้าน วัดองค์ประกอบนั้นร่วมกับตัวแปรอื่นมากน้อยเพียงใด ค่า Eigenvalues เป็นผลรวมกำลังสองของสัมประสิทธ์ ขององค์ประกอบร่วมในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1 จึงจะถือว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งๆ ที่แท้จริง ส่วน Factor Loading เป็นค่าน้ำหนัก องค์ประกอบที่แต่ละฉบับ (ด้าน) วัดในองค์ประกอบนั้น นอกจากนี้ ส.วาสนา ก็ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์องค์ประกอบว่าจะยึดหลักที่ว่าตัวแปรหรือข้อมูลต่างๆ มีความสัมพันธ์กันมาก เนื่องมาจากตัวแปรเหล่านี้มีองค์ประกอบร่วมกัน (Common Factor) สังเกตได้จาก การจัดกลุ่มของ ตัวแปรหรือค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ดังนั้น สามารถใช้องค์ประกอบร่วม แทนตัวแปรกลุ่มนั้นได้ ทำให้ทราบถึงโครงสร้างและแบบแผนของข้อมูล ทำให้หาองค์ประกอบร่วมของตัวแปรได้ และสามารถหาน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของตัวแปรแต่ละตัวได้ ซึ่งค่าน้ำหนักองค์ประกอบนี้สามารถอธิบายได้ถึง ความแปรปรวนร่วมระหว่างกันของตัวแปร ทำให้ทราบถึงโครงสร้างและแบบแผนของข้อมูล ทำให้หาองค์ประกอบร่วมของแต่ละตัวได้ ซึ่งค่าน้ำหนักองค์ประกอบนี้ สามารถอธิบายได้ถึงความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรกับองค์ประกอบนั้นอันแสดงถึงขนาด (Magnitude) ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับองค์ประกอบ

1) วัตถุประสงค์ของเทคนิค Factor Analysis มีดังนี้

- เพื่อศึกษาว่าตัวประกอบร่วมที่จะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยที่จำนวนตัวประกอบร่วมที่หาได้จะมีจำนวนน้อยกว่า จำนวนตัวแปรนั้นมีตัวประกอบร่วมอะไรบ้าง โมเดลนี้ เรียกว่า Exploration Factor Analysis Model

- เพื่อศึกษาการทดสอบสมมติฐาน เกี่ยวกับโครงสร้างของตัวประกอบว่า ตัวประกอบแต่ละตัวประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้าง และตัวแปรแต่ละตัวควรมีน้ำหนักหรืออัตราความสัมพันธ์กับตัวประกอบมากน้อยเพียงใดตรงกับที่คาดคะเนไว้หรือไม่ หรือสรุปได้ว่าเพื่อ

ต้องการทดสอบว่าตัวประกอบอย่างนี้ตรงกับโมเดลหรือตรงกับทฤษฎีที่มีอยู่หรือไม่ โมเดลนี้เรียกว่า Confirmatory Factor Analysis Model

2) ประโยชน์ของเทคนิค Factor Analysis มีดังนี้

- ลดจำนวนตัวแปร โดยการรวมตัวแปรหลายๆ ตัวให้อยู่ในปัจจัยเดียวกัน ปัจจัยที่ได้ถือเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถหาค่าข้อมูลของปัจจัยที่สร้างขึ้นได้ เรียกว่า Factor Score แล้ว จึงสามารถนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป เช่น การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมติฐาน t-test Z- test และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) เป็นต้น

- ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาอันเนื่องมาจากการที่ตัวแปรอิสระของเทคนิคการวิเคราะห์สมการความถดถอย มีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) ซึ่งวิธีการอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหานี้ คือ การรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ไว้ด้วยกัน โดยการสร้างเป็นตัวแปรใหม่หรือเรียกว่าปัจจัย โดยใช้เทคนิค Factor Analysis แล้วนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ความถดถอยต่อไป

- ทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เนื่องจากเทคนิค Factor Analysis จะหาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทีละคู่แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในปัจจัยเดียวกัน จึงสามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ทีอยู่ในปัจจัยเดียวกันได้ ทำให้สามารถอธิบายความหมายของแต่ละปัจจัยได้ ตามความหมายของตัวแปรต่างๆที่อยู่ในปัจจัยนั้น ทำให้สามารถนำไปใช้ในด้านการวางแผนได้ เช่น ศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า

2.4.3 **วิธีการคัดเลือกตัวแปร**

วิธีการคัดเลือกตัวแปรเข้าสมการเพื่อให้สมการสามารถทำนายตัวแปรตามได้ดีที่สุด โดยจะใช้วิธีคัดเลือกตัวแปรแบบถอยหลัง (Backward Selection) ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นการนำตัวแปรทำนายทั้งหมดเข้าสมการจากนั้นก็จะค่อยๆ ขจัดตัวแปรทำนายออกทีละตัว โดยจะหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายที่อยู่ในสมการแต่ละตัวกับตัวแปรตามเมื่อขจัดตัวแปรทำนายอื่นๆ ออกแล้ว หากทดสอบค่าสหสัมพันธ์แล้วพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะขจัดออกจาก

สมการ แล้วดำเนินการทดสอบตัวแปรที่เหลืออยู่ในสมการต่อไป จนกระทั่งสหสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรทำนายแต่ละตัวกับตัวแปรตามเมื่อขจัดตัวแปรอื่นๆ ออกแล้วพบว่ามีระดับนัยสำคัญทางสถิติก็จะหยุดการคัดเลือกและได้สมการการทดสอบที่มีสัมประสิทธิ์การทำนายสูงสุด ขั้นตอนการวิเคราะห์การคัดเลือกตัวแปรและการหาสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ

2.4.4 **สัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ** (Coefficient of Determination)

การตัดสินใจโดยอาศัยแบบสมการถดถอยจะมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด จะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่แสดงผลที่ว่าความผันแปรในตัวแปรตอบสนองสามารถอธิบายได้ด้วยข้อมูลตามแบบสมการถดถอยนั้นได้มากน้อยเพียงใด ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาถึงสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ ซึ่งนิยามได้ว่า

$$R^2 = \frac{\text{ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย}}{\text{ความผันแปรทั้งหมดในข้อมูล}}$$

โดยให้ R^2 แทนค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (ใช้ค่ากำลังสอง เนื่องจากการประเมินค่าของสัมประสิทธิ์ดังกล่าว จะพิจารณาจากค่าผลรวมกำลังสอง)

ดังนั้น ผู้วิเคราะห์ส่วนใหญ่ได้คาดหมายที่จะได้ค่า R^2 มีค่ามากๆ เข้าใกล้ 1.00 แต่อย่างไรก็ตามมีข้อควรระวังค่อนข้างมากในการตีความหมาย R^2 ทั้งนี้เนื่องจากว่า ในกรณีที่มีข้อมูล n ตัว แล้วทำการสร้างแบบสมการถดถอยเป็นโพลีโนเมียลอันดับ n-1 แล้ว ก็จะได้ $R^2 = 1.00$ เสมอ แต่มิได้หมายความว่าแบบสมการถดถอยดังกล่าวมีความเหมาะสมที่ดีกับข้อมูล เพราะจะเป็นไปไม่ได้ที่ $R^2 = 1.00$ เนื่องจากแบบสมการถดถอยจะไม่สามารถอธิบายความผันแปรเนื่องจากการทดลอง (Pure error) ได้ ในการวิเคราะห์จึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาจากค่าองศาความอิสระของความคลาดเคลื่อนเสมอ หากค่าองศาความอิสระของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยมาก จะทำให้มีโอกาสในการตัดสินใจผิดพลาดสูงมาก

ในการพิจารณาความเหมาะสมของแบบสมการถดถอยนั้น ถ้าหากมีการเพิ่มเทอมตัวแปรถดถอยเข้าไปในแบบสมการแล้วจะมีผลทำให้ R^2 ของแบบสมการใหม่เพิ่มขึ้นเสมอ แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่า แบบสมการใหม่จะดีกว่าแบบสมการเก่า เพราะการเพิ่มเทอมตัวแปรถดถอยเข้าไปในแบบสมการจะทำให้องศาความอิสระของความคลาดเคลื่อนในแบบสมการใหม่มีค่าลดลง ดังนั้น แบบสมการใหม่จะดีกว่าแบบสมการเดิมก็ต่อเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนในแบบสมการใหม่

ในรูป SS_E มีค่าลดลงไม่น้อยกว่าค่ามัชฌิมความคลาดเคลื่อนของแบบสมการเดิม, MS_E ซึ่งจะมีผลทำให้ค่ามัชฌิมความคลาดเคลื่อนของแบบสมการใหม่มีค่าต่ำกว่าค่ามัชฌิมความคลาดเคลื่อนของแบบสมการเดิม

แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิเคราะห์นิยมหลีกหนีความยุ่งยากในการตีความหมาย R^2 ด้วยการใช้ตัวสถิติใหม่ที่เรียกว่า “Adjusted R^2” (R^2 ที่ได้รับการปรับค่า) ผู้สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Montgomery and Peck (1982, p. 249-252) ค่าของ R^2 นี้จะขึ้นอยู่กับช่วงความผันแปรถดถอย กล่าวคือ R^2 จะมีค่าเพิ่มขึ้น (หรือลดลง) เมื่อความผันแปรในตัวแปรถดถอย x มีค่าเพิ่มขึ้น (หรือลดลง)

ในการใช้สัมประสิทธิ์ R^2 นี้ มักจะมีการใช้ผิดกันค่อนข้างมาก โดยความผิดที่พบเห็นกันทั่วไป ได้แก่

1. ความเข้าใจผิดว่า R^2 ใช้วัดค่าความชันของตัวแปรสมการถดถอย ทั้งนี้เพราะว่า R^2 มิได้เกี่ยวข้องกับค่าความชันของตัวแปรสมการถดถอย เพราะแม้ R^2 จะมีค่าสูงมาก ก็มิได้หมายความว่าค่าความชันของตัวแปรสมการถดถอยจะมีค่าสูงมาก

2. ความเข้าใจผิดว่า R^2 ใช้วัดความเหมาะสมของตัวแบบสมการถดถอยกับข้อมูล เพราะว่า R^2 อาจจะมีค่าสูงมาก โดยที่ตัวแบบสมการดังกล่าวอาจจะไม่เหมาะสมกับข้อมูลก็ได้ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

3. ความเข้าใจผิดว่า R^2 ใช้วัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของ x กับ y ได้ ทั้งนี้เพราะแม้ x และ y จะมีความสัมพันธ์แบบมิใช่เชิงเส้นตรง ค่า R^2 อาจจะค่ามากก็ได้

2.5 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วีระพงษ์ ประสาทศิลปิน ทำการศึกษาการประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1 โดยได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันก๊าซ ในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ซึ่งใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติเป็นพลังงานหลัก และในการผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าให้น้อยลง โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบกับสมรรถนะเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของกังหันก๊าซ คือ ระดับความสูงที่ติดตั้งเครื่องจักร(Altitude) ความดันไอเสีย(Exhaust Pressure) การเสื่อมสภาพของกังหันก๊าซ(Gas Turbine Degradation) ความดันอากาศขาเข้า(Inlet Temperature) ความสะอาดของคอมเพรสเซอร์(Cleanliness of

Compressor) การรักษาสมรรถนะของกังหันก๊าซที่ลงทุนน้อยที่สุดคือการรักษาความสะอาดของคอมเพรสเซอร์ และทำ PM (Preventive Maintenance) โดยตรวจสอบสภาพเครื่องจักร กังหันก๊าซ ตามระยะเวลา ประจำวัน ประจำสัปดาห์ และประจำเดือน เพื่อทำการแก้ไขก่อนเกิดความเสียหายขึ้น

อุษา แพนพันธ์อ้วน ทำการศึกษาการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยพบว่าระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด จึงได้มีการศึกษาปัจจัยที่เป็นเงื่อนไขทางด้าน วิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและลดค่าใช้จ่ายโดยมีเกณฑ์เงื่อนไข คือ

1. ด้านวิศวกรรม ประกอบด้วย ข้อมูลย่อยด้านเทคนิค ประสิทธิภาพ และการใช้พลังงาน
2. ด้านการจัดการ ประกอบด้วยการจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ การซ่อมบำรุงขณะใช้งาน และค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ
3. ด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย การลงทุนติดตั้งระบบ และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
4. ด้านพลังงานประกอบด้วย การอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน

ได้มีการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อวิเคราะห์ทางเลือกในการใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมซึ่งสามารถคำนวณภาระการทำความเย็น เงินลงทุน และ ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ ทำให้สะดวก รวดเร็วและลดค่าใช้จ่ายลงได้

สงวน ตั้งโพธิธรรม ทำการศึกษาการใช้และการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยมีการจัดตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงานรับผิดชอบโครงการขึ้นเพื่อศึกษาหาแนวทางการประหยัดพลังงาน การศึกษาแบ่งเป็นสองภาค คือ ภาคไฟฟ้าเน้นเรื่องเส้นกราฟของโหลด ระบบส่องสว่าง และระบบปรับอากาศ ส่วนภาคความร้อนจะเน้นเรื่องประสิทธิภาพของการสันดาปและการใช้ไอน้ำ ซึ่งประหยัดพลังงานได้ประมาณ 10% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และจากการวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็ให้ผลของระยะเวลาคืนทุนที่สั้น

สิงหา เจียมศิริ จากบทความเรื่อง “บทบาทของวิศวกรรมอุตสาหการในการจัดการพลังงาน” โดยกล่าวว่า ในการจัดการพลังงานควรมีเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่แน่ชัดมีโปรแกรมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยขึ้นอยู่กับการสนับสนุนจากฝ่ายบริหารระดับสูง และความร่วมมือจากบุคลากรทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ลักษณะเป้าหมายของการจัดการพลังงานอาจแบ่งได้ ดังนี้

- เพื่อทำกำไรสูงสุด จากการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิผล
- เพื่อปรับปรุงสถานะภาพภายใต้สถาวะแข่งขันจากการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิผล
- เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะของบริษัทจากการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิผล และในการที่จะบรรลุเป้าหมายดังกล่าวนั้นต้องมีวัตถุประสงค์ย่อยลงไปอีก ตัวอย่าง เช่น
- การกำหนดเป้าหมายในการประหยัดพลังงาน
- การลดความรุนแรงของผลกระทบในกรณีขาดแคลนพลังงาน
- การยันทึกข้อมูลและการทำรายงานอย่างสม่ำเสมอ (คล้ายกับการทำบัญชี ซึ่งมีเงินเป็นทรัพยากรที่จำกัด)
- การวิจัยและพัฒนาวิธีการที่จะประหยัดพลังงานหรือไม่ก็เพิ่มผลตอบแทนจากการลงทุนเกี่ยวกับพลังงาน
- การมีระบบสื่อสารที่ดีเกี่ยวกับเรื่องพลังงาน
- การส่งเสริมความสนใจและสำนึกเกี่ยวกับพลังงานให้แก่พนักงานของบริษัท เป็นต้น

การที่บริษัทจะดำเนินการเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน ควรที่จะเริ่มโดยการพิจารณาอย่างรอบคอบเกี่ยวกับเป้าหมายและวัตถุประสงค์เหล่านี้ และที่สำคัญควรที่จะกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของโปรแกรมการจัดการพลังงานเป็นลายลักษณ์อักษร และประกาศให้พนักงานของบริษัททราบโดยทั่วกัน

โสวัตร สวงรัมย์ จากบทความเรื่อง “การประหยัดพลังงานในโรงกลั่นน้ำมันบางจาก” สรุปได้ว่า

หลักการประหยัดเชื้อเพลิงในโรงกลั่นน้ำมัน มี 4 หัวข้อใหญ่ คือ

1. การเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ ด้วยวิธีการลดอากาศส่วนเกินเพราะจะเกิดความร้อนสูญเสียเนื่องจากต้องใช้ไปในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศส่วนเกิดนี้เอง, การตรวจสอบหารอยรั่วของเตาเพื่อป้องกันอากาศเข้าไปในเตา, การรักษาท่อน้ำมันภายในเตาให้สะอาดเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งที่ต้องการรับความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ,

การทำน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยเพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์, การรักษาหัวฉีดน้ำมันให้สะอาดเพื่อป้องกันการอุดตันและการปรับแต่งหัวฉีดเพื่อการกระจายการเผาไหม้ทุกหัวฉีดให้เท่าๆกัน

2. การนำเอาความร้อนที่ใช้แล้วมาใช้เป็นประโยชน์อีกจากไอน้ำมัน, จาก Flue Gas หรือจากการนำความร้อนแฝงของ Exhaust steam มาใช้
3. การประหยัดไอน้ำและไฟฟ้าด้วยกันตรวจสอบรอยรั่วของไอน้ำ, ตรวจสอบการทำงานของ Steam trap, ตรวจสอบฉนวนหุ้มท่อไอน้ำ, การใช้ไอน้ำเพื่อช่วยให้น้ำมันเป็นฝอยเมื่อพ่นออกจากหัวฉีดน้ำมันและการใช้ Stripping steam และ Process steam
4. แผนการประหยัดน้ำมัน
   ผลการประหยัดพลังงานของโรงกลั่นน้ำมันบางจากตั้งแต่ปี 2518 – 2522 สามารถประหยัดพลังงานคิดเป็นเงินถึง 150 ล้านบาท

ไมตรี สุวรรณนัจศิริ จากบทความเรื่อง “การประหยัดพลังงานในบริษัทไทยบริดจสโตน จำกัด” สรุปว่าได้มีการปรับปรุงการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าตัวหม้อไอน้ำโดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 1,320,000 บาท สามารถประหยัดน้ำมันเตาได้ปีละ 382,000 บาท และประหยัดน้ำที่จะต้องส่งเข้าตัวหม้อไอน้ำปีละ 108,000 บาทซึ่งจะสามารถคุ้มทุนภายใน 3 ปี และได้มีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนแปลงระบบการถ่ายเทความร้อนซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 2,400,000 บาท โดยสามารถประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าได้เดือนละ 27,000 บาท นอกจากนี้ยังได้สรุปผลงานที่ได้ทำการประหยัดพลังงานด้านไฟฟ้าตั้งแต่ปี 1975 โดยมีวิธีการประหยัดหลายอย่าง เช่น ลดอัตราการใช้แสงสว่าง, กำหนดเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องจักร, จัดทำระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ, ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนที่หม้อแปลง, เปลี่ยนแปลงระบบการทำน้ำร้อน และ ซ่อมรอยรั่วโดนเฉพาะที่เกี่ยวกับน้ำและลม เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาทั่วไปในการจัดการด้านพลังงาน

ในบทของการศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาทั่วไปในการจัดการพลังงานจะกล่าวถึงสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง ประวัติความเป็นมา ลักษณะทั่วไปขององค์กร ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต การใช้พลังงาน ปริมาณการผลิต และการจัดทำดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ

3.1 สภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง

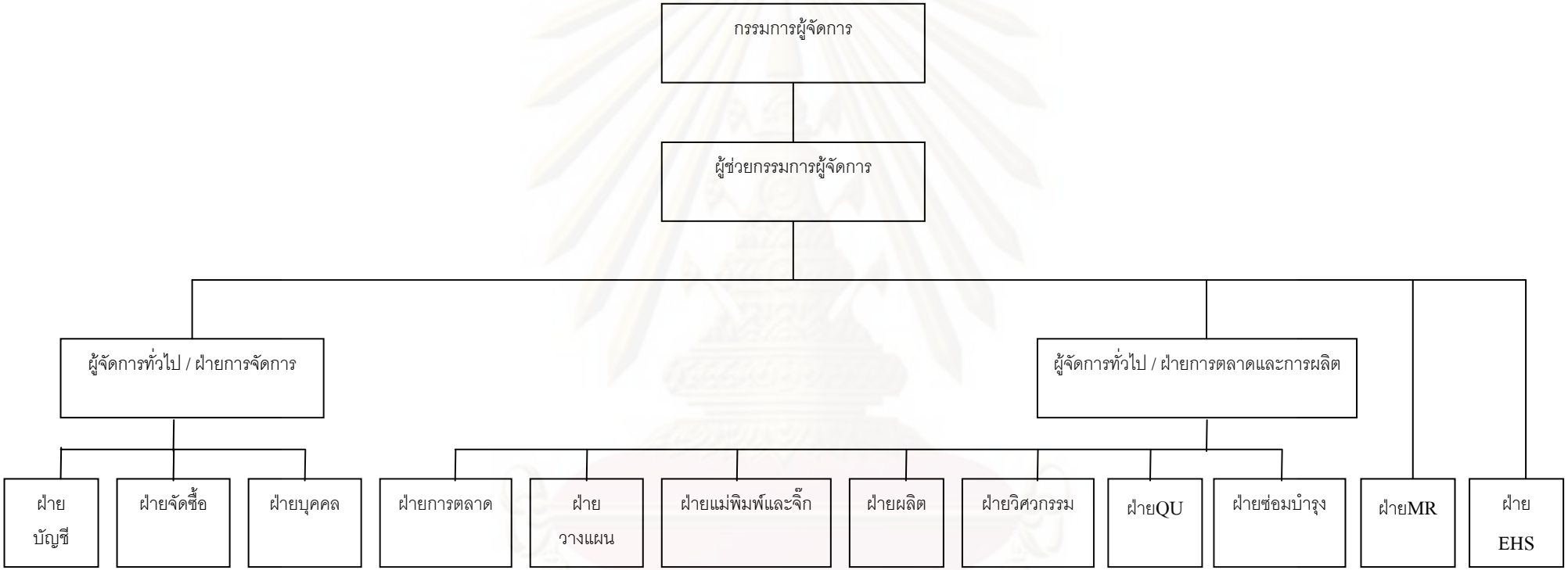
การศึกษาสภาพโดยทั่วไปของโรงงานตัวอย่างนับเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาทั่วไปในการบริหารจัดการพลังงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ประวัติความเป็นมา

โรงงานตัวอย่างเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยหล่อแล้วฉีดขึ้นรูป โดยโรงงานตั้งอยู่ที่ จังหวัด สมุทรสาคร โรงงานได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2514 ด้วยทุนจดทะเบียน 150,000,000 บาท ตั้งอยู่บนเนื้อที่ 26,582 ตารางเมตร มีพนักงานทั้งหมด 360 คน โดยปัจจุบันโรงงานมีกำลังการผลิต 600 ตันต่อเดือนสำหรับชิ้นงานอลูมิเนียมอัลลอยด์ และ 400 ตันต่อเดือนสำหรับชิ้นงานสังกะสีอัลลอยด์ โดยทางโรงงานนั้นเป็นผู้นำในธุรกิจรับจ้างผลิตชิ้นงานอัลลูมิเนียมและสังกะสีอัลลอยด์ด้วยกระบวนการหล่อความดันสูงและการหล่อโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ซึ่งได้ส่งชิ้นงานไปในธุรกิจ อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็คโทรนิค อุตสาหกรรมไฟฟ้าแรงสูง ฯลฯ

3.1.2 ลักษณะทั่วไปขององค์กร

ลักษณะโดยทั่วไปขององค์กรนั้นเป็นองค์ประกอบที่แสดงให้เห็นถึงระบบความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและตำแหน่งต่างๆภายในองค์กรนั้นๆซึ่งโรงงานที่ทำการศึกษามีรูปแบบลักษณะโครงสร้างและอำนาจความรับผิดชอบตามโครงสร้างองค์กรดังรูปที่ 3.1



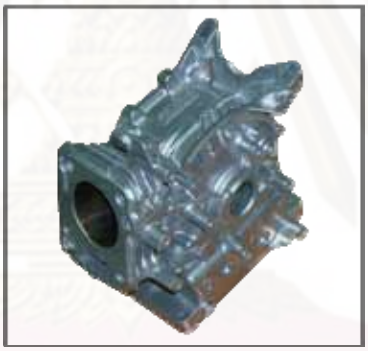
รูปที่ 3.1 แผนผังโครงสร้างองค์กรของโรงงานตัวอย่าง

3.1.3 **ผลิตภัณฑ์**

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่างมีดังนี้

รูปที่ 3.2 ผลิตภัณฑ์ : Assy RT/ET

ประเภท : Agriculture Diesel Engine



รูปที่ 3.3 ผลิตภัณฑ์ : Barlae

ประเภท : Agriculture Diesel Engine

รูปที่ 3.4 ผลิตภัณฑ์ : Gear Case

ประเภท : Agriculture Diesel Engine

รูปที่ 3.5 ผลิตภัณฑ์ : Gear Case

ประเภท : High Voltage Electrical

3.1.4 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างซึ่งเป็นโรงงานประเภทหล่อแล้วฉีดขึ้นรูปนั้น ประกอบด้วยกระบวนการดังนี้

1. กระบวนการตรวจสอบวัตถุดิบ
2. กระบวนการเก็บวัตถุดิบ
3. กระบวนการหลอม
4. กระบวนการฉีดขึ้นรูป (Die Casting)
5. กระบวนการหักก้าน
6. กระบวนการตะไบ
7. กระบวนการเจาะ
8. กระบวนการต้าปเกลียว
9. กระบวนการ CNC
10. กระบวนการ Finishing
11. กระบวนการ Inspection
12. กระบวนการ Packing
13. กระบวนการจัดเก็บ
14. กระบวนการขนส่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.5 การใช้พลังงาน

การใช้พลังงานของทางโรงงานตัวอย่างนั้นมีการใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิง LPG โดยมีข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนดังนี้

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

จำนวนหม้อแปลง	1 ลูก
พิกัดหม้อแปลง	1,000 kVA
แรงดัน	22 KV
ประเภทผู้ใช้ไฟ	TOU
ระดับแรงดันไฟฟ้า	22 – 33 kv

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตรายเดือน ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม 2551

เดือน	**ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (หน่วย)**
มกราคม 51	294,168
กุมภาพันธ์ 51	302,420
มีนาคม 51	326,068
เมษายน 51	298,452
พฤษภาคม 51	333,408
มิถุนายน 51	317,080
กรกฎาคม 51	320,479
สิงหาคม 51	284,623
กันยายน 51	242,771
ตุลาคม 51	255,539
พฤศจิกายน 51	307,412
ธันวาคม 51	321,380
เฉลี่ย	**300,316.67**

ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง

ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงที่แสดงนั้นจะแบ่งออกตามประเภทการผลิต คือสำหรับผลิตชิ้นงานอัลลูมิเนียมอัลลอยด์และสำหรับผลิตชิ้นงานสังกะสีอัลลอยด์ โดยจะแสดงตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม 2551

เดือน	**ปริมาณการใช้ LPG ทั้งหมด (kg)**	**ปริมาณการใช้ LPG ในการผลิต Al(kg)**	**ปริมาณการใช้ LPG ในการผลิต Zn(kg)**
มกราคม 51	70,225	67,961.39	2,263.61
กุมภาพันธ์ 51	68,938	66,408.11	2,529.89
มีนาคม 51	77,494	74,208.25	3,285.75
เมษายน 51	66,318	64,912.77	1,405.23
พฤษภาคม 51	66,617	64,038.69	2,578.31
มิถุนายน 51	69,643	67,872.23	1,770.77
กรกฎาคม 51	67,295	65,896.18	1,398.82
สิงหาคม 51	58,208	56,799.77	1,408.23
กันยายน 51	51,138	49,179.40	1,958.60
ตุลาคม 51	52,897	50,625.85	2,271.15
พฤศจิกายน 51	59,233	57,356.80	1,876.20
ธันวาคม 51	71,347	68,966.12	2,380.88
เฉลี่ย	**64,946.08**	**62,852.13**	**2,093.95**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.6 ปริมาณการผลิต

ผลิตภัณฑ์ของทางโรงงานตัวอย่างนั้นถึงจะมีด้วยกันหลากหลายแบบแต่สามารถแบ่งได้หลักๆโดยยึดตามวัตถุดิบหลักที่ใช้นั้นคือที่เป็น อัลลูมิเนียมอัลลอยด์ และสังกะสีอัลลอยด์ ซึ่งได้มีการรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิตเป็นรายเดือนตามน้ำหนักของชิ้นงานดีที่ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณผลผลิตระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม 2551

เดือน	Al(kg)	Zn(kg)
มกราคม 51	254,789	29,145
กุมภาพันธ์ 51	292,905	30,647
มีนาคม 51	327,553	33,722
เมษายน 51	324,219	26,510
พฤษภาคม 51	379,751	32,582
มิถุนายน 51	354,382	36,854
กรกฎาคม 51	350,471	29,880
สิงหาคม 51	289,546	22,679
กันยายน 51	228,613	15,633
ตุลาคม 51	197,126	23,547
พฤศจิกายน 51	299,851	27,949
ธันวาคม 51	354,645	31,627
รวม	**3,653,851**	**340,775**

3.2 การจัดทำดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ

ดัชนีชี้วัดการบริโภคพลังงาน จำเพาะ SEC (Specific Energy Consumption) เป็นค่าดัชนีสำหรับชี้วัดปริมาณการใช้ พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ในระดับกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณจากปริมาณพลังงานที่โรงงานใช้ ในช่วงเวลานั้นต่อปริมาณผลผลิตในช่วงเดียวกัน โดยในที่นี้จะทำ

การคำนวณค่า SEC ทุกเดือนระยะเวลา 1 ปีในปี พ.ศ. 2551 แล้วใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการปรับปรุง

การคำนวณหาดัชนีชี้วัดการบริโภคพลังงาน จำเพาะ SEC สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$SEC = E / P$$

SEC = ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน

E = ปริมาณพลังงานที่โรงงานใช้ในช่วงเวลานั้น

P = ปริมาณผลผลิตในช่วงเดียวกัน

โรงงานตัวอย่างมีการใช้พลังงานด้วยกัน 2 ชนิดคือพลังงานไฟฟ้า และ พลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG ซึ่งพลังงานทั้ง 2 ชนิดมีการให้พลังงานไม่เท่ากัน โดย ไฟฟ้าจะให้พลังงาน 3.6 MJ/kWh ส่วนก๊าซ LPG ให้พลังงาน 50.22 MJ/kg และจากข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตสามารถคำนวณหาค่า SEC ได้ดังตารางที่ 3.4 และ ตารางที่ 3.5

จากตารางที่ 3.4 และ ตารางที่ 3.5 จะได้ว่าค่า SEC ของงานที่เป็นอัลลูมิเนียมอัลลอยด์และสังกะสีอัลลอยด์ เท่ากับ 13.86 MJ/kg และ 7.12 MJ/kg ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 ค่า SEC ของงานที่เป็นอัลลูมิเนียมอัลลอยด์

เดือน	Al(kg)	Al(kWh)	Elec-Al(MJ)	LPG-Al(kg)	LPG-Al(MJ)	Al(MJ)	SEC-Al
ม.ค. 51	254,789	257,933.41	928,560.28	67,961.39	3,413,021.01	4,341,581.29	17.04
ก.พ. 51	292,905	263,748.75	949,495.52	66,408.11	3,335,015.28	4,284,510.80	14.63
มี.ค. 51	327,553	290,762.56	1,046,745.23	74,208.25	3,726,738.32	4,773,483.54	14.57
เม.ย. 51	324,219	265,742.00	956,671.20	64,912.77	3,259,919.31	4,216,590.51	13.01
พ.ค. 51	379,751	301,266.55	1,084,559.57	64,038.69	3,216,023.01	4,300,582.58	11.32
มิ.ย. 51	354,382	279,744.27	1,007,079.36	67,872.23	3,408,543.39	4,415,622.75	12.46
ก.ค. 51	350,471	286,490.71	1,031,366.54	65,896.18	3,309,306.16	4,340,672.70	12.39
ส.ค. 51	289,546	260,847.81	939,052.10	56,799.77	2,852,484.45	3,791,536.55	13.09
ก.ย. 51	228,613	225,523.16	811,883.38	49,179.40	2,469,789.47	3,281,672.85	14.35
ต.ค. 51	197,126	225,953.88	813,433.97	50,625.85	2,542,430.19	3,355,864.16	17.02
พ.ย. 51	299,851	272,551.81	981,186.51	57,356.80	2,880,458.50	3,861,645.00	12.88
ธ.ค. 51	354,645	292,829.52	1,054,186.29	68,966.12	3,463,478.55	4,517,664.83	12.74
เฉลี่ย	**304,487.58**	**268,616.20**	**967,018.33**	**62,852.13**	**3,156,433.97**	**4,123,452.30**	**13.79**

ตารางที่ 3.5 ค่า SEC ของงานที่เป็นสังกะสีอัลลอยด์

เดือน	Zn(kg)	Zn(kWh)	Elec-Zn(MJ)	LPG-Zn(kg)	LPG-Zn(MJ)	Zn(MJ)	SEC-Zn
ม.ค. 51	29,145	36,234.59	130,444.52	2,263.61	113,678.49	244,123.01	8.38
ก.พ. 51	30,647	38,671.25	139,216.48	2,529.89	127,051.08	266,267.56	8.69
มี.ค. 51	33,722	35,305.44	127,099.57	3,285.75	165,010.37	292,109.94	8.66
เม.ย. 51	26,510	32,710.00	117,756.00	1,405.23	70,570.65	188,326.65	7.10
พ.ค. 51	32,582	32,141.45	115,709.23	2,578.31	129,482.73	245,191.96	7.53
มิ.ย. 51	36,854	37,335.73	134,408.64	1,770.77	88,928.07	223,336.71	6.06
ก.ค. 51	29,880	33,988.29	122,357.86	1,398.82	70,248.74	192,606.60	6.45
ส.ค. 51	22,679	23,775.19	85,590.70	1,408.23	70,721.31	156,312.01	6.89
ก.ย. 51	15,633	17,247.84	62,092.22	1,958.60	98,360.89	160,453.11	10.26
ต.ค. 51	23,547	29,585.12	106,506.43	2,271.15	114,057.15	220,563.58	9.37
พ.ย. 51	27,949	34,860.19	125,496.69	1,876.20	94,222.76	219,719.46	7.86
ธ.ค. 51	31,627	28,550.48	102,781.71	2,380.88	119,567.79	222,349.51	7.03
เฉลี่ย	**28,397.92**	**31,700.46**	**114,121.67**	**2,093.95**	**105,158.34**	**219,280.01**	**7.86**

บทที่ 4

การประเมินการจัดการพลังงาน, การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตและแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างก่อนมีการนำแผนการปรับปรุงมาใช้ โดยจจะมีการประเมินการใช้พลังงานในเบื้องต้นว่ามีการวางแผนใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบแล้วหรือไม่ จากนั้นจะทำการสร้างแผนภูมิพลังงานขึ้นเพื่อช่วยในการวิเคราะห์การใช้พลังงานได้อย่างทั่วทั้งโรงงาน หลังจากทำการวิเคราะห์แผนภูมิพลังงานและข้อมูลจากการประเมินเบื้องต้นก็ทำการกำหนดมาตรการการปรับปรุงการจัดการพลังงานเพื่อให้ทางโรงงานนำไปใช้

4.1 การประเมินการจัดการพลังงาน

ในอนาคตทางภาครัฐกำลังพยายามนำระบบการจัดการพลังงานของ ISO มาปรับใช้ให้เป็นแนวปฏิบัติ เพื่อให้การดำเนินงานด้านการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น โดยกำหนดให้โรงงานควบคุม และอาคารควบคุมต้องจัดให้มีวิธีการจัดการพลังงานเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

วิธีการจัดการพลังงานนั้นต้องมีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน รวมถึงมีการวางแผนดำเนินการที่รอบคอบเหมาะสมกับองค์กรหรือหน่วยงาน เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของการจัดการพลังงาน โดยการดำเนินการจัดการพลังงานแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอนที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน ดังนี้

1.ตั้งคณะผู้รับผิดชอบในการจัดการพลังงาน

2.ประเมินสถานะการจัดการพลังงานเบื้องต้น

3.กำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

4.ประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

5.กำหนดเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงาน

6.ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

7.ตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

8.ทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นดังนั้นเราจึงนำเอาแนวทางการปฏิบัติตามหลักของกรอบ ISO ประยุกต์ใช้ในการประเมินการจัดการพลังงานนั้นจะทำการประเมินโรงงานตัวอย่างโดยแบ่งเป็นหัวข้อหลัก 6 หัวข้อดังนี้

1. นโยบายและเป้าหมายการจัดการพลังงาน
2. โครงสร้างองค์กรและทีมพลังงาน (Organization Structure and Energy Team)
3. การวางแผนการอนุรักษ์พลังงานและการดำเนินการ
4. การควบคุม การปฏิบัติงาน
5. การติดตาม การควบคุม ดัชนีพลังงาน และค่าพลังงานคาดหมาย (Energy Index & Expect Energy Monitoring & Controlling)
6. การทบทวนโดยฝ่ายบริหาร

โดยในการประเมินจะมีแบบฟอร์มในการทำการประเมินรวมทั้งผลการประเมินก่อนและหลังซึ่งแนบไว้ในภาคผนวก และมีรายละเอียดในแต่ละหัวข้อดังนี้

4.1.1 นโยบายและเป้าหมายการจัดการพลังงาน

- ผู้บริหารกำหนดนโยบายพลังงาน เป็นลายลักษณ์อักษรและมีการประชาสัมพันธ์ให้พนักงานทราบ
- นโยบายพลังงานแสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหารในการจัดการพลังงาน ใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างคุ้มค่า
- นโยบายพลังงาน แสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหารในการให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดการพลังงาน
- สุ่มถามพนักงานมากกว่า 60 % มีความเข้าใจนโยบายพลังงาน

4.1.2 โครงสร้างองค์กรและทีมพลังงาน (Organization Structure and Energy Team)

- ผู้บริหารแต่งตั้งคณะทำงานจัดการพลังงาน โดยมีภาระหน้าที่ในการวางแผนการจัดการพลังงาน ดำเนินการติดตาม ควบคุม การใช้พลังงานให้ มีก่อนแต่ยังไม่ได้แต่งตั้งอย่างเป็นทางการ

- คณะทำงานจัดการพลังงาน ได้มีการประชุมกำหนดหัวข้อในการปรับปรุงการใช้พลังงาน
- ผู้บริหารได้กำหนดนโยบาย และให้พนักงานได้จัดตั้งกลุ่มย่อยในแต่ละแผนก เพื่อปรับปรุงการใช้พลังงาน
- กลุ่มย่อยในแต่ละแผนก ได้มีการประชุมกำหนดหัวข้อในการปรับปรุงการใช้พลังงาน
- ระบบสนับสนุนการผลิต (Utilities) ต่างๆ ได้จัดทำวิธีการปฏิบัติงานทุกระบบ และพนักงานผู้รับผิดชอบ ได้รับการฝึกอบรม (ดูประวัติการอบรม)

4.1.3 **การวางแผนการอนุรักษ์พลังงานและการดำเนินการ**

- แผนภูมิพลังงาน (Energy Chart)
  - การแสดง ระดับพลังงาน ณ แหล่งกำเนิดพลังงาน , ศักยภาพพลังงานก่อนเข้ากระบวนการ
  - การแสดง ลักษณะการนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ และค่าตัวแปรกระบวนการ เช่น การให้ความร้อนแปรรูปพลังงาน การตัด การกัด และอื่นๆ
  - การแสดง ระดับศักยภาพพลังงานที่เหลือจากกระบวนการ (ถ้ามี) , ระดับพลังงานของเครื่องจักรหรือชิ้นงาน

- แผนผังพลังงาน (Energy Layout)
  - การแสดง ระบบส่งถ่ายพลังงาน(ท่อ) ระบบลม
  - การแสดง ระบบส่งถ่ายพลังงาน(ท่อ) ระบบน้ำเย็น Chiller หรือ ระบบห้องเย็น หรือ ระบบน้ำหอผึ่ง Cooling
  - การแสดง ระบบส่งถ่ายพลังงาน(ท่อ) ระบบไอน้ำ(Steam) หรือ ระบบน้ำมันร้อน หรือ น้ำ

- การลด ค่าศักยภาพพลังงาน (Energy Potential)
  - การลด ค่าศักยภาพพลังงาน ของตัวแปรกระบวนให้มีค่าต่ำสุด (Process Parameter minimization)

- ระดับ ศักยภาพพลังงาน ณ แหล่งกำเนิดพลังงาน (Original Energy Potential : OEP) เทียบกับระดับศักยภาพก่อนเข้ากระบวนการ (Process Input Energy Potential : PEP) และค่าตัวแปรดำเนินการ (Process Parameter : PP)
  - ระบบ อัดอากาศ ได้มีการพิจารณา ศักยภาพ พลังงาน ให้เหมาะสม กับแต่ละกระบวนการ (ความดันที่ตั้ง สูงกว่าที่ จ่ายให้แต่ละกระบวนต้องการไม่เกิน 1 บาร์)
  - ระบบน้ำร้อน ได้มีการพิจารณาศักยภาพพลังงานให้เหมาะสมกับแต่ละกระบวนการ (ค่าตั้งอุณหภูมิ ณ แหล่งสูงกว่าที่แต่ละกระบวนต้องการไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส)
  - ระบบน้ำเย็น (Chiller) หรือห้องเย็น ได้มีการพิจารณา ศักยภาพ พลังงาน ให้เหมาะสม กับแต่ละกระบวนการ (ค่าตั้งอุณหภูมิ ณ แหล่ง ต่ำกว่าที่ กระบวนต้องการไม่เกิน 5F)
  - ระบบไอน้ำ(Steam) ได้มีการพิจารณา ศักยภาพ พลังงาน ให้เหมาะสม กับแต่ละกระบวนการ (ความดันที่ตั้ง(เทียบอุณหภูมิ) สูงกว่าที่กระบวนต้องการไม่เกิน 1 บาร์)
  - ระบบน้ำมันร้อน ได้มีการพิจารณาศักยภาพพลังงานให้เหมาะสมกับแต่ละกระบวนการ (ค่าตั้งอุณหภูมิ ณ แหล่งสูงกว่าที่แต่ละกระบวนต้องการไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส)

- การเลือกชนิดพลังงาน (Energy Type)
  - การให้พลังงานความร้อน (มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้ 0 คะแนน ยกเว้น กระบวนการที่ไม่ให้เกิดการ Oxidation ,ได้ 10 คะแนน ถ้าใช้พลังงานประเภทอื่น)
  - การเป่าลม (0 คะแนน มีกระบวนการที่ ไม่ต้องการความดัน เกิน 2 บาร์ แต่ใช้ อากาศอัด มาเป่าลม ได้ 10 คะแนน ถ้าใช้อย่างถูกต้องทุกกระบวนการ)
  - ชนิดพลังงาน ให้ความร้อน ตามระดับอุณหภูมิ (ได้ 0 คะแนน ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ต่อไปนี้ และได้ 10 คะแนน ถ้าได้ตามเกณฑ์ ทุกกระบวนการ)
    - กระบวนการที่ให้ความร้อน ที่สูงกว่า 180 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนโดยตรง หรือ ให้ความร้อนผ่าน ระบบน้ำมันร้อน

- กระบวนการที่ให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 60-180 องศาเซลเซียส เซลเซียส ให้ความร้อนโดยตรง หรือ ให้ความร้อนผ่าน ระบบไอน้ำ
- การให้ความร้อน ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนในลักษณะโดยตรง หรือ ให้พลังงาน ด้วย Solar Heat หรือ Heat pump หรือ Heat Reclaim หรือไอน้ำ Flash

- ชนิดพลังงาน ระบาย ความร้อน (ได้ 0 คะแนน ถ้าไม่เป็นไปตาม เกณฑ์ ต่อไปนี้ และได้ 10 คะแนน ถ้าได้ตามเกณฑ์ ทุกกระบวนการ)
  - การระบายความร้อนออกจากกระบวนการ ที่อุณหภูมิกระบวนการสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ต้องใช้การระบายความร้อนด้วยอากาศ หรือน้ำเย็นจากห่อผึ่ง (Cooling Tower)
  - การระบายความร้อนออกจากกระบวนการ ที่อุณหภูมิกระบวนการ 30-40 องศาเซลเซียส พิจารณาใช้น้ำเย็นจากห่อผึ่ง (Cooling Tower)
  - การระบายความร้อนออกจากกระบวนการ ที่อุณหภูมิกระบวนการ ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ใช้น้ำเย็นจัดจากเครื่องผลิตน้ำเย็น (Chiller)

- (Energy & Resource Recovery)
  - อุณหภูมิเครื่องจักรที่มีการให้พลังงาน ความร้อน (0 คะแนน มีเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ ที่มีอุณหภูมิที่ผิวภายนอก เกิน 50 องศาเซลเซียส , 5 คะแนน ถ้าไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส)
  - ชิ้นงาน ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (0 คะแนน ถ้าชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการมีอุณหภูมิเกิน 150 องศาเซลเซียส และไม่มี การ Recovery, 5 คะแนน ถ้ามีการ Recovery)
  - ความร้อนก๊าซเหลือทิ้งจากเตาอบ หรือ เตาเผา (Flue Gas) (ได้ 0 คะแนน ถ้าไม่เป็นไปตาม เกณฑ์ ต่อไปนี้ และได้ 15 คะแนน ถ้าได้ตามเกณฑ์ ทุกกระบวนการ)
    - มีกระบวนการอื่นที่ ใช้ความร้อนทิ้ง เป็นอากาศป้อนได้ และองค์กรน้ำความร้อนนี้ไปใช้งาน
    - มีกระบวนการอื่นที่ใช้ ไอน้ำ ที่ผลิตจาก ก๊าซทิ้งได้ และองค์กรได้นำไปใช้
    - มีกระบวนการอื่นที่ใช้ ความเย็น หรือน้ำเย็น ที่ผลิตจาก ก๊าซทิ้งได้ และองค์กรได้นำไปใช้(ใช้ Absorption Chiller)

- น้ำร้อน เหลือจากกระบวน การ หรือ น้ำร้อนระบายความร้อนจากกระบวนการ และสามารถนำไปใช้ยังกระบวนการอื่นได้ (0 คะแนน ถ้าน้ำร้อนที่ออกจากกระบวนการ มีอุณหภูมิสูงกว่า กระบวนการอื่นที่สามารถใช้ได้ และไม่มี การ Recovery , 5 คะแนน ถ้ามีการ Recovery
- น้ำมัน หรือ น้ำมันพืชที่เหลือจากกระบวนการ (0 คะแนน ถ้ามี เครื่องจักร หรือกระบวนการที่ สามารถใช้ได้แต่ไม่ใช้ เช่น แทนน้ำมันเตา , 10 คะแนน ถ้ามีการ Recovery)
- น้ำเสีย หรือมูลสัตว์ จากกระบวนการ (0 คะแนน ถ้าน้ำเสียมี ศักยภาพ ผลิต Biogas ได้ แต่องค์กรไม่มี การ Recovery, 15 คะแนน ถ้ามีการ Recovery

- มาตรฐาน ระบบสนับสนุนต่างๆ
  - มาตรฐานการใช้ ระบบไฟฟ้า
    - แรงดันไฟฟ้าหลังหม้อแปลงสูงไม่เกิน 395 volt และไม่ต่ำกว่า 380 volt
    - แรงดันไฟฟ้า ตกในสายจ่ายไฟฟ้า สูงสุด ไม่เกิน 10 โวลท์ หรือ 2.5 %
    - ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor: Pf) มีค่ามากกว่า 0.85
    - ในกรณีที่ ชุดของหม้อแปลงที่ต่อเชื่อมกัน และจ่ายโหลดชุดเดี่ยวกัน ต้องมีค่าโหลดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25 – 50 %
  - มาตรฐานการใช้ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
    - องค์การได้มีการพิจารณาใช้แสงธรรมชาติ
    - ระดับความสว่าง (จากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง) ได้ตามเกณฑ์
  - มาตรฐานการใช้ ระบบอัดอากาศ
    - ประสิทธิภาพ เครื่องอัดอากาศ (อากาศอัดที่ได้เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) ได้ตามเกณฑ์
    - ประสิทธิภาพ การส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่ง ได้สูงกว่า 90%
    - ค่าตั้งความดันอากาศอัดสูงกว่าที่กระบวนการต้องการ ไม่เกิน 1 บาร์
    - อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง สูงกว่า อากาศ นอกห้องอัดอากาศในที่ร่ม ไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส

- มาตรฐานการใช้ ระบบปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำเย็น
  - กำลังไฟฟ้า ต่อ ความสามารถทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น
  - ห้องปรับอากาศ ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุม ไม่ต่ำกว่า 24 องศาเซลเซียส , กระบวนการพิเศษที่มีความจำเป็นต้อง ตั้งค่าต่ำกว่า
  - ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น
  - ค่าอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อน เข้า AHU หรือ FCU หรือ Heat Exchanger สูงกว่าที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น ไม่เกิน 2 F ทุกเครื่อง
  - อุณหภูมิน้ำหอผึ่ง (Cooling Tower) ก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำเย็น สูงกว่า อุณหภูมิกระเปราะเปียก บริเวณหอผึ่ง ไม่เกิน 6F
  - อุณหภูมิน้ำยาด้าน Evaporator ต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิต ไม่เกิน 4 F
  - อุณหภูมิน้ำยาด้าน condensing สูงกว่าอุณหภูมิน้ำระบายความร้อน(Cooling Water) ไม่เกิน 6 F (น้ำ)หรือ 18 F (อากาศ)
- มาตรฐานการใช้ ระบบไอน้ำ และหม้อไอน้ำ
  - ประสิทธิภาพ หม้อไอน้ำ สูงกว่า 75% สำหรับเชื้อเพลิงแข็ง 80% สำหรับเชื้อเพลิงเหลว 85% สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซ
  - ค่าตั้งความดันไอน้ำ(อุณหภูมิ)
  - ปริมาณคอนเดนเสท (condensate) ส่งคืนหม้อไอน้ำสูงกว่า 90 %
  - มีการนำ Flash steam มาใช้งานทั้งหมด
  - ไอเสียทิ้ง (Flue gas) ไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อเพลิงแข็ง, 200 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อเพลิงเหลว,180 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อเพลิง ก๊าซ
  - บริเวณ ผิว ท่อ ไอน้ำ มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส
- มาตรฐานการใช้ ระบบผลิตน้ำมันร้อน
  - ประสิทธิภาพ หม้อน้ำมันร้อน สูงกว่า 70% สำหรับเชื้อเพลิงแข็ง 75% สำหรับเชื้อเพลิงเหลว 80% สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซ
  - ค่าตั้งอุณหภูมิ น้ำมันร้อน สูงกว่า อุณหภูมิใช้งานของกระบวนการไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส

- น้ำมันร้อนก่อนเข้า เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) หรือกระบวนการที่ใช้น้ำมัน มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำมันร้อน ไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส
- ไอเสียทิ้ง (Flue gas) มีอุณหภูมิสูงกว่าค่าตั้งอุณหภูมิ น้ำมันร้อน ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

4.1.4 การควบคุม การปฏิบัติงาน

- การกำหนดผู้รับผิดชอบ เปิด – ปิดอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานและการดำเนินการในกรณีไฟฟ้าดับ
  - การเปิดปิดอุปกรณ์
  - การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติในกรณีที่แหล่งพลังงานหรือเครื่องจักรต้นกำลังขัดข้อง

- การวิเคราะห์และประเมินโอกาสการเกิดการเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) และการควบคุมการเดินเครื่องตัวเปล่า
  - องค์กรมีการวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) มอเตอร์ พัดลมดูดอากาศ ปั้มน้ำ ทุกเครื่อง
  - องค์กรมีการวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เครื่องผลิตอากาศอัด(ให้เหมาะสมกับโหลด)
  - องค์กรมีการวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เครื่องผลิตน้ำเย็น (ให้เหมาะสมกับโหลด)
  - องค์กรมีการวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) หอผึ่ง (ให้เหมาะสมกับโหลด)
  - องค์กรมีการวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เครื่องผลิตไอน้ำ (ให้เหมาะสมกับโหลด)
  - องค์กรมีการวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เครื่องผลิตน้ำมันร้อน (ให้เหมาะสมกับโหลด)

- องค์กรมีการวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เตาอบ (ให้เหมาะสมกับโหลด)

- การจัดทำและปฏิบัติงานตามวิธีการปฏิบัติ กระบวนการขนส่ง จัดส่ง เคลื่อนย้าย
  - องค์กร มี การวิเคราะห์กระบวนการขนส่ง จัดส่ง เคลื่อนย้าย เป็นลายลักษณ์อักษรครบทุกกระบวนการ
  - องค์กร มี การวิเคราะห์กระบวนการขนส่ง จัดส่ง ที่เชื่อมโยงกับลูกค้า และได้มีการดำเนินการประสานงานลดต้นทุนในการขนส่ง
  - องค์กร มี การวิเคราะห์กระบวนการขนส่ง จัดส่ง ที่เชื่อมโยงกับผู้ขาย และได้มีการดำเนินการประสานงานลดต้นทุนในการขนส่ง
  - องค์กรมีการดำเนินการตามข้อข้างต้น และมีการจัดทำระเบียบปฏิบัติการควบคุมกระบวนการขนส่ง จัดส่ง เคลื่อนย้าย เป็นลายลักษณ์อักษร

- การจัดทำและปฏิบัติงานตามวิธีการปฏิบัติ การใช้งานเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยเลือกใช้งานเครื่องจักร อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน
  - องค์กรมีรายชื่อกลุ่มเครื่องจักรประเภทเดียวกัน และ มีการวัดประสิทธิภาพพลังงานครบทุกกลุ่มเครื่องจักรเป็นลายลักษณ์อักษร
  - องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และมีการจัดทำวิธีการปฏิบัติงานหรือระเบียบปฏิบัติการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน
  - องค์กรมีการดำเนินการตามข้างต้น และสุ่มสอบถามผู้รับผิดชอบมีความเข้าใจการปฏิบัติตาระเบียบปฏิบัติ

- การวางแผนการใช้ระบบสนับสนุนการผลิตให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิต
  - องค์กรมีการวิเคราะห์และประเมินระดับศักยภาพพลังงานที่จำแป็นต่อผลิตภัณฑ์ครบทุกชนิดเป็นลายลักษณ์อักษร
  - องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และมีการจัดทำระเบียบปฏิบัติการตั้งค่าศักยภาพพลังงาน ระบบสนับสนุนการผลิตให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิต
  - องค์กรมีการดำเนินการตามข้างต้น และสุ่มสอบถามผู้รับผิดชอบมีความเข้าใจการปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติ

- การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงาน
    - องค์กร มีการจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน ระเบียบปฏิบัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานเป็นลายลักษณ์ฯ
    - องค์กรได้จัดทำแผนตรวจสอบ ซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานสูงเป็นลายลักษณ์อักษร
    - องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้นและได้ปฏิบัติตามแผน ฯ เป็นลายลักษณ์อักษร
    - องค์กรได้มีการจัดเก็บประวัติการซ่อมเมื่อเสีย และซ่อมบำรุงเครื่องจักรเป็นลายลักษณ์อักษร

- การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติการควบคุมการปรับเปลี่ยนกระบวนการ การเพิ่มกำลังผลิต
    - องค์กรมีระเบียบปฏิบัติการควบคุมการปรับปรุงกระบวนการหรือการเพิ่มกำลังผลิตเป็นลายลักษณ์อักษร
    - ระเบียบปฏิบัติการควบคุมการปรับปรุงกระบวนการหรือการเพิ่มกำลังผลิตระบุให้พิจารณาถึงความสูญเปล่าด้านพลังงาน
    - องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และพนักงานผู้รับผิดชอบมีความเข้าใจการปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ระเบียบปฏิบัติ
    - องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และได้ปฏิบัติตามโดยมีตัวอย่างการปรับปรุงกระบวนการหรือเพิ่มกำลังการผลิตและพิจารณาความสูญเปล่าด้านพลังงานเป็นลายลักษณ์อักษร

- การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติการควบคุมการจัดซื้อ
    - องค์กรมีระเบียบปฏิบัติการจัดซื้อเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานเป็นลายลักษณ์อักษร
    - ระเบียบปฏิบัติการจัดซื้อเครื่องจักรอุปกรณ์ พิจารณาถึงต้นทุนและค่าใช่จ่ายในการใช้พลังงาน
    - มีการดำเนินการตาม ข้างต้น และพนักงานจัดซื้อมีความเข้าใจ การปฏิบัติตามวัตถุประสงค์การจัดซื้อ

- มีการดำเนินการตาม ข้างต้น และได้ปฏิบัติโดยมีตัวอย่างการจัดซื้อ และพิจารณาต้นทุน ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเป็นลายลักษณ์อักษร

4.1.5 **การติดตาม การควบคุม ดัชนีพลังงาน และค่าพลังงานคาดหมาย** (Energy Index & Expect Energy Monitoring &Controlling)

- การติดตาม การควบคุม ประมาณค่าพลังงานไฟฟ้า และอื่นๆ โดยรวม
  - องค์กรมีการประมาณค่าพลังงาน พลังงานไฟฟ้า โดยสร้าง สมการถดถอย แต่ยังไม่มีการประเมินความผิดปกติ การใช้พลังงาน(ตรวจค่าประมาณ และค่าพลังงานจริง)
  - องค์กรมีการประมาณค่าพลังงาน พลังงานไฟฟ้า และมีการประเมินความผิดปกติการใช้พลังงาน(ตรวจค่าประมาณ และค่าพลังงานจริง)
  - องค์กรมีการ ประมาณค่าพลังงาน พลังงานไฟฟ้า และมีการหาสาเหตุ และดำเนินการแก้ไขในกรณี ที่พบความผิดปกติการใช้พลังงาน

- การติดตาม ตรวจวัด ควบคุม พลังงานที่มีลักษณะคงที่ เช่น การใช้พลังงานในสำนักงาน ฯลฯ
  - องค์กรได้ติดตั้งมิเตอร์เพื่อวัดการใช้พลังงานคงที่
  - องค์กรได้มีการวัดค่าพลังงานคงที่เทียบกับจำนวนวันทำงาน(ทำดัชนีวัดการใช้พลังงานคงที่)และได้จัดทำมาตรฐานการใช้พลังงานคงที่
  - องค์กรได้กำหนดขอบเขตในการควบคุมพลังงานคงที่และติดตามควบคุมปรับปรุงการใช้พลังงาน

- การติดตาม ตรวจวัด ควบคุมพลังงานที่มีลักษณะแปรผันโดยตรงกับการผลิต
  - องค์กรได้กำหนด กระบวนการ ผลผลิตของกระบวนการและมีติดตั้งมิเตอร์วัดการใช้พลังงาน
  - องค์กรได้มีการวัดค่าพลังงานแปรผันเทียบกับผลผลิตหรือดัชนีพลังงานกระบวนการ (Process Energy Index) และองค์กรได้จัดทำมาตรฐานการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับผลผลิต

- องค์กรได้กำหนดขอบเขตในการควบคุมเทียบกับผลผลิต และติดตามควบคุมปรับปรุงการใช้พลังงาน

- การติดตาม ตรวจวัด ควบคุมพลังงานที่มีลักษณะแปรผันกับการผลิตในลักษณะสนับสนุนการผลิต
  - องค์กรได้ติดตั้งมิเตอร์วัดการใช้พลังงานระบบสนับสนุนการผลิต
  - องค์กรได้มีการหาความสัมพันธ์(Correlation) กับพลังงานที่มีลักษณะแปรผันโดยตรงกับผลผลิต และประมาณค่าการใช้พลังงานคาดหมาย(Expect Energy) ระบบสนับสนุนการผลิต
  - องค์กรได้กำหนดขอบเขตควบคุมการใช้พลังงานคาดหมาย ระบบสนับสนุนการผลิตทุกระบบ ติดตามควบคุมปรับปรุงการใช้พลังงานติดตามควบคุมปรับปรุงการใช้พลังงาน มีการดำเนินการ แก้ไข ในกรณีที่ พบความผิดปกติ ในการใช้พลังงาน

4.1.6 การทบทวนโดยฝ่ายบริหาร

- ดำเนินการประชุมทบทวนระบบการจัดการพลังงาน
- ประสิทธิผลการประชุมทบทวนการจัดการพลังงาน
- ประสิทธิ ผลการประชุมทบทวนการติดตามการตรวจวัดการใช้พลังงาน

4.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงงาน

จากการประเมินการจัดการพลังงานในเบื้องต้นตามหัวข้อต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นแล้วจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงงานตัวอย่าง โดยในการวิเคราะห์นี้จะทำการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 3 ซึ่งจะเป็นหัวข้อหลักๆที่ส่งผลโดยตรงกับการลดปริมาณการใช้พลังงาน ส่วนในหัวข้ออื่นนั้นจะช่วยในการขับเคลื่อนการดำเนินงาน เช่นนโยบายต่างๆจากผู้บริหาร ฯลฯ ดังนั้นในหัวข้อที่ 3 การวิเคราะห์ในส่วนที่ยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ทำการประเมินโดยจะกล่าวถึงเรื่องของสภาวะ ผลกระทบ และสาเหตุ เพื่อที่จะนำไปประกอบกับแผนภูมิพลังงานแล้วทำการกำหนดมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานขึ้น ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น

รายละเอียด	สภาวะ	ผลกระทบ	สาเหตุ
3.การวางแผนการอนุรักษ์พลังงานและการดำเนินการ			
แผนภูมิพลังงาน (Energy Chart)	-ยังไม่มีการจัดทำ	-ไม่สามารถมองการใช้พลังงานของทั้งโรงงานได้อย่างเป็นระบบ ทำให้ไม่รู้ว่าควรจะปรับปรุงตรงจุดไหน	-ขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดทำแผนภูมิพลังงาน
การลดค่าศักยภาพพลังงาน (Energy Potential)	-ไม่มีการลดค่าศักยภาพพลังงานของตัวแปรกระบวนให้มีค่าต่ำสุด	-ทำให้บางกระบวนการอาจมีการใช้พลังงานเกินความจำเป็นเนื่องจากการใช้ศักยภาพพลังงานมากกว่าที่กระบวนการนั้นต้องการ เช่น การลดอุณหภูมิการฉีดลงให้เหมาะสมกับชิ้นงาน	-ไม่มีการพิจารณาปรับปรุงตัวแปรกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียด	สภาวะ	ผลกระทบ	สาเหตุ
การเลือกชนิดพลังงาน (Energy Type)	-การเป่าลมยังมีบางกระบวนการที่ใช้ความดันไม่เกิน 2 บาร์แต่ใช้อากาศอัดมาเป่าลม	-ทำให้มีการใช้พลังงานจากเครื่องอัดอากาศโดยไม่จำเป็น เช่นกระบวนการใช้ความดัน 1.5 บาร์ แต่ใช้อากัศอัดจากเครื่องอัดซึ่งมีความดัน 5 บาร์	-เนื่องจากก่อนหน้านี้การวางเครื่องจักรและระบบท่อลมจะคำนึงเพียงความต้องการอากาศอัดเท่านั้นโดยไม่ได้พิจารณาว่าแต่ละเครื่องมีความต้องการในปริมาณต่างกันจึงมีการใช้ลมจากเครื่องอัดอากาศตัวใหญ่เป็นส่วนมาก
(Energy & Resource Recovery)	-อุณหภูมิเครื่องจักรที่มีการให้พลังงานความร้อน ยังมีอุณหภูมิที่ผิวภายนอก เกิน 50 องศาเซลเซียส	-เครื่องจักรมีการสูญเสียพลังงานไปภายนอก เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น	-เนื่องจากเครื่องจักรไม่มีฉนวนหุ้มกันความร้อนและขาดการซ้อมบำรุงอย่างเป็นระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียด	สภาวะ	ผลกระทบ	สาเหตุ
	-ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการให้ความยังมีอุณหภูมิเกิน 150 องศาเซลเซียส และไม่มี การ Recovery	-สูญเสียพลังงานความร้อนในส่วนของชิ้นงานที่ออกมาที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการอื่นได้อีก	-เนื่องจากชิ้นงานเป็นงานจากกระบวนการหลอมแล้วนำไปเข้าเครื่องฉีดซึ่งอุณหภูมิขณะถอดแบบสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส
	-ไม่มีการนำความร้อนก๊าซเหลือทิ้งจากเตาหลอมกลับมาใช้	-สูญเสียความร้อนจากก๊าซเหลือทิ้งจากเตาหลอมที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการได้อีก เช่น การอุ่นชิ้นงานก่อนเข้าเตาหลอม	-เนื่องจากทางโรงงานไม่ได้คำนึงถึงการนำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการต่างๆ กลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นจึงไม่มีการออกแบบกระบวนการในเรื่องนี้ไว้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียด	สภาวะ	ผลกระทบ	สาเหตุ
	-ไม่มีการนำน้ำร้อนเหลือจากกระบวน การ หรือ น้ำร้อนระบายความร้อนจากกระบวนการมาใช้ในกระบวนการอื่นทั้งที่น้ำร้อนที่ออกจากกระบวนการมีอุณหภูมิสูงกว่ากระบวนการอื่นที่สามารถใช้ได้	-สูญเสียความร้อนจากน้ำระบายความร้อนจากกระบวนการซึ่งสามารถนำน้ำระบายความร้อนนี้มาใช้ประโยชน์ในกระบวนการอื่นที่ใช้อุณหภูมิในกระบวนการน้อยกว่าอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อน	-เนื่องจากทางโรงงานไม่ได้คำนึงถึงการนำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการต่างๆ กลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นจึงไม่มีการออกแบบกระบวนการในเรื่องนี้ไว้
มาตรฐาน ระบบสนับสนุนต่างๆ	-แรงดันไฟฟ้าหลังหม้อแปลงสูงเกิน 395 volt	-เครื่องจักรที่มีขดลวด เช่น เตาหลอม หลอดไฟ เครื่องอัดอากาศ จะมีการสูญเสียพลังงานจาก copper loss มาก รวมทั้งตัวหม้อแปลงเองก็จะกินพลังงานมากด้วยเช่นกันหาก volt สูง	-เนื่องจากทางโรงงานเกรงว่าไฟฟ้าจะไม่พอต่อการผลิตจึงตั้งค่าไว้สูงกว่าที่ควร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียด	สภาวะ	ผลกระทบ	สาเหตุ
	-ประสิทธิภาพ การส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่ง ได้ต่ำกว่า 90%	-ทำให้เครื่องอัดอากาศทำงานมากกว่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากว่าหากต้องการใช้ลมความดันจริง 5 บาร์ แต่เครื่องอัดต้องผลิตออกมามากกว่าเพราะประสิทธิภาพของระบบท่อส่งต่ำกว่า 90%	-เนื่องจากไม่ได้มีการตรวจเรื่องของลมรั่วในระบบท่อส่งลม
	-อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่องสูงกว่าอากาศนอกห้องอัดอากาศในที่ร่มเกิน 3 องศาเซลเซียส	-การที่อุณหภูมิด้านดูดเข้าเครื่องสูงจะทำให้เครื่องอัดอากาศทำงานหนักและกินพลังงานมาก	-เนื่องจากการระบายความร้อนบริเวณนั้นไม่ดี ไม่มีพัดลมระบายอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การสร้างจิตสำนึกและทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงาน

ในการสร้างจิตสำนึกและสร้างทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงาน โดยมุ่งเน้นให้ทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วมนั้นทางโรงงงานตัวอย่างได้ใช้วิธีการทำกิจกรรมกลุ่มย่อยซึ่งจากที่มีการแต่งตั้งทีมพลังงานมาแล้วโดยได้มีการประชุมให้แต่ละแผนกให้มีการแบ่งพนักงานออกเป็นกลุ่มย่อย แล้วทำกิจกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานซึ่งจะมีการประกวดกันทุกๆเดือน จากนั้นให้ในแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดหาวิธีในการประหยัดพลังงานโดยเริ่มแรกนั้นจะเริ่มจากการประกวดคำขวัญการประหยัดพลังงานซึ่งทางโรงงานได้เตรียมรางวัลในส่วนนี้ไว้แล้ว นอกจากนี้ยังมีการแข่งขันกันโดยให้แต่ละกลุ่มย่อยหาวิธีการประหยัดพลังงานในหน่วยของตนมาโดยจะมีรางวัลให้ผู้ชนะเช่นเคย ซึ่งจะทำให้ทุกคนในกลุ่มมีแรงจูงใจให้สนใจในการประหยัดพลังงาน

4.4 การจัดทำแผนภูมิพลังงาน (Energy Chart)

การจัดทำ Energy Chart นั้นจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลและบันทึกค่าต่างๆลงตามหัวข้อต่อไปนี้

Process ให้บันทึกข้อมูล ชื่อขั้นตอนกระบวนการตั้งแต่กระบวนการรับวัตถุดิบจนถึงผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปและจัดส่ง

Original Energy Potential ให้บันทึกแหล่งพลังงาน ขนาดเครื่องกำเนิดและศักยภาพพลังงานที่แหล่งกำเนิดพลังงานผลิตให้แต่ละกระบวนการ

Process Input Energy Potential ให้บันทึกระดับศักยภาพพลังงานที่ป้อนให้แต่ละกระบวนการ หรือค่าควบคุมที่กระบวนการนั้น

Energy Utilization ให้บันทึกข้อมูลพลังงานที่ป้อนเข้ากระบวนการแต่ละประเภทของพลังงานได้นำไปใช้ประโยชน์อะไรบ้างและมีการนำไปควบคุมตัวแปรกระบวนการอะไร ที่ค่าเท่าใด

Process Residual Energy ให้บันทึกข้อมูลระดับศักยภาพพลังงานที่เหลือจากกระบวนการ

Machine and Product Residual Energy Potential ให้บันทึกข้อมูลระดับอุณหภูมิเครื่องจักรหรือชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการ

ตารางที่ 4.2 แผนภูมิพลังงาน (Energy Chart)

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
1.ตรวจสอบวัตถุดิบ	- หม้อแปลง 1,000 KVA 22 KV,400 V -ก๊าซอาร์กอน	-ไฟฟ้า 220 V,110 W -จ่ายเข้าเครื่อง 300 L/hr,150 Psi	-เครื่อง Spectrometer ไฟฟ้า ตรวจสอบชิ้นงาน -300 L/hr,100 Psi	- -	- -
2.จัดเก็บ	-แหล่งน้ำมัน	-รถยกขนาด 2 Ton,2500cc -รถยกขนาด 3 Ton,3000cc	-ปริมาณดีเซลล์ 12 L/วัน -ปริมาณดีเซลล์ 13 L/วัน	ก๊าซควัน ก๊าซควัน	- -

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
3.หลอม Al	-หม้อแปลง 1,000 KVA 22 KV,400 V - ถังก๊าซ 4.3 Ton 3 ถัง - ลม Tank 3,000 L ,7.2 kg/cm²	-ไฟฟ้า 380 V,มอเตอร์ 3.7 kW*2, 1.5 kW*2,0.75 kW*1 - Voltage 220 V - ก๊าซ 20 Psi - ลม 50 Psi(3.42 bar)	-มอเตอร์โบล์วเวอร์ไฟฟ้า(397V,3.7 kW*1) (398 V,1.5 kW*2)(399 V,0.75 kW*1) -แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(8Unit) - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW (3 Unit) ระบายความร้อนให้พนักงาน -หลอมอลูมิเนียม 700 ˚c, ไฟ 2 Stage (Hi, Low) -กระบอกลมเปิด/ปิดฝาเตาและถ่ายน้ำอลูมิเนียม 3.2 bar	- - อุณหภูมิปากเตา 363 ˚c, ลิมิท 550 ˚c	- - อุณหภูมิรอบเตา 60 - 120 องศา -
3.1 หลอม Zinc	-หม้อแปลง 1,000 KVA 22 KV,400 V -ถังก๊าซ 4.3 Ton 3 ถัง	-ไฟฟ้า 220 V,มอเตอร์ 0.37 kW*4 -ก๊าซ 40 Psi	-มอเตอร์ 229 V,0.37 kW -หลอม Zink 450 ˚c, ไฟ 2 Stege	- -	- -

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
3.2 อุ่น Al	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V -ถังก๊าซ 4.3 Ton, 3 ถัง	-ไฟฟ้า 380 V,มอเตอร์ 0.37 kW*10, ฮีตเตอร์ 19.5 kW*3 -P_{max} = 500 mbar	- มอเตอร์โบล์วเวอร์ 0.37 kW - ฮีตเตอร์ 394 V,19.5 kW -ใช้ก๊าซ 30 mbar (3 Unit)	- ก๊าซร้อน 190 ˚c	- -
4. เครื่องฉีด Al	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	-ไฟฟ้า 380V,มอเตอร์ 45 kW *1, 22 kW*5,18.5 kW*1,15 kW*6,11 kW*1 - Voltage 220 V	-มอเตอร์ไฟฟ้า (395 V,45 kW*1)(396 V, 22 kW*5)(394 V,18.5 kW*1)(398 V,15 kW*6) (394 V,11 kW*1)ขับปั้มไฮดรอลิค 150 bar -แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(159Unit) - มอเตอร์พัดลม 0.25 KW (14 Unit) ระบายความร้อนให้พนักงาน	- - -	- - -
	-คูลลิ่งทาวเวอร์ 200 Ton (2 Unit) -ลม Tank 3,000 L ,7.2 Kg/Cm²	-อัตราการไหล 155 L/min *13, 175 L/min*1T=26 ˚c Air pressure 4.5-5.5 bar	-อัตราการไหล 150-200 L/min (14 Unit) ระบายความร้อนน้ำมันและพิมพ์ -ใช้งานสเปรย์ 6 bar (10 Unit) สเปรย์เป่าเศษ,เคลือบพิมพ์และขับกระบอกลม	T=30 ˚c -	- -

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
4.1 เครื่องฉีด Zinc	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	-ไฟฟ้า 380V,มอเตอร์ 18.5 kW *2,15 kW*1 - Voltage 220 V	-มอเตอร์ไฟฟ้า (397 V,18.5 kW*2)(398 V ,15 kW*1)ขับปั้มไฮดรอลิค 150 bar -แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(27 Unit)		
4.2 เครื่องเท	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	-ไฟฟ้า 380V,มอเตอร์ 18.5kW *3 - Voltage 220 V	-มอเตอร์ไฟฟ้า (397 V, 18.5 kW*3) ขับปั้มไฮดรอลิค 100 bar -แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(30 Unit)		
5. หักหัวน้ำ	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	-แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(8Unit) -พัดลมไฟฟ้า 220V,0.25 kW(2 Unit)	- -	- -

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
6. ตะไบ	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 220 V -Boss cander,Air cold 0.52 m³/min 16,000 RPM,Air Press 90 Psi	-แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W (28 Unit) -พัดลมไฟฟ้า 220V,0.25 kW(12 Unit) -Air Press 80 Psi (24 Unit)	- - -	- - -
6.1 สายพานลำเลียง	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์ 0.37 kW (2 Unit)	-	-
7. Drilling Ø 12 mm.	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 1.5 kW - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด	-	-
8. Drilling Ø 8.3 mm.	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 1.5 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
9. Tapping PT 1/8-28	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 1.5 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด	-	-
10. Drilling Ø 6 mm.	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 1.5 kW - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW	-	-
11. Drilling Ø 8.3 mm.	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 1.5 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด	-	-
12. Tapping PT 1/8-27	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 1.5 kW	-	-
13. Drilling Ø 26 mm.	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 1.5 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด	-	-
14. Tapping M28 x 2.0	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 1.5 kW - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
15. CNC# 1	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V. -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 380 V - Voltage 220 V - Air Pressure 6 bar	- มอเตอร์เครื่องCNC 7.5 kW ขับแกนและหัวหมุน - มอเตอร์แอร์ 257 W - เครื่องที่ใช้จริง 4.5 bar	-	
16. CNC# 2	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 380 V - Voltage 220 V - Air Pressure 6 bar	- มอเตอร์เครื่อง 7.5 kW ขับแกนและหัวหมุน - มอเตอร์แอร์ 257 W - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด - เครื่องที่ใช้จริง 4.5 bar	- - - -	- - - -

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
17. CNC# 3	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V. -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 380 V - Voltage 220 V - Air Pressure 6 bar	- มอเตอร์เครื่องCNC 7.5 kW ขับแกนและหัวหมุน - มอเตอร์แอร์ 257 W - เครื่องที่ใช้จริง 4.5 bar	-	-
18. CNC# 4	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V. -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 380 V - Voltage 220 V - Air Pressure 6 bar	- มอเตอร์เครื่อง CNC 7.5 kW ขับแกนและหัวหมุน - มอเตอร์แอร์ 257 W - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด - เครื่องที่ใช้จริง 5.5 bar	- - - -	- - - -

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
19. Drilling Ø 1.0 mm.	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V.	- Voltage 220 V	- มอเตอร์เครื่องเจาะ 0.25 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW	- - -	- - -
20. Finishing	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V. -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 220 V	-หลอดไฟ 36 W - 13 หลอด - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW (4 Unit) - ปืนลม 5 bar	- - -	
20.1 สายพานลำเลียง	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V.	- Voltage 220 V	- มอเตอร์ 0.37 kW (1 Unit)	-	
21 Final Inspection	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V.	- Voltage 220 V	- หลอดไฟ 36 W - 2 หลอด - มอเตอร์พัดลม 1.32 kW (1 Unit)	- -	
22. Packing	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KVA, 400 V.	- Voltage 220 V	- หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด	- -	- -

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
	-ลม Tank 3,000 L ,7.2 Kg/Cm²		- ปืนลม 2 ตัว		
23. Storage FG	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V.	- Voltage 220 V	- หลอดไฟ 36 W - 2 หลอด	-	-
24. Delivery	-ปั๊มเชลล์ Diesel	- รถกระบะ 2,500 cc 12 กม./ลิตร 3 คัน - รถกระบะ 3,000 cc 10 กม./ลิตร 1 คัน - รถ 6 ล้อ 5,000 cc 5 กม./ลิตร 2 คัน	-ปริมาณดีเซลล์ 28 L/วัน -ปริมาณดีเซลล์ 28 L/วัน -ปริมาณดีเซลล์ 35 L/วัน	ก๊าซควัน ก๊าซควัน ก๊าซควัน	- - -

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 มาตรการปรับปรุงการจัดการพลังงาน

การกำหนดมาตรการปรับปรุงการจัดการพลังงานที่ได้นั้นมาจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง และเมื่อประกอบกับการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับแผนภูมิพลังงาน จะได้มาตรการดังต่อไปนี้

มาตรการที่ 1 ลดการใช้พลังงานจากเตาหลอมศูนย์กลาง

- ลดขนาดวัตถุให้เล็กลงก่อนทำการหลอม
- Preheat วัตถุดิบก่อนเริ่มหลอม

มาตรการที่ 2 ลดการใช้พลังงานจากปั๊มลมปรับปรุงการรั่วของระบบลม

- ปรับปรุง Air Dryer ให้เพียงพอต่อการใช้งาน
- แยกปั๊มลมให้ห่างจาก cooling tower
- หัวสเปรย์เครื่องฉีด ควรใส่หัวกระจายลมให้ครบทุกท่อทองแดง

มาตรการที่ 3 ลดการใช้พลังงานจาก Cooling Tower โดยจัดระบบการเปิด-ปิด Cooling Tower ให้เหมาะสม

มาตรการที่ 4 ลดการใช้พลังงานจากเตาอุ่นประจำเครื่อง

- ตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของเตาอุ่นก๊าซทุกตัว
- ศึกษาอัตราการใช้พลังงาน เปรียบเทียบระหว่างเตาอุ่นไฟฟ้า กับ เตาอุ่นก๊าซ

มาตรการที่ 5 ลดการใช้แสงสว่าง

มาตรการที่ 6 ลดอุณหภูมิการฉีดลงให้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน

มาตรการที่ 7 ออกแบบทางเดินและระบบรูล้นของแต่ละงานให้เหมาะสม

มาตรการที่ 8 ปรับเปลี่ยนความเร็วในฉีดให้เหมาะสมในแต่ละชิ้นงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.1 แนวคิดที่มาของมาตรการ

มาตรการที่ 1 ลดการใช้พลังงานจากเตาหลอมศูนย์กลาง

- ลดขนาดวัตถุให้เล็กลงก่อนทำการหลอม

แนวคิด

เนื่องจากก่อนหน้านี้การนำวัตถุดิบเข้าหลอมจะไม่มีการคำนึงถึงเรื่องของขนาดวัตถุดิบ ซึ่งจริงๆแล้วขนาดของวัตถุดิบนั้นส่งผลต่ออัตราความเร็วในการหลอมด้วยเช่นกัน คือหากวัตถุดิบมีขนาดใหญ่จะทำให้เสียเวลาในการหลอมมากเพราะกว่าที่ความร้อนจะแพร่กระจายจากผิวด้านนอกเข้าสู่ด้านใน แต่หากเป็นวัตถุดิบขนาดเล็กจะใช้เวลาในการแพร่กระจายนี้น้อยกว่า ดังนั้นจึงต้องมีการขัดเลือกขนาดของวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่แยกออกมาทำให้มีขนาดเล็กลงก่อนที่จะนำเข้าเตาหลอม

- Preheat วัตถุดิบก่อนเริ่มหลอม

แนวคิด

เนื่องจากก่อนหน้านี้การนำวัตถุดิบเข้าเตาหลอมจะรอให้หลอมวัตถุดิบรอบเก่าหมดก่อนแล้วค่อยป้อนวัตถุดิบรอบใหม่เข้าเตาหลอมซึ่งทำให้เสียเวลาและจากการรวบรวมข้อมูลและจากแผนภูมิพลังงานทำให้ทราบว่าอุณหภูมิของปล่องเติมชิ้นงานมีความร้อนปล่อยออกมาโดยไม่ได้นำไปใช้งาน ซึ่งความร้อนในจุดนี้สามารถนำไปทำการ Preheat วัตถุดิบก่อนได้ จึงปรับขั้นตอนการทำงานโดยจะให้เติมวัตถุดิบเข้าไปในปล่องเติมวัตถุดิบจนถึงระดับที่กำหนดแทนที่จะปล่อยให้ว่างไว้จากนั้นเมื่อวัตถุดิบเก่าละลายวัตถุดิบจะลงมาทดแทนที่อุณหภูมิที่ผ่านการ Preheat มาแล้วแทนที่เดิมนั้นต้องมาเริ่มหลอมที่อุณหภูมิวัตถุดิบที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อวัตถุดิบในปล่องลดลงจนถึงจุดที่กำหนดไว้ว่าควรเติมรอบใหม่เข้าไปก็ให้เติมเพื่อเป็นการ Preheat และประหยัดเวลาและพลังงานไปพร้อมๆกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรการที่ 2 ลดการใช้พลังงานจากปั๊มลมปรับปรุงการรั่วของระบบลม

- แยกปั๊มลมให้ห่างจาก Cooling Tower

แนวคิด

เนื่องจากก่อนหน้านี้การวางปั๊มลมกับ Cooling Tower อยู่ในบริเวณใกล้กันซึ่งความชื้นจาก Cooling Tower จะทำให้ตัวแยกความชื้นที่ทำหน้าที่แยกน้ำออกจากอากาศอัดในระบบปั๊มลมทำงานหนัก และอาจทำให้เกิดปัญหากับระบบท่อส่งอีกด้วยหากมีความชื้นเข้ามาในท่อส่ง

- หัวสเปรย์เครื่องฉีด ควรใส่หัวกระจายลมให้ครบทุกท่อทองแดง

แนวคิด

เนื่องจากก่อนหน้านี้เครื่องฉีดไม่มีการใส่หัวฉีดตามท่อลมที่ใช้เป่าทำความสะอาดแม่พิมพ์หลังจากปลดชิ้นงาน ในจุดนี้ทำให้มีลมรั่วออกมาเกินความจำเป็นจึงควรหาหัวสเปรย์มาติดเพื่อเป็นการจำกัดปริมาณลมในการเป่าไม่ให้ออกมาเกินความจำเป็นและเป็นการลดลมรั่วไปในตัวอีกด้วย

มาตรการที่ 3 ลดการใช้พลังงานจาก Cooling Tower โดยจัดระบบการเปิด-ปิด Cooling Tower ให้เหมาะสม

แนวคิด

เนื่องจากก่อนหน้านี้ทางโรงงานได้เปิด Cooling Tower 2 ตัวพร้อมกันตลอดเวลาโดยไม่ได้คำนึงถึงความจำเป็นในการใช้ จึงควรมีการพิจารณาว่ามีความจำเป็นต้องเปิดพร้อมกันทั้ง 2 ตัวหรือไม่ โดยการตรวจวัดอุณหภูมิ ขาออกจาก Cooling Tower ควรอยู่ระหว่าง 26-30 $^{\circ}$C ถ้าอยู่ในเกณฑ์นี้ เปิด Cooling Tower ตัวเดียวก็เพียงพอ รวมทั้งให้เลือกใช้ Cooling Tower ตัวที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเป็นตัวหลัก

มาตรการที่ 4 ลดการใช้พลังงานจากเตาอุ่นประจำเครื่อง

- ตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของเตาอุ่นก๊าซทุกตัว

แนวคิด

เนื่องจากทางโรงงานมีเครื่องฉีด 19 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องก็จะมีเตาอุ่นก๊าซประจำเครื่องซึ่งมีความเก่าใหม่ต่างกัน ดังนั้นจึงควรทำการวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของเตาอุ่นก๊าซทุกตัว เมื่อทราบประสิทธิภาพแล้วให้เลือกใช้ตามลำดับของเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าก่อน

- ศึกษาอัตราการใช้พลังงาน เปรียบเทียบระหว่างเตาอุ่นไฟฟ้า กับ เตาอุ่นก๊าซ

แนวคิด

เนื่องจากเตาอุ่นของทางโรงงานเป็นแบบก๊าซทุกตัว ประกอบกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ของเตาอุ่นไฟฟ้าที่เน้นเรื่องการประหยัดพลังงาน จึงควรไปศึกษาหาข้อมูลอัตราการใช้พลังงานของทั้งแบบเก่าที่ใช้อยู่กับแบบไฟฟ้า โดยจากการศึกษาได้ว่าเตาอุ่นไฟฟ้ามีการใช้พลังงาน 9,650 หน่วย/เดือน (28,950 บาท) ขณะที่เตาอุ่นแก๊สใช้ 1,771 kg/ เดือน (30,100 บาท) ซึ่งในที่นี้จะเห็นได้ว่าแบบไฟฟ้าจะประหยัดกว่า ทางโรงงานจึงจะทำการเปลี่ยนเป็นเตาไฟฟ้าโดยจะรอให้เตาเก่าเสียก่อนเพราะหากเปลี่ยนใหม่จะต้องลงทุนสูง

มาตรการที่ 5 ลดการใช้แสงสว่าง

แนวคิด

เนื่องจากทางโรงงานมีการใช้หลอดไฟแสงจันทร์ซึ่งเป็นหลอดไฟที่กินไฟมากในบริเวณที่ไม่มีความจำเป็น เช่น บริเวณรอบโรงงาน หรือ บริเวณคลังสินค้า จึงควรมีการเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดแสงจันทร์มาเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ รวมทั้งควรมีการปลดหลอดไฟในบริเวณสำนักงานทางเดิน หรือ บริเวณที่ไม่ต้องการใช้แสงสว่างมาก โดยการถอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด/โคม หรือ ทำการติดตั้งสวิทช์กระตุกบริเวณสำนักงาน เพราะปกติแล้วสวิทช์ 1 ตัวจะเปิดปิดหลอดไฟหลายโคมด้วยกัน ดังนั้นจึงควรติดตั้งสวิทช์กระตุกเพื่อใช้ปิดไฟบางโคมที่ไม่จำเป็นต้องใช้งาน

มาตรการที่ 6 ลดอุณหภูมิการฉีดลงให้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน

แนวคิด

เนื่องจากเมื่อก่อนทางโรงงานใช้อุณหภูมิฉีดอุณหภูมิเดียวคือ 680 องศาเซลเซียส ซึ่งบางงานสูงไปทำให้ชิ้นงานอาจติดแม่พิมพ์ได้ และยังเพิ่มโอกาสที่ Al เกิดอ๊อกซิเดชั่น ทำให้สูญเสีย Al ไปกับ Dross

มาตรการที่ 7 ออกแบบทางเดินและระบบรูล้นของแต่ละงานให้เหมาะสม

แนวคิด

เนื่องจากปัจจุบันแบบแม่พิมพ์ของทางโรงงานจะให้ yield ของผลผลิตอยู่ที่ 50% ซึ่งหากทางโรงงานสามารถออกแบบแม่พิมพ์ใหม่โดยคำนึงถึงเรื่องของระบบทางเดินและระบบรูล้นให้เหมาะสมกับแต่ละชิ้นงานก็จะสามารถช่วยให้ yield ของผลผลิตเพิ่มขึ้นได้

มาตรการที่ 8 ปรับเปลี่ยนความเร็วในฉีดให้เหมาะสมในแต่ละชิ้นงาน

แนวคิด

เนื่องจากทางโรงงานได้ตั้งความเร็วในการฉีดชิ้นงานแต่ละแบบไว้คงที่โดยที่ไม่ได้คำนึงถึงความเหมาะสมของชิ้นงานนั้นๆ ซึ่งหากมีการปรับเปลี่ยนความเร็วในการฉีดให้เหมาะสมกับชิ้นงานแต่ละแบบแล้วอาจจะทำให้ Productivity เพิ่มขึ้น เนื่องจากเวลาในการฉีดชิ้นงานแต่ละชิ้นอาจจะลดลง และจำนวนของของเสียที่เกิดจากความเร็วในการฉีดไม่เหมาะสมลดน้อยลง

จากมาตรการที่กล่าวมานี้จะเป็นมาตรการที่เน้นการปรับปรุงกระบวนการและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเป็นส่วนมากโดยจะไม่เน้นมาตรการที่ต้องมีการลงทุนโดยไม่จำเป็นซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้มีมาตรการเรื่องของการเปลี่ยนจากเตาอุ่นก๊าซที่ใช้อยู่มาเป็นเตาอุ่นแบบไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานมากกว่า โดยการลงทุนซื้อเตาอุ่นไฟฟ้าซึ่งมีราคาประมาณ 100,000 บาท และมีผลประหยัดจากการเปลี่ยนเตาเท่ากับ 1,150 บาทต่อเดือน หรือ 13,800 บาทต่อปี ดังนั้น

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{100,000}{13,800}$$

$$= 7.25 \text{ ปี}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

เปรียบเทียบและประเมินผลการวิจัย

จากการที่ได้วิเคราะห์การใช้พลังงานของโรงงานตัวอย่างที่เกิดขึ้นและได้ทำการออกมาตรการปรับปรุงแก้ไขการจัดการพลังงานในส่วนต่างๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในส่วนของการใช้พลังงาน และเป็นแนวทางในการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพที่ผ่านมา จึงได้ทำการเก็บข้อมูลผลการดำเนินการหลังจากทำการปรับปรุงแล้วโดยหลังจากเริ่มนำมาตรการมาใช้แล้วนั้นเป็นช่วงเดือน มกราคม - มิถุนายน 2552 ซึ่งจะได้ว่าปริมาณผลผลิตในช่วงนั้นเป็นไปตามตารางที่ 5.1 จากนั้นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จึงได้ทำการแยกเปรียบเทียบทั้งด้านพลังงานไฟฟ้า และ ด้านพลังงานความร้อน

ตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณผลผลิตระหว่างเดือน มกราคม - มิถุนายน 2552

เดือน	Al(kg)	Zn(kg)
มกราคม 52	287,468	32,076
กุมภาพันธ์ 52	268,761	30,435
มีนาคม 52	298,467	30,818
เมษายน 52	301,662	22,789
พฤษภาคม 52	315,637	29,964
มิถุนายน 52	356,181	26,837

5.1 การเปรียบเทียบและประเมินผลด้านพลังงานไฟฟ้า

จากการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงาน โดยการสำรวจสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า การควบคุมพลังงานไฟฟ้าและการดำเนินมาตรการต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืน โดยได้รับความร่วมมือจากผู้ที่เกียวข้องและการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ทำให้เกิดผลการดำเนินการจากการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าดังตารางที่ 5.2 และเมื่อนำไป

เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานในปี 2551 โดยใช้ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเป็นตัวเปรียบเทียบ ซึ่งค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นสามารถหาได้จากการนำค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์หารด้วยปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ และสังกะสีอัลลอยด์ในปี 2551 และ 2552 ตามตารางที่ 5.3 – 5.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตรายเดือน ระหว่างเดือนมกราคม – มิถุนายน 2552

เดือน	**ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (หน่วย)**	**ผลิต** Al (kWh)	**ผลิต** Zn (kWh)
มกราคม 52	301,592	265,263.24	36,328.76
กุมภาพันธ์ 52	268,761	231,853.25	36,907.75
มีนาคม 52	287,044	258,836.13	28,207.87
เมษายน 52	276,398	253,101.41	23,296.59
พฤษภาคม 52	294,672	267,846.18	26,825.82
มิถุนายน 52	289,617	263,845.33	25,771.67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือนมกราคม – ธันวาคม 2551

เดือน	**ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต** (kWh/kg)
มกราคม 51	1.01
กุมภาพันธ์ 51	0.90
มีนาคม 51	0.89
เมษายน 51	0.82
พฤษภาคม 51	0.79
มิถุนายน 51	0.79
กรกฎาคม 51	0.82
สิงหาคม 51	0.90
กันยายน 51	0.99
ตุลาคม 51	1.15
พฤศจิกายน 51	0.91
ธันวาคม 51	0.83
เฉลี่ย	**0.90**

ตารางที่ 5.4 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือนมกราคม – มิถุนายน 2552

เดือน	**ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต** (kWh/kg)
มกราคม 52	0.92
กุมภาพันธ์ 52	0.86
มีนาคม 52	0.87
เมษายน 52	0.84
พฤษภาคม 52	0.85
มิถุนายน 52	0.74
เฉลี่ย	**0.85**

ตารางที่ 5.5 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551

เดือน	**ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต** (kWh/kg)
มกราคม 51	1.24
กุมภาพันธ์ 51	1.26
มีนาคม 51	1.05
เมษายน 51	1.23
พฤษภาคม 51	0.99
มิถุนายน 51	1.01
กรกฎาคม 51	1.14
สิงหาคม 51	1.05
กันยายน 51	1.10
ตุลาคม 51	1.26
พฤศจิกายน 51	1.25
ธันวาคม 51	0.90
เฉลี่ย	**1.12**

ตารางที่ 5.6 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552

เดือน	**ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต** (kWh/kg)
มกราคม 52	1.13
กุมภาพันธ์ 52	1.21
มีนาคม 52	0.92
เมษายน 52	1.02
พฤษภาคม 52	0.90
มิถุนายน 52	0.96
เฉลี่ย	**1.02**

5.2 การเปรียบเทียบและประเมินผลด้านพลังงานความร้อน

จากการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานความร้อน โดยการสำรวจและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่เป็นเตาหลอมที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ด้วยการปรับลดขนาดของวัตถุให้เล็กลงก่อนนำเข้าไปหลอมและทำการอุ่นวัตถุก่อนหลอม รวมทั้งตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาอุ่นก๊าซ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานความร้อนลดลง โดยได้รับความร่วมมือจากผู้ที่เกียวข้องและการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ทำให้เกิดผลการดำเนินการจากการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานความร้อนดังตารางที่ 5.7 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานความร้อนในปี 2551 โดยใช้ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเป็นตัวเปรียบเทียบ ซึ่งค่าดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นสามารถหาได้จากการนำค่าปริมาณการใช้พลังงานจากก๊าซ LPG ในการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์หารด้วยปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยค่าดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ และสังกะสีอัลลอยด์ในปี 2551 และ 2552 ตามตารางที่ 5.8 – 5.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณการใช้พลังงานก๊าซ LPG สำหรับกาผลิตสังกะสีอัลลอยด์และอลูมิเนียมอัลลอยด์ รายเดือน ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552

เดือน	LPG-Al(kg)	LPG-Zn(kg)
มกราคม 52	65,024.28	2,331.72
กุมภาพันธ์ 52	56,613.66	1,819.34
มีนาคม 52	63,276.33	2,805.67
เมษายน 52	55,016.29	1,708.71
พฤษภาคม 52	58,499.56	2,587.44
มิถุนายน 52	56,675.73	2,054.27
เฉลี่ย	**59,184.31**	**2,217.86**

ตารางที่ 5.8 ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551

เดือน	ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิต ของ Al
มกราคม 51	0.27
กุมภาพันธ์ 51	0.23
มีนาคม 51	0.23
เมษายน 51	0.20
พฤษภาคม 51	0.17
มิถุนายน 51	0.19
กรกฎาคม 51	0.19
สิงหาคม 51	0.20
กันยายน 51	0.22
ตุลาคม 51	0.26
พฤศจิกายน 51	0.19
ธันวาคม 51	0.19
เฉลี่ย	**0.21**

ตารางที่ 5.9 ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552

เดือน	ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิต ของ Al
มกราคม 52	0.23
กุมภาพันธ์ 52	0.21
มีนาคม 52	0.21
เมษายน 52	0.18
พฤษภาคม 52	0.19
มิถุนายน 52	0.16
เฉลี่ย	**0.20**

ตารางที่ 5.10 ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551

เดือน	ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิต ของ Zn
มกราคม 51	0.08
กุมภาพันธ์ 51	0.08
มีนาคม 51	0.10
เมษายน 51	0.05
พฤษภาคม 51	0.08
มิถุนายน 51	0.05
กรกฎาคม 51	0.05
สิงหาคม 51	0.06
กันยายน 51	0.13
ตุลาคม 51	0.10
พฤศจิกายน 51	0.07
ธันวาคม 51	0.08
เฉลี่ย	**0.08**

ตารางที่ 5.11 ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552

เดือน	ดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยผลผลิต ของ Zn
มกราคม 52	0.23
กุมภาพันธ์ 52	0.21
มีนาคม 52	0.21
เมษายน 52	0.18
พฤษภาคม 52	0.19
มิถุนายน 52	0.16
เฉลี่ย	**0.20**

5.3 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ

ทำการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงานตัวอย่าง เพื่อที่จะทราบได้ว่าผลการดำเนินงานของการจัดการด้านพลังงานที่เกิดขึ้นหลังจากได้ทำการปรับปรุงนั้นมีปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตที่ดีขึ้นเพียงใด โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูล ม.ค. – ธ.ค. ปี 2551 กับ ม.ค. – มิ.ย.ปี 2552 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 ค่า SEC ของงานที่เป็นอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552

เดือน	Al(kg)	Al(kWh)	Elec-Al(MJ)	LPG-Al(kg)	LPG-Al(MJ)	Al(MJ)	SEC-Al
มกราคม 52	287,468	265,263.24	954,947.66	65,024.28	3,265,519.34	4,220,467.00	14.68
กุมภาพันธ์ 52	268,761	231,853.25	834,671.71	56,613.66	2,843,138.01	3,677,809.71	13.68
มีนาคม 52	298,467	258,836.13	931,810.07	63,276.33	3,177,737.29	4,109,547.36	13.77
เมษายน 52	301,662	253,101.41	911,165.09	55,016.29	2,762,918.08	3,674,083.17	12.18
พฤษภาคม 52	315,637	267,846.18	964,246.26	58,499.56	2,937,847.90	3,902,094.16	12.36
มิถุนายน 52	356,181	263,845.33	949,843.19	56,675.73	2,846,255.16	3,796,098.35	10.66
เฉลี่ย	**304,696**	**256,790.92**	**924,447.33**	**59,184.31**	**2,972,235.96**	**3,896,683.29**	**12.89**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13 ค่า SEC ของงานที่เป็นสังกะสีอัลลอยด์ ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2552

เดือน	Zn (kg)	Zn (kWh)	Elec-Zn (MJ)	LPG-Zn (kg)	LPG-Zn (MJ)	Zn (MJ)	SEC- Zn
มกราคม 52	32,076	36,328.76	130,783.54	2,331.72	117,098.98	247,882.52	7.73
กุมภาพันธ์ 52	30,435	36,907.75	132,867.89	1,819.34	91,367.25	224,235.15	7.37
มีนาคม 52	30,818	28,207.87	101,548.33	2,805.67	140,900.75	242,449.08	7.87
เมษายน 52	22,789	23,296.59	83,867.71	1,708.71	85,811.42	169,679.13	7.45
พฤษภาคม 52	29,964	26,825.82	96,572.94	2,587.44	129,941.24	226,514.18	7.56
มิถุนายน 52	26,837	25,771.67	92,778.01	2,054.27	103,165.44	195,943.45	7.30
เฉลี่ย	**28,819.83**	**29,556.41**	**106,403.07**	**2,217.86**	**111,380.85**	**217,783.92**	**7.54**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะตามมาตรการ

หลังจากทำการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงานตัวอย่างไปแล้ว เพื่อที่จะทราบได้ว่าผลการดำเนินงานของการจัดการด้านพลังงานในแต่ละมาตรการที่เกิดขึ้นหลังจากได้ทำการปรับปรุงนั้นมีผลผลิตที่ดีขึ้นเพียงใด โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงดังตารางที่ 5.14 และได้แสดงรูปสภาพก่อนและหลังปรับปรุงไว้ดังรูปที่ 5.1 – 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 ค่า SEC ของแต่ละมาตรการก่อนและหลังปรับปรุง

มาตรการ	ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะก่อนการปรับปรุง	การดำเนินการ	ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะหลังการปรับปรุง
มาตรการที่ 1 ลดการใช้พลังงานจากเตาหลอมศูนย์กลาง - ลดขนาดวัตถุให้เล็กลงก่อนทำการหลอม - Preheat วัตถุดิบก่อนเริ่มหลอม	5.08 MJ/kg	- ในช่วงวันที่ 12 – 23 ม.ค. 52 ได้ทำการทดลองลดขนาดวัตถุดิบให้เล็กลงก่อนนำเข้าเตาหลอมโดยนำไปผ่านการตัดซึ่งในการทดลองนี้ได้ทดลองกับงานที่เป็นอัลลูมิเนียมอัลลอยด์เท่านั้น จากนั้นในการเติมให้เติมลงในช่องป้อนวัตถุดิบซึ่งเมื่อก่อนจะเติมเป็น Lot เมื่อหลอมหมดแล้วค่อยเติมใหม่แต่จากมาตรการจะทำการเติมวัตถุดิบให้ขึ้นมาจนเกือบเต็มช่องป้อนวัตถุดิบซึ่งได้ทำสัญลักษณ์ไว้แล้ว เพื่อให้วัตถุดิบในช่องได้รับความร้อนเหลือทิ้งจากช่องนี้ เป็นการ Preheat วัตถุดิบไปในตัวด้วย โดยในช่วงที่ทำการทดลองนี้ได้มีการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานได้ 5.39 MJ/kg ซึ่งจะเห็นว่าค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยสูงขึ้นในช่วงนี้เนื่องมาจากการปรับปรุงการทำงานในช่วงแรกพนักงานอาจจะขาดความเข้าใจในการปฏิบัติการ	4.75 MJ/kg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรการ	ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะก่อนการปรับปรุง	การดำเนินการ	ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะหลังการปรับปรุง
มาตรการที่ 2 ลดการใช้พลังงานจากปั๊มลมปรับปรุงการรั่วของระบบลม - แยกปั๊มลมให้ห่างจาก cooling tower - หัวสเปรย์เครื่องฉีด ควรใส่หัวกระจายลมให้ครบทุกท่อทองแดง	0.99 MJ/kg	- ในวันที่ 9 ก.พ. 52 ซึ่งเป็นวันหยุดได้ทำการเคลื่อนย้ายเครื่องอัดอากาศจากที่เดิมให้ห่างจาก cooling tower เพราะการที่เครื่องอัดอากาศและ cooling tower อยู่ใกล้กัน ความชื้นจาก cooling tower จะทำให้ Air Dryer ของเครื่องอัดอากาศทำงานหนักเป็นการใช้พลังงานโดยสิ้นเปลือง - หาหัว nozzle มาติดที่หัวฉีดที่เครื่องฉีดเพื่อเป็นการลดลมรั่วที่เกิดจากหัวฉีดของเครื่อง จากการดำเนินการดังกล่าวซึ่งเป็นการติดตั้งและเคลื่อนย้ายทำให้ไม่มีการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานระหว่างทดลองจะมีเพียงแค่ข้อมูลการใช้พลังงานหลังจากดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วโดยจะนำข้อมูลหลังจากดำเนินการแล้วจนถึงปัจจุบันเป็นข้อมูลหลังการปรับปรุงเพื่อนำไปคิดค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ	0.93 MJ/kg
มาตรการที่ 3 ลดการใช้พลังงานจาก Cooling Tower โดยจัดระบบการเปิด-ปิด Cooling Tower ให้เหมาะสม	0.13 MJ/kg	- ในช่วงวันที่ 5 – 16 ม.ค. 52 ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของ Cooling Tower โดยพิจารณาความเหมาะสมในการเปิดปิดว่าควรเปิดพร้อมกันทั้ง 2 เครื่องเลยหรือไม่ โดยวัดจากอุณหภูมิขาออกจาก Cooling Tower ว่าถ้าหากอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26 – 30 องศาเซลเซียสก็จะเปิด Cooling Tower เพียงแค่ 1 เครื่องก็เพียงพอแล้ว แต่หาก	0.12 MJ/kg

มาตรการ	ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะก่อนการปรับปรุง	การดำเนินการ	ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะหลังการปรับปรุง
		อุณหภูมิขาออกจาก Cooling Tower มากกว่านี้ก็ต้องเปิด 2 เครื่อง จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานระหว่างดำเนินการจะได้ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 0.14 MJ/kg	
มาตรการที่ 4 ลดการใช้พลังงานจากเตาอุ่นประจำเครื่อง - ตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาอุ่นก๊าซทุกตัว - ศึกษาอัตราการใช้พลังงานเปรียบเทียบระหว่างเตาอุ่นไฟฟ้า กับเตาอุ่นก๊าซ	6.54 MJ/kg	- ในวันที่ 9 ก.พ. 52 ซึ่งเป็นวันหยุดได้ทำการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาอุ่นโดยการวัดปริมาณ % O_2 ในก๊าซร้อนไอเสียที่ปล่อยออกมา ซึ่งค่าที่ควรจะเป็นอยู่ระหว่าง 2% – 2.7% แสดงว่าการเผาไหม้มีประสิทธิภาพดี จากนั้นให้เลือกใช้เตาอุ่นตัวที่มีประสิทธิภาพสูงก่อนซึ่งการดำเนินการนี้จะไม่มีการเก็บข้อมูลระหว่างการดำเนินการ จะใช้ข้อมูลหลังจากการตรวจวัดและเลือกตัวที่มีประสิทธิภาพสูงจนถึงปัจจุบันมาเพื่อคิดเป็นค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง นอกจากนี้ยังทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างเตาอุ่นแบบใช้พลังงานไฟฟ้ากับแบบก๊าซ ซึ่งผลที่ได้คือ เตาอุ่นไฟฟ้ามีการใช้พลังงาน 9,650 หน่วย/เดือน (28,950 บาท) ขณะที่เตาอุ่นก๊าซใช้ 1,771 kg/ เดือน (30,100 บาท) จะเห็นได้ว่าแบบไฟฟ้าจะประหยัดกว่า แต่ทางโรงงานจะทำการเปลี่ยนเป็นเตาไฟฟ้าโดยจะรอให้เตาเก่าเสียก่อน	6.11 MJ/kg

มาตรการ	ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะก่อนการปรับปรุง	การดำเนินการ	ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะหลังการปรับปรุง
มาตรการที่ 5 ลดการใช้แสงสว่าง	0.26 MJ/kg	- ในวันที่ 9 ก.พ. 52 ทำการเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดแสงจันทร์มาเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ รวมทั้งทำการปลดหลอดไฟในบริเวณสำนักงานทางเดิน โดยการถอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด/โคม และทำการติดตั้งสวิทช์กระตุกบริเวณสำนักงาน เพราะปกติแล้วสวิทช์ 1 ตัวจะเปิดปิดหลอดไฟหลายโคมด้วยกัน การดำเนินการนี้จะไม่มีข้อมูลการใช้พลังงานระหว่างการดำเนินการเนื่องจากไม่มีการทดลองเป็นการลงมือปฏิบัติเลยจึงใช้ข้อมูลหลังจากดำเนินการเสร็จแล้วเป็นข้อมูลที่นำมาคิดค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	0.25 MJ/kg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก่อนการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง

รูปที่ 5.1 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 1

ก่อนการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง

รูปที่ 5.2 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 2

ก่อนการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง

รูปที่ 5.3 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 3

ก่อนการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง

รูปที่ 5.4 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 4

ก่อนการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง

รูปที่ 5.5 สภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของมาตรการที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและวิเคราะห์โรงงานประเภทการฉีดขึ้นรูปเพื่อลดต้นทุนพลังงานโดยการปรับปรุงการจัดการพลังงานของโรงงานตัวอย่าง โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูล ทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานเบื้องต้น จัดทำแผนภูมิพลังงาน วิเคราะห์หามาตรการปรับปรุงการใช้พลังงาน ซึ่งสรุปผลก่อนและหลังนำมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานได้ผลดังต่อไปนี้

6.1 สรุปผลการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนของโรงงานในปี 2551(ตารางที่ 6.1) เมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตแล้วพิจารณาหาค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะแล้วจะได้ค่า SEC ในแต่ละผลิตภัณฑ์ดังนี้

SEC ของ Al = 13.79 MJ/kg

SEC ของ Zn = 7.86 MJ/kg

จากค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะที่ได้ หากทางโรงงานต้องการลดต้นทุนพลังงานในการผลิตลงนั้นจำเป็นที่จะต้องหาวิธีหรือมาตรการต่างๆมาใช้เพื่อควบคุมการใช้พลังงานหรือใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

หลังจากการนำมาตรการการปรับปรุงการใช้พลังงานมาใช้จะเห็นว่าการใช้พลังงานลดลง โดยได้แสดงข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและปริมาณการผลิต ปี 2552 ไว้ในตารางที่ 6.2 และเมื่อคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ลดลงดังนี้

SEC ของ Al = 12.89 MJ/kg

SEC ของ Zn = 7.54 MJ/kg

ตารางที่ 6.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและปริมาณการผลิต ปี 2551

เดือน	**ค่าไฟฟ้า**(kWh)	LPG (kg)	Al (kg)	Zn (kg)
มกราคม 51	294,168	70,225	254,789	29,145
กุมภาพันธ์ 51	302,420	68,938	292,905	30,647
มีนาคม 51	326,068	77,494	327,553	33,722
เมษายน 51	298,452	66,318	324,219	26,510
พฤษภาคม 51	333,408	66,617	379,751	32,582
มิถุนายน 51	317,080	69,643	354,382	36,854
กรกฎาคม 51	320,479	67,295	350,471	29,880
สิงหาคม 51	284,623	58,208	289,546	22,679
กันยายน 51	242,771	51,138	228,613	15,633
ตุลาคม 51	255,539	52,897	197,126	23,547
พฤศจิกายน 51	307,412	59,233	299,851	27,949
ธันวาคม 51	321,380	71,347	354,645	31,627
เฉลี่ย	**300,316.67**	**64,946.08**	**3,653,851**	**340,775**

ตารางที่ 6.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและปริมาณการผลิต ปี 2552

เดือน	**ค่าไฟฟ้า**(kWh)	LPG (kg)	Al (kg)	Zn (kg)
มกราคม 52	301,592	67,356	287,468	32,076
กุมภาพันธ์ 52	268,761	58,433	252,761	26,435
มีนาคม 52	287,044	66,082	298,467	30,818
เมษายน 52	276,398	56,725	301,662	22,789
พฤษภาคม 52	294,672	61,087	315,637	29,964
มิถุนายน 52	289,617	58,730	356,181	26,837
เฉลี่ย	**286,347.33**	**61,402.17**	**304,696**	**28,819.83**

จากการประเมินของฝ่ายผลิตค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยเฉพาะฝ่ายผลิตจะอยู่ที่ 2.8 – 2.9 บาทต่อหน่วย แต่ในการคำนวณนี้จะใช้ค่ากลางคือ 2.85 บาทต่อหน่วย และคิดราคาค่าก๊าซ LPG กิโลกรัมละ 19 บาท

ตารางที่ 6.3 ค่าไฟฟ้า และ ค่าก๊าซ LPG ปี 2551

เดือน	ค่าไฟฟ้า(บาท)	LPG (บาท)
มกราคม 51	838378.80	1,334,275
กุมภาพันธ์ 51	861897.00	1,309,822
มีนาคม 51	929293.80	1,472,386
เมษายน 51	850588.20	1,260,042
พฤษภาคม 51	950212.80	1,265,723
มิถุนายน 51	903678.00	1,323,217
กรกฎาคม 51	913365.15	1,278,605
สิงหาคม 51	811175.55	1,105,952
กันยายน 51	691897.35	971,622
ตุลาคม 51	728286.15	1,005,043
พฤศจิกายน 51	876124.20	1,125,427
ธันวาคม 51	915933.00	1,355,593
เฉลี่ย	**855,902.51**	**1,233,975.58**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 ค่าไฟฟ้า และ ค่าก๊าซ LPG ปี 2552

เดือน	ค่าไฟฟ้า(บาท)	LPG (บาท)
มกราคม 52	859,537.20	1,279,764
กุมภาพันธ์ 52	765,968.85	1,110,227
มีนาคม 52	818,075.40	1,255,558
เมษายน 52	787,734.30	1,077,775
พฤษภาคม 52	839,815.20	1,160,653
มิถุนายน 52	825,408.45	1,115,870
เฉลี่ย	**816,089.89**	**1,166,641.23**

เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณผลประหยัดในปี 2552 มาเทียบกับปี 2551 จะได้ว่า ทางโรงงานสามารถลดต้นทุนพลังงานลงได้ 5.13% จากปี 2551

เมื่อทำการปรับปรุงตามมาตรการแล้วส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในบางกระบวนการในแผนภูมิพลังงานซึ่งได้แสดงแผนภูมิพลังงานใหม่เฉพาะในส่วนที่มีความเปลี่ยนแปลงจากเดิมดังตารางที่ 6.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.5 แผนภูมิพลังงานหลังการปรับปรุง

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
3.หลอม Al	-หม้อแปลง 1,000 KVA 22 KV,400 V	-ไฟฟ้า 380 V,มอเตอร์ 3.7 kW*2, 1.5 kW*2,0.75 kW*1 - Voltage 220 V	-มอเตอร์โบล์วเวอร์ไฟฟ้า(397V,3.7 kW*1) (398 V,1.5 kW*2)(399 V,0.75 kW*1) -แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(6Unit) - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW (3 Unit) ระบายความร้อนให้พนักงาน	-	-
	- ถังก๊าซ 4.3 Ton 3 ถัง	- ก๊าซ 20 Psi	-หลอมอลูมิเนียม 700 ˚c, ไฟ 2 Stage (Hi, Low)	- อุณหภูมิปากเตา 115 ˚c	- อุณหภูมิรอบเตา 60 - 120 องศา
	- ลม Tank 3,000 L ,7.2 kg/cm²	- ลม 50 Psi(3.42 bar)	-กระบอกลมเปิด/ปิดฝาเตาและถ่ายน้ำอลูมิเนียม 3.2 bar	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
4. เครื่องฉีด Al	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	-ไฟฟ้า 380V,มอเตอร์ 45 kW *1, 22 kW*5,18.5 kW*1,15 kW*6,11 kW*1 - Voltage 220 V	-มอเตอร์ไฟฟ้า (395 V,45 kW*1)(396 V, 22 kW*5)(394 V,18.5 kW*1)(398 V,15 kW*6) (394 V,11 kW*1)ขับปั้มไฮดรอลิค 150 bar -แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(130Unit) - มอเตอร์พัดลม 0.25 KW (12 Unit) ระบายความร้อนให้พนักงาน	- - -	- - -
	-คูลลิ่งทาวเวอร์ 200 Ton (2 Unit) -ลม Tank 3,000 L ,7.2 Kg/Cm²	-อัตราการไหล 155 L/min *13, 175 L/min*1T=26 ˚c Air pressure 5 bar	-อัตราการไหล 150-200 L/min (14 Unit) ระบายความร้อนน้ำมันและพิมพ์ -ใช้งานสเปรย์ 4 bar (10 Unit) สเปรย์เป่าเศษ,เคลือบพิมพ์และขับกระบอกลม	T=30 ˚c -	- -

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
4.1 เครื่องฉีด Zinc	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	-ไฟฟ้า 380V,มอเตอร์ 18.5 kW *2,15 kW*1 - Voltage 220 V	-มอเตอร์ไฟฟ้า (397 V,18.5 kW*2)(398 V ,15 kW*1)ขับปั้มไฮดรอลิค 150 bar -แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(21 Unit)		
4.2 เครื่องเท	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	-ไฟฟ้า 380V,มอเตอร์ 18.5kW *3 - Voltage 220 V	-มอเตอร์ไฟฟ้า (397 V, 18.5 kW*3) ขับปั้มไฮดรอลิค 100 bar -แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(22 Unit)		
5. หักหัวน้ำ	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V	- Voltage 220 V	-แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W(6Unit) -พัดลมไฟฟ้า 220V,0.25 kW(2 Unit)	- -	- -
6. ตะไบ	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 220 V -Boss cander, Air cold 0.52 m³/min 16,000 RPM, Air Press 5 bar	-แสงสว่างไฟฟ้า 220V,36W (22 Unit) -พัดลมไฟฟ้า 220V,0.25 kW(10 Unit) -Air Press 4.5 bar (24 Unit)	- - -	- - -

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
15. CNC# 1	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V. -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 380 V - Voltage 220 V - Air Pressure 5 bar	- มอเตอร์เครื่องCNC 7.5 kW ขับแกนและหัวหมุน - มอเตอร์แอร์ 257 W - เครื่องที่ใช้จริง 4.5 bar	-	
16. CNC# 2	-หม้อแปลง 1,000 KVA, 22 KV,400 V -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 380 V - Voltage 220 V - Air Pressure 5 bar	- มอเตอร์เครื่อง 7.5 kW ขับแกนและหัวหมุน - มอเตอร์แอร์ 257 W - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW - หลอดไฟ 36 W - 1 หลอด - เครื่องที่ใช้จริง 4.5 bar	- - - -	- - - -

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
17. CNC# 3	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V. -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 380 V - Voltage 220 V - Air Pressure 5 bar	- มอเตอร์เครื่องCNC 7.5 kW ขับแกนและหัวหมุน - มอเตอร์แอร์ 257 W - เครื่องที่ใช้จริง 4.5 bar	-	-
20. Finishing	- หม้อแปลง1,000 KVA 22 KV, 400 V. -ลม Tank 3,ooo L ,7.2 Kg/Cm²	- Voltage 220 V	-หลอดไฟ 36 W - 11 หลอด - มอเตอร์พัดลม 0.25 kW (4 Unit) - ปืนลม 4 bar	- - -	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการลดต้นทุนการใช้พลังงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงานด้วยการจัดการอย่างเหมาะสม ในที่นี้ข้อเสนอแนะจะเป็นเรื่องของการติดตามและควบคุมผลซึ่งจะใชเทคนิคของการวิเคราะห์สมการถดถอยชนิดหลายมาช่วยในการสร้างสมการพลังงานเพื่อให้เป็นตัวช่วยในการติดตามและควบคุมการใช้พลังงานในแต่ละเดือน โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยชนิดหลายตัวแปรเป็นการวิเคราะห์สมการของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันซึ่งพิจารณา สำหรับตัวแปรอิสระ 2 ตัวหรือมากกว่าสองตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันในสมการ และมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร คือ ตัวแปรอิสระแต่ละตัวต้องเป็นอิสระต่อกันและไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยสมการถดถอยหลายตัวแปรดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots b_nX_n$$

โดยที่ Y = ตัวแปรตาม

$X_1, X_2, \dots, X_n$ = ตัวแปรต้น

a = จุดตัดแกน Y

b_n = Regression coefficient คือค่าของ Y ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อค่า X_n เปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยที่ X ตัวอื่นๆ คงที่

ในสมการถดถอยหลายตัวแปร โดยเฉพาะ X_1, X_2 มีโอกาสที่จะเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์โดยค่าเหล่านี้เรียกว่า coefficients of partial regression ปรกติ ตัวแปรอิสระแต่ละตัวจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่นๆ ดังนั้นความไม่สัมพันธ์ระหว่าง Y และ X_1 กับความไม่สัมพันธ์ระหว่าง X_1 และ X_2 จึงเป็นเรื่องปรกติ

จากข้อมูลที่รวบรวมในปี 2551 จะนำมาสร้างสมการพลังงานด้วยเทคนิดการวิเคราะห์สมการถดถอยชนิดหลายตัวแปร โดยจะแบ่งการสร้างสมการออกเป็นสมการพลังงานของพลังงานไฟฟ้าและสมการพลังงาของพลังงานความร้อน โดยกำหนดให้

Y = ค่าพลังงานที่ใช้ (พลังงานไฟฟ้าหน่วยเป็น kWh, พลังงานความร้อนหน่วยเป็น kg ของ LPG)

X_1 = ผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์ (kg)

X_2 = ผลผลิตของสังกะสีอัลลอยด์ (kg)

เมื่อนำข้อมูลในปี 2551 มาคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab Version 15 จะได้สมการพลังงานดังนี้

ด้านพลังงานไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) = 148,326 + 0.283 Al(kg) + 2.32 Zn(kg)

โดยมีค่า S = 7,786.37 R-Sq = 93.6% R-Sq (adj) = 92.2%

ด้านพลังงานความร้อน

ค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ (kg) = 29,859 + 0.015 Al(kg) + 1.07 Zn(kg)

โดยมีค่า S = 4,520.70 R-Sq = 73.3% R-Sq (adj) = 67.3%

ในการนำสมการพลังงานที่ได้ในปี 2551 มาใช้ติดตามและควบคุมสามารถทำได้โดยการนำสมการในปี 2551 ที่ได้มาใส่ค่าตัวแปร X_1 (Al(kg))และ X_2 (Zn(kg) ในปี 2552 ลงไปแทนจะได้ผลตามตารางที่ 6.6 และ 6.7

ตารางที่ 6.6 ผลการประมาณการพลังงานไฟฟ้าโดยสมการพลังงาน

เดือน	ค่าไฟฟ้า(kWh)	Al (kg)	Zn (kg)	ค่าประมาณการ	%Error
มกราคม 52	301,592	287,468	32,076	304095.76	0.83
กุมภาพันธ์ 52	268,761	252,761	26,435	294994.56	9.76
มีนาคม 52	287,044	298,467	30,818	304289.92	6.01
เมษายน 52	276,398	301,662	22,789	286566.83	3.68
พฤษภาคม 52	294,672	315,637	29,964	307167.75	4.24
มิถุนายน 52	289,617	356,181	26,837	311387.06	7.52

ตารางที่ 6.7 ผลการประมาณการพลังงานความร้อนโดยสมการพลังงาน

เดือน	LPG (kg)	Al (kg)	Zn (kg)	ค่าประมาณการ	%Error
มกราคม 52	67,356	287,468	32,076	68492.34	1.69
กุมภาพันธ์ 52	58,433	252,761	26,435	66455.87	13.73
มีนาคม 52	66,082	298,467	30,818	67311.27	1.86
เมษายน 52	56,725	301,662	22,789	58768.16	3.60
พฤษภาคม 52	61,087	315,637	29,964	66655.04	9.11
มิถุนายน 52	58,730	356,181	26,837	63917.31	8.83

จากตารางที่ 6.6 และ 6.7 ในช่องของค่าประมาณการคือ ค่าที่ได้จากการแทนปริมาณผลผลิตของอัลลูมิเนียมอัลลอยด์และสังกะสีอัลลอยด์ลงในสมการพลังงานในแต่ละประเภท ส่วนในช่องของ %Error คือการนำค่าที่ได้จากการประมาณการลบด้วยค่าที่ใช้จริงแล้วหารด้วยค่าที่ใช้จริง ซึ่งหากค่าที่ได้เป็นบวกแสดงว่า การใช้พลังงานจริงน้อยกว่าที่ประมาณการไว้หรือหมายความว่า การใช้พลังงานในปี 2552 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในปี 2551 มีผลดีขึ้น หากค่าที่ได้ติดลบแสดงว่าการใช้พลังงานเกินกว่าที่ประมาณการไว้ โดยในที่นี้จะเห็นได้ว่าผลที่ได้เป็นบวกทั้งหมดแสดงว่าหลังจากการนำมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนของทางโรงงานมีประสิทธิภาพดีมากขึ้น

6.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

1. การเก็บข้อมูลต้องใช้เวลามากในการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าและความร้อน โดยบางครั้งไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อค่าเหล่านี้ทำให้ไม่สามารถได้ค่าการวัดที่มีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุดได้
2. ในการนำค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะมาใช้นั้นจะเกิดปัญหาในการวัดเนื่องจากบางกระบวนการเป็นกระบวนการที่ผ่านเครื่องจักรเครื่องเดียวกันทำให้ไม่สามารถวัดค่าพลังงานที่ผลิตภัณฑ์นั้นใช้จริงในกระบวนการนั้นได้ จากปัญหานี้จึงควรหาวิธีแยกการวัดการใช้พลังงานในแต่ละผลิตภัณฑ์ให้แยกออกจากกันโดยอาจจะทำการแบ่งสายการผลิตออกจากกันเลย แต่ถ้าหากไม่สามารถทำได้จริงในเบื้องต้นอาจจะใช้วิธีการแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานของกระบวนการนั้นตามปริมาณผลผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ก็ได้
3. มาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานที่กำหนดไว้ มีบางมาตรการที่ไม่สามารถทำจริงได้ในเวลาอันสั้น ต้องทิ้งไว้เป็นมาตรการระยะยาวเนื่องจากต้องศึกษาข้อมูลเพื่อความมั่นใจ เช่นมาตรการการปรับลดอุณหภูมิการฉีดให้เหมาะสมกับชิ้นงาน มาตรการออกแบบทางเดินและระบบรูล้นของแต่ละงานให้เหมาะสม และมาตรการปรับเปลี่ยนความเร็วในฉีดให้เหมาะสมในแต่ละชิ้นงาน เพราะมาตรการเหล่านี้อาจจะส่งผลต่อชิ้นงานโดยตรง อีกทั้งยังมีผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบทำให้ต้องมีการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด
4. เนื่องจากพนักงานระดับปฏิบัติการในโรงงานมีหน้าที่รับผิดชอบเดิมที่มากอยู่แล้ว เมื่อนำมาตรการในการประหยัดพลังงานไปประยุกต์ใช้ทำให้ต้องอาศัยเวลาและความร่วมมือของพนักงานและวิศวกรของโรงงานอย่างสูง อีกทั้งยังต้องทำความเข้าใจและอบรมในส่วนของความรู้พื้นฐานแก่พนักงานเพื่อการปฏิบัติที่ถูกต้อง จึงทำให้ผลการประหยัดพลังงานประสบความสำเร็จในที่สุด

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

แกมกานต์ ภิญโญ, 2544. **การลดต้นทุนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณรงค์ศักดิ์ นันทกสิกร, 2543. **แผนการลดต้นทุนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาวิณี อนุสรณ์เสรี, 2545. **การลดต้นทุนการผลิตสำหรับโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แบบถอดประกอบได้**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย ปัญญาวีร์ และ จตุพร สถากุลเจริญ, 2549. **คู่มือการลดต้นทุนผลิตด้านพลังงาน**. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

กุลธร ศิลปบรรเลง ทวี เวชพฤติ และ คุณวุฒิ ดำรงค์พลาสิทธิ์, 2531. **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสถานภาพการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรม**. ศูนย์วิจัยและอบรมพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวี เวชพฤติ คุณวุฒิ ดำรงค์พลาสิทธิ์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน เกษม อภินันทกุล กระเตื้อง น้อยทิพย์ พจน์ สัจจะวาณิชย์ เชษฐ์ประดิษฐ์ สวัสดิชัยและศุภชัย รัตน์ประสาทพร, 2529. **การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในงานอุตสาหกรรม**. ศูนย์วิจัยและอบรมพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันชัย ริจิรวนิช และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, 2540. **การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรมและงบประมาณกรุงเทพมหานคร**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อมรรัตน์ แก้วประดับ และ พิชัย นามประกาย, 2548. **การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในอุตสาหกรรมประเภทโลหะ**. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1, ชลบุรี, ประเทศไทย, 11-13 พฤษภาคม 2548: 293-298.

วีระพงษ์ ประสาทศิลปิน, 2541. **การประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษา แพพันธ์อ้วน, 2543. **การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สงวน ตั้งโพธิธรรม, 2529. **การศึกษาการใช้และประหยัดพลังงงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิงหา เจียมศิริ, 2524. **บทบาทของวิศวกรรมอุตสาหการในการจัดการพลังงาน**. การประชุมใหญ่ทางวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โปรเฟสชั่นแนล.

โสวัตร สวงรัมย์, 2524. **การประหยัดพลังงานในโรงกลั่นน้ำมันบางจาก**. การประชุมใหญ่ทางวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โปรเฟสชั่นแนล.

ไมตรี สุวรรณนัจศิริ, 2524. **การประหยัดพลังงานในบริษัทไทยบริดสโตน จำกัด**. การประชุมใหญ่ทางวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โปรเฟสชั่นแนล.

ภาษาอังกฤษ

Andersen, D.R., D.J. Sweeney and T.A. Williams, 1997. An Introduction to Management Science. **Quantitive Approach to Decision Making**, 8th edn. West Publishing, St Paul, Minnesota.

H. Sun, S.E. Lee, R.M.T. Priyadarsini, X. Wu, Y. Chai and H.-S.Majid, 2006. Building energy performance benchmarking and simulation under tropical climatic conditions. **International Workshop on Energy Performance and Environmental Quality of Buildings**, Milos Island, Greece.

Lehmann, C., N. Gaitani and M. Santamouris, 2006. Using Principal components analysis and clustering technics to define typical buildings. **Energy Performance and Environmental Quality of Buildings (EPEQUB2006),** Milos Island, Greece.

Sun, H.S. and S.E. Lee, 2006. Case study of data centers energy performance, **Energy and Buildings, Volume 38**, Page 522-533

Wober, K.W., 2002. Benchmarking in Tourism and Hospitality Industries **The Selection of Benchmarking Partners**. CABI Publishing, Wakkubgford, Oxon OX10 8DE, UK.

Yoe, L.C., 2003. Investigating into car park energy consumption for commercial buildings in Singapore,Undergraduate Thesis, National University of Singapore.

M.G. Patterson, 1996. What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues, **Energy Policy 24** (5), 377–390

R. Haas, 1997. Energy efficiency indicators in the residential sector. What do we know and what has to be ensured?, **Energy Policy 25** (7–9), 789–802

C. Federspiel, 2002. Q. Zhang and E. Arens, Model-based benchmarking with application to laboratory buildings, **Energy Build 34** , 203–214.

C. Filippín, (2000), Benchmarking the energy efficiency and greenhouse-gases emissions of school buildings in central Argentina, **Build Environ 35** , 407–414.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบฟอร์มการตรวจประเมินการจัดการพลังงาน

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	นโยบายและเป้าหมายการจัดการพลังงาน	25		
2	โครงสร้างองค์กรและทีมพลังงาน (Organization Structure and Energy Team)	45		
3	การวางแผนการอนุรักษ์พลังงานและการดำเนินการ	400		
4	การควบคุม การปฏิบัติงาน	200		
5	การติดตาม การควบคุม ดัชนีพลังงาน และค่าพลังงานคาดหมาย (Energy Index & Expect Energy Monitoring & Controlling)	300		
6	การทบทวนโดยฝ่ายบริหาร	30		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	น้ำหนักเต็ม	ผู้ประเมินตนเอง	กลุ่มผู้ประเมิน	หมายเหตุ
1	**นโยบายและเป้าหมายการจัดการพลังงาน**	25			
	1.1 ผู้บริหารกำหนดนโยบายพลังงาน เป็นลายลักษณ์อักษรและมีการประชาสัมพันธ์ให้พนักงานทราบ		0-5		
	1.2 นโยบายพลังงานแสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหารในการจัดการพลังงาน ใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างคุ้มค่า		0-5		
	1.3 นโยบายพลังงาน แสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหารในการให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดการพลังงาน		0-5		
	1.4 สุ่มถามพนักงานมากกว่า 60 % มีความเข้าใจนโยบายพลังงาน		0-10		
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	กลุ่มกรรมการ	หมายเหตุ
2	**โครงสร้างองค์กรและทีมพลังงาน** (Organization Structure and Energy Team)	45			
	2.1 ผู้บริหารแต่งตั้งคณะทำงานจัดการพลังงาน โดยมีภาระหน้าที่ในการวางแผนการจัดการพลังงาน ดำเนินการติดตาม ควบคุม การใช้พลังงานให้ มีก่อนแต่ยังไม่ได้แต่งตั้งอย่างเป็นทางการ		0-5		
	2.2 คณะทำงานจัดการพลังงาน ได้มีการประชุมกำหนดหัวข้อในการปรับปรุงการใช้พลังงาน		0-10		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการประชุม 5 ไม่มีหัวข้อการปรับปรุง การใช้พลังงาน 10 มีหัวข้อการปรับปรุงการใช้พลังงาน มีการประชุมกลุ่ม QCC เดือนละครั้ง (แนะนำให้ประชุม เดือนละ 2 ครั้ง)				
	2.3 ผู้บริหารได้กำหนดนโยบาย และให้พนักงานได้จัดตั้งกลุ่มย่อยในแต่ละแผนก เพื่อปรับปรุง การใช้พลังงาน		0-10		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีนโยบาย 5 มีการจัดตั้งกลุ่มย่อยและขึ้นทะเบียน 10 มีการจัดตั้งกลุ่มย่อยและขึ้นทะเบียน ทุกแผนกทั้งองค์กร				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	ระดับความสำคัญ	ค่าน้ำหนัก	กลุ่มผู้ประเมิน	ผลการประเมิน
	2.4 กลุ่มย่อยในแต่ละแผนก ได้มีการประชุมกำหนดหัวข้อในการปรับปรุงการใช้พลังงาน		0-10		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการประชุม 5 ไม่มีหัวข้อการปรับปรุง การใช้พลังงาน 10 มีหัวข้อการปรับปรุงการใช้พลังงานและดำเนินการ				
	2.5 ระบบสนับสนุนการผลิต (Utilities) ต่างๆ ได้จัดทำวิธีการปฏิบัติงานทุกระบบ และพนักงานผู้รับผิดชอบ ได้รับการฝึกอบรม (ดูประวัติการอบรม)		0-10		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน และฝึกอบรม พนักงาน				
	5 มีการจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน และฝึกอบรม พนักงาน บางระบบ				
	10 มีการจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน และฝึกอบรม พนักงาน ทุกระบบ				
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เต็มหน่วย	เฉลี่ยหน่วย	กลุ่มรายเหลือ	กลุ่มรายเหลือ
3	**การวางแผนการอนุรักษ์พลังงานและการดำเนินการ**	400			
3.1	**แผนผังพลังงาน** (TSV Energy Chart)		0-15		
	3.1.1 การแสดง ระดับพลังงาน ณ แหล่งกำเนิดพลังงาน , ศักยภาพพลังงานก่อนเข้ากระบวนการ		0-5		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการจัดทำ Energy Chart 5 มีการแสดงศักยภาพพลังงาน (มากกว่า 80% ของกระบวนการทั้งหมด)				
	3.1.2 การแสดง ลักษณะการนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ และค่าตัวแปรกระบวนการ เช่น การให้ความร้อนแปรรูปพลังงาน การตัด การกัด และอื่นๆ		0-5		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการจัดทำ Energy Chart 5 มีการแสดงการนำพลังงานไปใช้ประโยชน์				
	3.1.3 การแสดง ระดับศักยภาพพลังงานที่เหลือจากกระบวนการ (ถ้ามี) , ระดับพลังงานของเครื่องจักรหรือชิ้นงาน		0-5		
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เกณฑ์	เฉลี่ย	กลุ่ม	หมายเหตุ
3.2	**แผนผังพลังงาน** (TSV Energy LayOut) ให้ คะแนน 60% ถ้าไม่มีระบบ		0-15		
	3.2.1 การแสดง ระบบส่งถ่ายพลังงาน(ท่อ) ระบบลม		0-5		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการจัดทำ Energy layout 5 มีการแสดง ขนาด ทิศทาง ครบถ้วน				
	3.2.2 การแสดง ระบบส่งถ่ายพลังงาน(ท่อ) ระบบน้ำเย็น Chiller หรือ ระบบห้องเย็น หรือ ระบบน้ำหอผึ่ง Cooling		0-5		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการจัดทำ Energy layout 5 มีการแสดง ขนาด ทิศทาง ครบถ้วน				
	3.2.3 การแสดง ระบบส่งถ่ายพลังงาน(ท่อ) ระบบไอน้ำ(Steam) หรือ ระบบน้ำมันร้อน หรือน้ำ		0-5		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการจัดทำ Energy layout 5 มีการแสดง ขนาด ทิศทาง ครบถ้วน				
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	สูงที่สุด	ปานกลาง	ต่ำที่สุด	หมายเหตุ
3.3	**การลดค่าศักยภาพพลังงาน** (Energy Potential)				
	3.3.1 การลด ค่าศักยภาพพลังงาน ของตัวแปรกระบวนให้มีค่าต่ำสุด (Process Parameter minimization)		0-90		
	เกณฑ์การให้คะแนน 0 ไม่มีการพิจารณา ปรับปรุงตัวแปรกระบวนการ		0		
	10 ไม่มีการพิจารณา ปรับปรุงตัวแปรกระบวนการ แต่ระบบควบคุมตัวแปรกระบวนการ ทำงานสมบูรณ์ในทุกกระบวนการ				
	20 มีการพิจารณา ปรับปรุงตัวแปรกระบวนการ ในบางกระบวนการ และระบบควบคุมตัวแปรกระบวนการทำงานไม่สมบูรณ์ในบางกระบวนการ		20		
	30 มีการพิจารณา ปรับปรุงตัวแปรกระบวนการ ในบางกระบวนการ และระบบควบคุมตัวแปรกระบวนการทำงานสมบูรณ์ในทุกกระบวนการ		30		
	40 มีการพิจารณา ปรับปรุงตัวแปรกระบวนการ ในทุกกระบวนการ และระบบควบคุมตัวแปรกระบวนการทำงานสมบูรณ์ในทุกกระบวนการ		40		
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เกณฑ์ผ่าน	เต็ม	กลุ่มการรับรอง	หมายเหตุ
	3.3.2 ระดับ ศักยภาพพลังงาน ณ แหล่งกำเนิดพลังงาน (Original Energy Potential : OEP) เทียบกับระดับศักยภาพก่อนเข้ากระบวนการ (Process Input Energy Potential : PEP) และค่าตัวแปรดำเนินการ (Process Parameter : PP)		0-50		
	1.ระบบ อัดอากาศ ได้มีการพิจารณา ศักยภาพ พลังงาน ให้เหมาะสม กับแต่ละกระบวนการ (ความดันที่ตั้ง สูงกว่าที่ จ่ายให้แต่ละกระบวนต้องการไม่เกิน 1 บาร์)		0-10		
	2.ระบบน้ำร้อน ได้มีการพิจารณา ศักยภาพ พลังงาน ให้เหมาะสม กับแต่ละกระบวนการ (ค่าตั้งอุณหภูมิ ณ แหล่ง สูงกว่าที่ แต่ละกระบวนต้องการไม่เกิน 10 C)		0-10		
	3.ระบบน้ำเย็น (Chiller) หรือห้องเย็น ได้มีการพิจารณา ศักยภาพ พลังงาน ให้เหมาะสม กับแต่ละกระบวนการ (ค่าตั้งอุณหภูมิ ณ แหล่ง ต่ำกว่าที่ กระบวนต้องการไม่เกิน 5F)		0-10		
	4.ระบบไอน้ำ(Steam) ได้มีการพิจารณา ศักยภาพ พลังงาน ให้เหมาะสม กับแต่ละกระบวนการ (ความดันที่ตั้ง (เทียบอุณหภูมิ) สูงกว่าที่ กระบวนต้องการไม่เกิน 1 บาร์)		0-10		

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เต็มหน่วย	เฉลี่ยหน่วย	กลุ่มกรรมการ	กลุ่มกรรมการผู้ชำนาญ
	5.ระบบน้ำมันร้อน ได้มีการพิจารณา ศักยภาพ พลังงาน ให้เหมาะสม กับแต่ละกระบวนการ (ค่าตั้งอุณหภูมิ ณ แหล่ง สูงกว่าที่ แต่ละกระบวนต้องการไม่เกิน 20 C)		0-10		
	หมายเหตุ ข้อ 3.3.2 ถ้าไม่มีระบบ ให้คะแนน 60% comment				
3.4	**การเลือกชนิดพลังงาน** (Energy Type)		0-40		
	องค์กรต้องเลือกชนิดพลังงานให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้พลังงาน และแหล่งพลังงาน				
	1 การให้พลังงานความร้อน (มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้ 0 คะแนน ยกเว้น กระบวนการที่ ไม่ให้เกิดการ Oxidation ,ได้ 10 คะแนน ถ้าใช้พลังงานประเภทอื่น)		0-10		
	2 การเป่าลม (0 คะแนน มีกระบวนการที่ ไม่ต้องการความดัน เกิน 2 บาร์ แต่ใช้ อากาศอัด มาเป่าลม ได้ 10 คะแนน ถ้าใช้อย่างถูกต้องทุกกระบวนการ)		0-10		
	3. ชนิดพลังงาน ให้ความร้อน ตามระดับอุณหภูมิ (ได้ 0 คะแนน ถ้าไม่เป็นไปตาม เกณฑ์ ต่อไปนี้ และได้ 10 คะแนน ถ้าได้ตามเกณฑ์ ทุกกระบวนการ)		0-10		
	-กระบวนการที่ให้ความร้อน ที่สูงกว่า 180 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนโดยตรง หรือ ให้ความร้อนผ่านระบบน้ำมันร้อน				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	ระดับความสำคัญ	ระดับคะแนน	ผู้ประเมินกลุ่ม	ผู้ประเมินรายบุคคล
	-กระบวนการที่ให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 60-180 องศาเซลเซียส เซลเซียส ให้ความร้อนโดยตรง หรือ ให้ความร้อนผ่าน ระบบไอน้ำ				
	-การให้ความร้อน ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนในลักษณะโดยตรง หรือ ให้พลังงานด้วย Solar Heat หรือ Heat pump หรือ Heat Reclaim หรือไอน้ำ Flash				
	4. ชนิดพลังงาน ระบาย ความร้อน (ได้ 0 คะแนน ถ้าไม่เป็นไปตาม เกณฑ์ ต่อไปนี้ และได้ 10 คะแนน ถ้าได้ตามเกณฑ์ ทุกกระบวนการ)		0-10		
	-การระบายความร้อนออกจากกระบวนการ ที่อุณหภูมิกระบวนการสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ต้องใช้การระบายความร้อนด้วยอากาศ หรือน้ำเย็นจากห่อผึ่ง (Cooling Tower)				
	-การระบายความร้อนออกจากกระบวนการ ที่อุณหภูมิกระบวนการ 30-40 องศาเซลเซียส พิจารณาใช้น้ำเย็นจากห่อผึ่ง (Cooling Tower)				
	-การระบายความร้อนออกจากกระบวนการ ที่อุณหภูมิกระบวนการ ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ใช้น้ำเย็นจัดจากเครื่องผลิตน้ำเย็น (Chiller)				
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เกณฑ์ขั้นต่ำ	เกณฑ์คะแนน	กลุ่มกรรมการ	หมายเหตุ
3.5	(Energy & Resource Recovery)		0-50		
	การประเมิน และวิเคราะห์ โอกาส การนำกลับคืนพลังงานและทรัพยากร (Energy & Resource Recovery) ที่เหลือจากกระบวนการ เครื่องจักร หรือชิ้นงาน เช่น Condensate (ระบบไอน้ำ) ความร้อนเหลือทิ้งในกระบวนการ เช่น Flue Gas ทรัพยากรที่เหลือจากกระบวน เช่น มูลสัตว์ น้ำมันพืชที่เหลือจากการทอด อุณหภูมิด้านความร้อน หรือความเย็นของเครื่องจักร หรือชิ้นงาน ระบบอื่นๆ				
	1. อุณหภูมิเครื่องจักรที่มีการให้พลังงาน ความร้อน (0 คะแนน มีเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ ที่มีอุณหภูมิที่ผิวภายนอก เกิน 50 C , 5 คะแนน ถ้าไม่เกิน 50 C)		0-5		
	2 ชิ้นงาน ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (0 คะแนน ถ้าชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการ มีอุณหภูมิเกิน 150 C และไม่มี การ Recovery, 5 คะแนน ถ้ามีการ Recovery		0-5		
	3 ความร้อนก๊าซเหลือทิ้งจากเตาอบ หรือ เตาเผา (Flue Gas) (ได้ 0 คะแนน ถ้าไม่เป็นไปตาม เกณฑ์ ต่อไปนี้ และได้ 15 คะแนน ถ้าได้ตามเกณฑ์ ทุกกระบวนการ)		0-15		

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	ผู้ประเมินอิสระ	ผู้ประเมินกลุ่ม	ผู้ประเมินโครงการ	ผู้ประเมินหน่วยงานผู้ขอ
	- มีกระบวนการอื่นที่ ใช้ความร้อนทิ้ง เป็นอากาศป้อนได้ และองค์กรน้ำความร้อนนี้ ไปใช้งาน				
	- มีกระบวนการอื่นที่ใช้ ไอน้ำ ที่ผลิตจาก ก๊าซทิ้งได้ และองค์กรได้นำไปใช้				
	- มีกระบวนการอื่นที่ใช้ ความเย็น หรือน้ำเย็น ที่ผลิตจาก ก๊าซทิ้งได้ และองค์กรได้นำไปใช้(ใช้ Absorption Chiller)				
	4. น้ำร้อน เหลือจากกระบวน การ หรือ น้ำร้อนระบายความร้อนจากกระบวนการ และสามารถนำไปใช้ยังกระบวนการอื่นได้ (0 คะแนน ถ้าน้ำร้อนที่ออกจากกระบวนการ มีอุณหภูมิสูงกว่า กระบวนการอื่นที่สามารถใช้ได้ และไม่มี การ Recovery , 5 คะแนน ถ้ามีการ Recovery		0-5		
	5 น้ำมัน หรือ น้ำมันพืชที่เหลือจากกระบวนการ (0 คะแนน ถ้ามี เครื่องจักร หรือกระบวนการที่ สามารถใช้ได้แต่ไม่ใช้ เช่น แทนน้ำมันเตา , 10 คะแนน ถ้ามีการ Recovery)		0-5		
	6 น้ำเสีย หรือมูลสัตว์ จากกระบวนการ (0 คะแนน ถ้าน้ำเสียมี ศักยภาพ ผลิต BioGas ได้ แต่องค์กรไม่มี การ Recovery, 15 คะแนน ถ้ามีการ Recovery		0-15		
	หมายเหตุ ถ้าไม่มีระบบ หรือ องค์กรได้มีการประเมิน ผลการลงทุน และไม่คุ้มค่าการลงทุน ภายใน 2 ปี ให้คะแนน 60% Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เกณฑ์ผ่าน	เต็ม	กลุ่มงาน	หน่วยงาน
3.6	**มาตรฐาน ระบบสนับสนุนต่าง ๆ**		220		
	3.6.1 มาตรฐานการใช้ ระบบไฟฟ้า		0-25		
	1.แรงดันไฟฟ้าหลังหม้อแปลงสูงไม่เกิน 395 volt และไม่ต่ำกว่า 380 volt (ผ่านเกณฑ์ 10 คะแนน ไม่ผ่าน 0) เวลาตรวจวัด ___14.20_____ น. วัน พฤหัสบดี (ควรวัด เวลา ประมาณ 13-14.30 น. วัน จันทร์ – ศุกร์) หม้อแปลง 1 ขนาด __1,000__KVA Rated __800_ Ampare R __397__ Volt S__398__ Volt T __398__ Volt หม้อแปลง 2ขนาด _____KVA Rated _____ Ampare R _____ Volt S_____ Volt T _____ Volt		0-10		
	2. แรงดันไฟฟ้า ตกในสายจ่ายไฟฟ้า สูงสุด ไม่เกิน 10 โวลท์ หรือ 2.5 % (ผ่านเกณฑ์ 10 คะแนน ไม่ผ่าน 0) จุดตรวจวัด _____ R _____ Volt S_____ Volt T _____ Volt จุดตรวจวัด ___Pump___ R _225__ Volt S_225__ Volt T __225__ Volt		0-5		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เต็มหน่วย	เฉลี่ยหน่วย	กลุ่มกรรมการ	กลุ่มกรรมการผู้	
	3. ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor: Pf) มีค่ามากกว่า 0.85 (ผ่านเกณฑ์ 10 คะแนน ไม่ผ่าน 0) บิลค่าไฟฟ้า เสียค่า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า = _____บาท หม้อแปลง 1 PF = _____ หม้อแปลง 2 PF = _____		0-5			
	4. ในกรณีที่ ชุดของหม้อแปลงที่ต่อเชื่อมกัน และจ่ายโหลดชุดเดียวกัน ต้องมีค่าโหลดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25 – 50 % บิลค่าไฟฟ้า ค่า Peak สูงสุด ช่วง Peak =_____kW ช่วง Off Peak =_____kW ช่วง H =_____kW หม้อแปลง 1 กระแส_____ Ampare หม้อแปลง 2 กระแส_____ Ampare (ในกรณีที่ ไม่มี หม้อแปลงที่เชื่อมกันได้ ให้คะแนน 60%) (ผ่านเกณฑ์ 10 คะแนน ไม่ผ่าน 0)		0-5			
	Comment					
	3.6.2มาตรฐานการใช้ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง		0-10			
	1 องค์การได้มีการพิจารณาใช้แสงธรรมชาติ		0-5			
	2. ระดับความสว่าง (จากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง) ได้ตามเกณฑ์		0-5			
	Comment					

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เกณฑ์ขั้นต่ำ	เต็ม	กลุ่มรายการ	หมายเหตุ
	3.6.3 มาตรฐานการใช้ ระบบอัดอากาศ		0-25		
	1. ประสิทธิภาพ เครื่องอัดอากาศ (อากาศอัดที่ได้เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) ได้ตามเกณฑ์		0-10		
	2. ประสิทธิภาพ การส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่ง ได้สูงกว่า 90%		0-10		
	3. ค่าตั้งความดันอากาศอัดสูงกว่าที่กระบวนการต้องการ ไม่เกิน 1 บาร์(ตามข้อ 3.3)				
	4. อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง สูงกว่า อากาศ นอกห้องอัดอากาศในที่ร่ม ไม่เกิน 3 C		0-5		
	Comment				
	3.6.4 มาตรฐานการใช้ ระบบปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำเย็น (โรงงานที่ไม่มีระบบผลิตน้ำเย็น ให้คะแนน 60%)		0-60		
	1. กำลังไฟฟ้า ต่อ ความสามารถทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ตารางที่ 1 และ 2 Chiller 1 ชนิด _____ ขนาด _____ ระบบระบายความร้อน _____ EFF= _____kW/Ton Chiller 2 ชนิด _____ ขนาด _____ ระบบระบายความร้อน _____ EFF= _____kW/Ton		0-10		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	มาตรฐาน	เฉลี่ยมาตรฐาน	กลุ่มมาตรฐาน	กลุ่มมาตรฐานสูงสุด
	2.ห้องปรับอากาศ ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุม ไม่ต่ำกว่า 24 องศาเซลเซียส ,กระบวนการพิเศษที่มีความจำเป็นต้องตั้งค่าต่ำกว่า		0-10		
	3. ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น(อยู่ใน ข้อ 3.3)				
	4. ค่าอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อน เข้า AHU หรือ FCU หรือ Heat Exchanger สูงกว่าที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น ไม่เกิน 2 F ทุกเครื่อง		0-10		
	5. อุณหภูมิน้ำหอผึ่ง (Cooling Tower) ก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำเย็น สูงกว่า อุณหภูมิกระเปราะเปียก บริเวณหอผึ่ง ไม่เกิน 6F อุณหภูมิ น้ำ หอผึ่ง ก่อนเข้า Condenser = _____C_____F อุณหภูมิ น้ำ หอผึ่ง ในถาด สูงสุด = _____C_____F ต่ำสุด = _____C_____F อุณหภูมิอากาศ บริเวณหอผึ่ง _____C _____% RH >> Wet Bulb _____C_____F >> Wet Bulb + 6F = _____F		0-10		

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	ข้อเสนอทางเทคนิค	ข้อเสนอทางการค้า	ผู้ประเมินทางเทคนิค	ผู้ประเมินทางการค้า
	6. อุณหภูมิน้ำยาด้าน Evaporator ต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิต ไม่เกิน 4 F Chiller 1 หมายเลขน้ำยา _____ อุณหภูมิน้ำเย็น ที่ผลิต _____F อุณหภูมิ น้ำ Condenser ด้านออก _____F ความดัน ด้าน Low _____Psig อุณหภูมิ _____F ความดัน ด้าน High _____Psig อุณหภูมิ _____F Chiller 2 หมายเลขน้ำยา _____ อุณหภูมิน้ำเย็น ที่ผลิต _____F อุณหภูมิ น้ำ Condenser ด้านออก _____F ความดัน ด้าน Low _____Psig อุณหภูมิ _____F ความดัน ด้าน High _____Psig อุณหภูมิ _____F		0-10		
	7. อุณหภูมิน้ำยาด้าน condensing สูงกว่าอุณหภูมิน้ำระบายความร้อน(Cooling Water) ไม่เกิน 6 F (น้ำ)หรือ 18 F (อากาศ) Chiller 1 ถ้าระบายความร้อนด้วยอากาศ ค่าอุณหภูมิ อากาศ = _____F Chiller 2 ถ้าระบายความร้อนด้วยอากาศ ค่าอุณหภูมิ อากาศ = _____F		0-10		
	Comment				

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	มาตรฐาน	เฉลี่ยหน่วย	กลุ่มกรรมการ	หมายเหตุ
	3.6.5 มาตรฐานการใช้ ระบบไอน้ำ และหม้อไอน้ำ		0-40		
	1. ประสิทธิภาพ หม้อไอน้ำ สูงกว่า 75% สำหรับเชื้อเพลิงแข็ง 80% สำหรับเชื้อเพลิงเหลว 85% สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซ หม้อไอน้ำ 1 ชนิด เชื้อเพลิง _____ ประสิทธิภาพ _____		0-10		
	2.ค่าตั้งความดันไอน้ำ(อุณหภูมิ) (ตามข้อ 3.3)				
	3. ปริมาณคอนเดนเสท (condensate) ส่งคืนหม้อไอน้ำสูงกว่า 90 % ปริมาณ คอนเดนเสทที่ ดึงกลับ _____ % อุณหภูมิน้ำ ป้อนหม้อไอน้ำ		0-10		
	4. มีการนำ Flash steam มาใช้งานทั้งหมด นำ Flash steam มา ใช้ทำโดย _____		0-10		
	5. ไอเสียทิ้ง (Flue gas) ไม่เกิน 220 C สำหรับเชื้อเพลิงแข็ง, 200 C สำหรับเชื้อเพลิงเหลว,180 C สำหรับเชื้อเพลิง ก๊าซ ค่าอุณหภูมิไอเสียทิ้ง _____ C		0-10		
	6.บริเวณ ผิว ท่อ ไอน้ำ มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 C(ตามข้อ 3.5)				
	Comment				

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	มาตรฐาน	เฉลี่ยหมวด	ผู้ประเมินอื่น	ผู้ประเมินตนเอง
	3.6.6 มาตรฐานการใช้ ระบบผลิตน้ำมันร้อน		0-30		
	1. ประสิทธิภาพ หม้อน้ำมันร้อน สูงกว่า 70% สำหรับเชื้อเพลิงแข็ง 75% สำหรับเชื้อเพลิงเหลว 80% สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซ		0-10		
	2 ค่าตั้งอุณหภูมิ น้ำมันร้อน สูงกว่า อุณหภูมิใช้งานของกระบวนการไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส(ตาม ข้อ 3.3)				
	3.น้ำมันร้อนก่อนเข้า เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) หรือกระบวนการที่ใช้น้ำมัน มีอุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำมันร้อน ไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส		0-10		
	4. ไอเสียทิ้ง (Flue gas) มีอุณหภูมิสูงกว่าค่าตั้งอุณหภูมิ น้ำมันร้อน ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส		0-10		
	Comment				

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	มาตรฐาน	เฉลี่ยหน่วย	กลุ่มกรรมการ	หน่วยงานรับรอง
4	**การควบคุม การปฏิบัติงาน**	200			
4.1	**การกำหนดผู้รับผิดชอบ เปิด - ปิดอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานและการดำเนินการในกรณีไฟฟ้าดับ**		25		
	4.1.1 การเปิดปิดอุปกรณ์		15		
	องค์กร มี การกำหนดผู้รับผิดชอบเปิด - ปิด อุปกรณ์เป็นลายลักษณ์อักษรครบทุกอุปกรณ์		0-5		
	จากการสุ่มตรวจสอบ ผู้รับผิดชอบมีความเข้าใจ วิธีการเปิด-ปิดอุปกรณ์		0-5		
	จากการสุ่มตรวจสอบ พบว่า มากกว่า 60 % เครื่องจักร อุปกรณ์ ที่ ต้องปิด ได้รับการ ปิดตามวิธีการเปิด-ปิด		0-5		
	4.1.2 การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติในกรณีที่แหล่งพลังงานหรือเครื่องจักรต้นกำลังขัดข้อง		10		
	องค์กร มี การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติในกรณีที่แหล่งพลังงานหรือเครื่องจักรต้นกำลังขัดข้อง		0-5		
	องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และพนักงานผู้รับผิดชอบมีความเข้าใจการปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ระเบียบปฏิบัติ		0-5		
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม	ผู้ประเมินอื่น	ผู้ประเมินตนเอง/หน
4.2	**การวิเคราะห์และประเมินโอกาสการเกิดการเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) และการควบคุมการเดินเครื่องตัวเปล่า**		0-35		
	องค์กร มี การวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) มอเตอร์ พัดลมดูดอากาศ ปั๊มน้ำ ทุกเครื่อง		0-5		
	องค์กร มี การวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เครื่องผลิตอากาศอัด(ให้เหมาะสมกับโหลด)		0-5		
	องค์กร มี การวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เครื่องผลิตน้ำเย็น (ให้เหมาะสมกับโหลด)		0-5		
	องค์กร มี การวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) หอผึ่ง (ให้เหมาะสมกับโหลด)		0-5		
	องค์กร มี การวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เครื่องผลิตไอน้ำ (ให้เหมาะสมกับโหลด)		0-5		
	องค์กร มี การวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เครื่องผลิตน้ำมันร้อน (ให้เหมาะสมกับโหลด)		0-5		
	องค์กร มี การวิเคราะห์และควบคุม การเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle) เตาอบ (ให้เหมาะสมกับโหลด)		0-5		
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม	ผู้ประเมินคนอื่น	ผู้ประเมินตนเอง/หน
4.3	**การจัดทำและปฏิบัติงานตามวิธีการปฏิบัติ กระบวนการขนส่ง จัดส่ง เคลื่อนย้าย**		20		
	องค์กร มี การวิเคราะห์กระบวนการขนส่ง จัดส่ง เคลื่อนย้าย เป็นลายลักษณ์อักษรครบทุกกระบวนการ		0-5		
	องค์กร มี การวิเคราะห์กระบวนการขนส่ง จัดส่ง ที่เชื่อมโยงกับลูกค้า และได้มีการดำเนินการประสานงานลดต้นทุนในการขนส่ง		0-5		
	องค์กร มี การวิเคราะห์กระบวนการขนส่ง จัดส่ง ที่เชื่อมโยงกับผู้ขาย และได้มีการดำเนินการประสานงานลดต้นทุนในการขนส่ง		0-5		
	องค์กรมีการดำเนินการตามข้อข้างต้น และมีการจัดทำระเบียบปฏิบัติการควบคุมกระบวนการขนส่ง จัดส่ง เคลื่อนย้าย เป็นลายลักษณ์อักษร		0-5		
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	มาตรฐาน	เฉลี่ยหน่วยงาน	กลุ่มอุตสาหกรรม	กลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน
4.4	**การจัดทำและปฏิบัติงานตามวิธีการปฏิบัติ การใช้งานเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยเลือกใช้งานเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน**		20		
	องค์กรมี รายชื่อกลุ่มเครื่องจักรประเภทเดียวกัน และ มีการวัดประสิทธิภาพ พลังงาน ครบทุกกลุ่มเครื่องจักรเป็นลายลักษณ์อักษร		0-5		
	องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และมีการจัดทำวิธีการปฏิบัติงานหรือระเบียบปฏิบัติการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน		0-5		
	องค์กรมีการดำเนินการตามข้างต้น และสุ่มสอบถามผู้รับผิดชอบมีความเข้าใจการปฏิบัติตาระเบียบปฏิบัติ		0-10		
	Comment				

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เต็มหน่วย	เฉลี่ยหน่วย	กลุ่มกรรมการ	หมายเหตุ
4.5	**การวางแผนการใช้ระบบสนับสนุนการผลิตให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิต**		25		
	องค์กรมีการวิเคราะห์และประเมินระดับศักยภาพพลังงานที่จำแป็นต่อผลิตภัณฑ์ครบทุกชนิดเป็นลายลักษณ์อักษร		0-5		
	องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และมีการจัดทำระเบียบปฏิบัติการตั้งค่า ศักยภาพพลังงาน ระบบสนับสนุนการผลิตให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิต		0-10		
	องค์กรมีการดำเนินการตามข้างต้น และสุ่มสอบถามผู้รับผิดชอบมีความเข้าใจการปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติ		0-10		
	Comment				
4.6	**การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงาน**		25		
	องค์กร มีการจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน ระเบียบปฏิบัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานเป็นลายลักษณ์ฯ		0-5		
	องค์กรได้จัดทำแผนตรวจสอบ ซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานสูงเป็นลายลักษณ์อักษร		0-5		
	องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้นและได้ปฏิบัติตามแผน ฯ เป็นลายลักษณ์อักษร		0-5		
	องค์กรได้มีการจัดเก็บประวัติการซ่อมเมื่อเสีย และซ่อมบำรุงเครื่องจักรเป็นลายลักษณ์อักษร		0-10		
	Comment				

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ผู้ประเมินกลุ่ม	ผู้ประเมินรายบุคคล
4.7	**การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติการควบคุมการปรับเปลี่ยนกระบวนการ การเพิ่มกำลังผลิต**		25		
	องค์กรมีระเบียบปฏิบัติการควบคุมการปรับปรุงกระบวนการหรือการเพิ่มกำลังผลิตเป็นลายลักษณ์อักษร		0-5		
	ระเบียบปฏิบัติการควบคุมการปรับปรุงกระบวนการหรือการเพิ่มกำลังผลิตระบุให้พิจารณาถึงความสูญเปล่าด้านพลังงาน		0-5		
	องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และพนักงานผู้รับผิดชอบมีความเข้าใจการปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ระเบียบปฏิบัติ		0-5		
	องค์กรมีการดำเนินการตาม ข้างต้น และได้ปฏิบัติตามโดยมีตัวอย่างการปรับปรุงกระบวนการหรือเพิ่มกำลังการผลิตและพิจารณาความสูญเปล่าด้านพลังงานเป็นลายลักษณ์อักษร		0-10		
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม	กลุ่มกรรมการ	หมายเหตุ
4.8	**การจัดทำและปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติการควบคุมการจัดซื้อ**		25		
	องค์กร มี ระเบียบปฏิบัติการจัดซื้อเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานเป็นลายลักษณ์อักษร		0-5		
	ระเบียบปฏิบัติการจัดซื้อเครื่องจักรอุปกรณ์ พิจารณาถึงต้นทุนและค่าใช่จ่ายในการใช้พลังงาน		0-5		
	มีการดำเนินการตาม ข้างต้น และพนักงานจัดซื้อมีความเข้าใจ การปฏิบัติตามวัตถุประสงค์การจัดซื้อ		0-5		
	มีการดำเนินการตาม ข้างต้น และได้ปฏิบัติโดยมีตัวอย่างการจัดซื้อ และพิจารณาต้นทุน ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเป็นลายลักษณ์อักษร		0-10		
	Comment				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เต็มหน่วย	ย่อยหน่วย	กลุ่มกรรมการ	กลุ่มกรรมการผู้	
5	**การติดตาม การควบคุม ดัชนีพลังงาน และค่าพลังงานคาดหมาย** (Energy Index & Expect Energy Monitoring &Controlling)	300				
5.1	**การติดตาม การควบคุม ประมาณค่าพลังงานไฟฟ้า และอื่น ๆ โดยรวม**		100			
	องค์กร มีการประมาณ ค่าพลังงาน พลังงานไฟฟ้า โดยสร้าง สมการถดถอย แต่ยังไม่มีการประเมินความผิดปกติการใช้พลังงาน(ตรวจค่าประมาณ และค่าพลังงานจริง)		0-30			
	องค์กร มีการ ประมาณ ค่าพลังงาน พลังงานไฟฟ้า และมีการประเมินความผิดปกติ การใช้พลังงาน(ตรวจค่าประมาณ และค่าพลังงานจริง)		0-30			
	องค์กร มีการ ประมาณ ค่าพลังงาน พลังงานไฟฟ้า และมีการหาสาเหตุ และ ดำเนินการแก้ไขในกรณี ที่พบความผิดปกติการใช้พลังงาน		0-40			
	Comment					

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เต็มหน่วย	เฉลี่ยหน่วย	กลุ่มรายเดือน	กลุ่มรายเดือนเงินเดือน
5.2	**การติดตาม ตรวจวัด ควบคุม พลังงานที่มีลักษณะคงที่ เช่น การใช้พลังงานในสำนักงาน ฯลฯ**		40		
	องค์กรได้ติดตั้งมิเตอร์เพื่อวัดการใช้พลังงานคงที่บางจุด(5 คะแนน)ทุกจุด(10 คะแนน)		0-10		
	องค์กรได้มีการวัดค่าพลังงานคงที่เทียบกับจำนวนวันทำงาน(ทำดัชนีวัดการใช้พลังงานคงที่)และได้จัดทำมาตรฐานการใช้พลังงานคงที่บางจุด(5 คะแนน)ทุกจุด(10 คะแนน)		0-10		
	องค์กรได้กำหนดขอบเขตในการควบคุมพลังงานคงที่และติดตามควบคุมปรับปรุงการใช้พลังงาน(20 คะแนน)		0-20		
	Comment				
5.3	**การติดตาม ตรวจวัด ควบคุมพลังงานที่มีลักษณะแปรผันโดยตรงกับการผลิต**		80		
	องค์กรได้กำหนด กระบวนการ ผลผลิตของกระบวนการและมีติดตั้งมิเตอร์วัดการใช้พลังงานบางกระบวนการ (10 คะแนน)ทุกกระบวนการ(20 คะแนน)		0-20		

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	เต็มหน่วย	เฉลี่ยหน่วย	กลุ่มกรรมการ	กลุ่มกรรมการผู้
	องค์กรได้มีการวัดค่าพลังงานแปรผันเทียบกับผลผลิตหรือดัชนีพลังงานกระบวนการ(Process Energy Index) และองค์กรได้จัดทำมาตรฐานการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับผลผลิตบางกระบวนการ(15 คะแนน)ทุกกระบวนการ(30 คะแนน)		0-30		
	องค์กรได้กำหนดขอบเขตในการควบคุมเทียบกับผลผลิต และติดตามควบคุมปรับปรุงการใช้พลังงาน		0-30		
	Comment				
5.4	**การติดตาม ตรวจวัด ควบคุมพลังงานที่มีลักษณะแปรผันกับการผลิตในลักษณะสนับสนุนการผลิต**		80		
	องค์กรได้ติดตั้งมิเตอร์วัดการใช้พลังงานระบบสนับสนุนการผลิตบางระบบ(10 คะแนน)ทุกระบบ(20 คะแนน)		0-20		
	องค์กรได้มีการหาความสัมพันธ์(Correlation) กับพลังงานที่มีลักษณะแปรผันโดยตรงกับผลผลิต และประมาณค่าการใช้พลังงานคาดหมาย(Expect Energy) ระบบสนับสนุนการผลิตบางระบบ(15 คะแนน)ทุกระบบ(30 คะแนน)		0-30		
	องค์กรได้กำหนดขอบเขตควบคุมการใช้พลังงานคาดหมาย ระบบสนับสนุนการผลิตทุกระบบ ติดตามควบคุมปรับปรุงการใช้พลังงานติดตามควบคุมปรับปรุงการใช้พลังงาน(10 คะแนน) มีการดำเนินการ แก้ไข ในกรณีที่ พบความผิดปกติ ในการใช้พลังงาน(20 คะแนน)		0-30		
	Comment				

หัวข้อ	หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกฯ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ผู้ประเมินคนที่ 1	ผู้ประเมินคนที่ 2
6	**การทบทวนโดยฝ่ายบริหาร**	50			
6.1	**ดำเนินการประชุมทบทวนระบบการจัดการพลังงาน**		5		
	องค์กรไม่ได้มีการประชุมทบทวนระบบการจัดการพลังงาน		0		
	องค์กรได้มีการประชุมทบทวนระบบการจัดการพลังงานและจัดทำรายงานการประชุมทุกครั้ง		0-5		
6.2	**ประสิทธิผลการประชุมทบทวนการจัดการพลังงาน**		10		
	ผู้บริหารไม่ได้มีการประชุมทบทวนแผนงาน เป้าหมายแผนการปรับปรุง มาตรการต่างๆ		0-5		
	ผู้บริหารได้มีการประชุมทบทวนแผนงาน เป้าหมายแผนการปรับปรุง มาตรการต่างๆ		0-5		
	ผู้บริหารได้มีการประชุม ติดตามผลการปรับปรุงตามแผนการปรับปรุง มาตรการต่างๆ				
6.3	**ประสิทธิ ผลการประชุมทบทวนการติดตามการตรวจวัดการใช้พลังงาน**		15		
	ผู้บริหารไม่ได้มีการประชุมติดตามการตรวจวัดการใช้พลังงาน		0-5		
	ผู้บริหารได้มีการประชุมติดตามการตรวจวัดการใช้พลังงานบางตัวชี้วัด		0-5		
	ผู้บริหารได้มีการประชุม ติดตามตรวจวัดการใช้พลังงานทุกตัวและได้สั่งการดำเนินการแก้ไขในกรณีดัชนีไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด		0-5		
	Comment				

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุธี เหลืองรัตนเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2527 โรงพยาบาลศิริราช กรุงเทพมหานคร เข้ารับการศึกษาในระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548 และเข้ารับการศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ในปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย