



คู่มือ

การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมที่ประสบความสำเร็จ
กรณีตัวอย่าง อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยาง และ พลาสติก



กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

คำนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจากรายงานการใช้พลังงานประจำเดือนธันวาคม 2554 พบว่าปริมาณการใช้พลังงานของประเทศในส่วนของภาคอุตสาหกรรม มีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงถึงกว่า 36% ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ ถ้าหากปล่อยให้การใช้พลังงานเป็นไปตามสภาพปัจจุบันก็จะเกิดผลกระทบต่อการใช้พลังงานของประเทศ และจากที่ผ่านมา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ดำเนินโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมให้กับภาคอุตสาหกรรมทั้งโรงงานควบคุมและ SME ไม่น้อยกว่า 3,000 แห่ง และได้ผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างมาก แต่เนื่องจากโรงงานต่างๆ ยังมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งการดำเนินโครงการอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวให้ครอบคลุมทั้งหมด จะต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมากมหาศาลและอาจจะต้องใช้ระยะเวลานานมาก ดังนั้น สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน จึงมีแนวคิดที่จะนำผลสำเร็จจากโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม มาจัดทำเป็นกรณีศึกษาแยกตามประเภทอุตสาหกรรม และจัดทำเป็นหลักสูตรฝึกอบรมให้แก่โรงงาน แยกตามประเภทอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการขยายผลการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

คู่มือฉบับนี้พัฒนาและจัดทำโดยทีมงานพัฒนาหลักสูตรซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาชีพที่มีความรู้และประสบการณ์โดยตรงในโครงการด้านการอนุรักษ์พลังงาน ในสาขาต่าง ๆ ซึ่งได้รวบรวมความรู้ทั้งด้านทฤษฎีและด้านการปฏิบัติ รวมถึงข้อมูลการศึกษา วิเคราะห์ ทบทวนเอกสารต่างๆ และค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติมในเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากโครงการด้านการอนุรักษ์พลังงานที่ประสบความสำเร็จ เช่น โครงการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีส่วนร่วม โครงการ Standard measure โครงการลดภาษีอุปกรณ์และวัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โครงการเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และสถานประกอบการที่ได้รับรางวัล Thailand energy awards โดยได้พัฒนาหลักสูตรให้มีความเหมาะสมกับสภาพปัจจุบันและความเป็นไปได้จริงที่จะนำมาใช้อุตสาหกรรมของประเทศไทย ซึ่งคณะทำงานได้พิจารณาคัดเลือกกรณีตัวอย่างในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก เพื่อจัดทำเป็นหลักสูตรและคู่มือประกอบการฝึกอบรมในครั้งนี้

รายละเอียดของเนื้อหาของคู่มือได้เน้นการให้ความรู้ในด้านกระบวนการผลิตและรูปแบบการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเคมีภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ยาง และผลิตภัณฑ์พลาสติก รวมถึงแนวทางในการตรวจประเมินด้านประสิทธิภาพพลังงาน การประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน และได้แสดงกรณีศึกษาที่ประสบความสำเร็จด้านการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิต และอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นตัวอย่างในการดำเนินการของสถานประกอบการ

สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน หวังว่าคู่มือฉบับนี้จะช่วยพัฒนาบุคลากรของสถานประกอบการในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก ให้เกิดความรู้ความสามารถในการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืนต่อไป

คณะทำงานพัฒนาหลักสูตร

คณะกรรมการตรวจการจ้าง

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. นายมนัสวี สะกิมี่ | ประธานกรรมการตรวจการจ้าง |
| 2. นายเฉลิมชัย ผดุงหัต | ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน |
| 3. นายบรรพต ดิสกุล | กรรมการตรวจการจ้าง |
| 4. นางสาวพรพิมล สุวรรณนิมิตร | กรรมการตรวจการจ้าง |
| 5. นายวรชัย วรชัยธรรม | กรรมการตรวจการจ้าง |

คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตร

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. นายวิชาญ นาคทอง | ผู้จัดการโครงการ |
| 2. ผศ.ดร.กุสกาณา กุบาฮา | เจ้าหน้าที่ด้านพัฒนาหลักสูตร |
| 3. รศ.ดร.ไพศาล คงคาฉุยฉาย | เจ้าหน้าที่เฉพาะสาขาวิชา |
| 4. นางสาวเฉลิมพร อยู่ประเทศ | เจ้าหน้าที่ด้านสื่อการสอน |
| 5. นางสาวอังสุมน ฝักเจริญผล | เจ้าหน้าที่ด้านสื่อการสอน |
| 6. นายภิญโญ ตันฑุมาศ | ผู้เชี่ยวชาญด้านอนุรักษ์พลังงาน |
| 7. ดร.สมศักดิ์ วิวัฒน์พนชาติ | รองประธานคณะกรรมการพลังงานหอการค้าไทย |
| 8. นายสุวัฒน์ เทพรัตน์ | บริษัท โสสุโก้ เซรามิค จำกัด |
| 9. นายบัณฑิต ศรีวงษ์จันทร์ | บริษัท อีโนเว รับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) |

สารบัญ

บทที่ 1 อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก	หน้า
1.1 บทนำ	1-1
1.2 โครงสร้างของอุตสาหกรรมเคมี	1-2
1.2.1 โครงสร้างของอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์	1-3
1.2.2 โครงสร้างของอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์	1-4
1.2.3 โครงสร้างของอุตสาหกรรมพลาสติก	1-6
1.3 แนวโน้มของอุตสาหกรรม	1-7
1.3.1 แนวโน้มของอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์	1-7
1.3.2 แนวโน้มของอุตสาหกรรมยาง และผลิตภัณฑ์	1-8
1.3.3 แนวโน้มของอุตสาหกรรมพลาสติก	1-8
1.4 การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมเคมี	1-9
1.5 ศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรมเคมี	1-11
บทที่ 2 การจัดการพลังงานอย่างยั่งยืนตามมาตรฐาน ISO 50001	หน้า
Carbon footprint และ Water footprint	
2.1 ความสำคัญของระบบการจัดการพลังงาน	2-1
2.2 ความเข้าใจเบื้องต้นระบบมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001	2-2
2.2.1 ISO คืออะไร	2-2
2.2.2 การนำมาตรฐาน ISO 50001 ไปใช้	2-3
2.2.3 การขอการรับรองมาตรฐาน ISO 50001	2-3
2.2.4 ข้อกำหนดมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001	2-5
2.2.5 กลยุทธ์ในการพัฒนามาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001	2-9
2.3 Carbon Footprint คืออะไร? สำคัญอย่างไร?	2-10
2.3.1 วิธีการประเมินและขอบเขตการประเมิน Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์	2-11
2.3.2 รูปแบบการประเมิน Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์	2-11
2.3.3 ข้อมูลที่ใช้ประเมิน Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์	2-12
2.3.4 การคำนวณ Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์	2-12
2.3.5 การแสดงผล Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์	2-13
2.4 Water Footprint คืออะไร? สำคัญอย่างไร?	2-14
2.4.1 แหล่งน้ำในการคำนวณ Water footprint	2-15
2.4.2 ประโยชน์ของ Water footprint	2-15

2.4.3	การวางแผนการจัดการเรื่องน้ำ	2-16
2.4.4	แนวทางการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอนาคต	2-16
บทที่ 3 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเคมี		หน้า
3.1	กระบวนการผลิตสี	3-1
3.1.1	กระบวนการผลิตสีผงหรือสีฝุ่น (Powder paint)	3-2
3.1.2	กระบวนการผลิตสีเคลือบ (Enamel paint)	3-4
3.2	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง	3-5
3.2.1	กระบวนการพื้นฐาน	3-5
3.2.2	กระบวนการผลิตยางรถยนต์	3-5
3.2.3	กระบวนการผลิตถุงมือยาง	3-6
3.2.4	กระบวนการผลิตยางรัดของ	3-7
3.2.5	กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง	3-8
3.3	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก	3-9
3.3.1	กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกโดยแรงอัด (Compression molding)	3-10
3.3.2	กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection molding)	3-11
3.3.3	กระบวนการอัดรีดขึ้นรูป (Extrusion)	3-12
3.3.4	กระบวนการเป่าขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก (Blow molding)	3-12
3.3.5	กระบวนการรีดพลาสติกแผ่น (Calendering)	3-14
3.3.6	กระบวนการขึ้นรูปโดยการหมุน (Rotational molding)	3-15
3.3.7	กระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อน และการอัดแผ่น (Thermoforming & Laminating)	3-16
3.4	รายการอุปกรณ์หลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต	3-16
3.4.1	กระบวนการผลิตสี	3-16
3.4.2	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง	3-19
3.4.3	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก	3-22
บทที่ 4 การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน		หน้า
4.1	บทนำ	4-1
4.2	พื้นฐานของการตรวจวัดการใช้พลังงาน	4-1
4.3	การศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้น	4-3
4.4	การจำแนกเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	4-4
4.5	การศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต	4-6
4.6	การตรวจวัดระบบที่ใช้พลังงาน	4-8
4.6.1	ระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้า	4-10
4.6.2	ระบบที่ใช้พลังงานความร้อน	4-19

4.7	การวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงาน	4-22
4.7.1	การทำความเข้าใจในภาพรวมการใช้พลังงานและ กระบวนการผลิตของทั้งโรงงาน	4-22
4.7.2	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	4-30
4.7.3	การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	4-33
4.8	การประเมินการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากผลการอนุรักษ์พลังงาน	4-36
4.9	การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์	4-41
4.9.1	การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนอย่างง่าย (Simple payback period)	4-41
4.9.2	การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value)	4-41
4.9.3	การหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return)	4-42
บทที่ 5 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก		หน้า
5.1	การวัดเปรียบเทียบสมรรถนะการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต (Benchmarking energy use in processing)	5-1
5.1.1	การวัดค่าตัวชี้วัดต่าง ๆ ที่สามารถทำได้โดยโรงงานเอง	5-3
5.1.2	ค่า Energy Benchmarking ของผลิตภัณฑ์พลาสติก	5-4
5.2	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตสี	5-6
5.2.1	การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสี	5-6
5.2.1.1	การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสีผง (Power paint)	5-7
5.2.1.2	การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสีเคลือบ (Enamel paint)	5-9
5.2.2	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตสี	5-11
5.3	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง	5-13
5.3.1	การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง	5-13
5.3.1.1	กระบวนการผลิตยางรถยนต์	5-14
5.3.1.2	กระบวนการผลิตถุงมือยาง	5-15
5.3.1.3	กระบวนการผลิตยางรัดของ	5-16
5.3.1.4	กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง	5-17
5.3.2	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตยางและผลิตภัณฑ์ยาง	5-18
5.4	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก	5-23
5.4.1	การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก	5-23

5.4.2	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก	5-25
5.5	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระบบสนับสนุน	5-34
5.6	การจัดทำรายงานและวิธีการคำนวณการอนุรักษ์พลังงาน ในกระบวนการผลิต	5-40
บทที่ 6 มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ประสบความสำเร็จ ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก		หน้า
6.1	มาตรการด้านการปรับปรุงกระบวนการผลิต	6-2
	กรณีศึกษาที่ 6.1 การนำคอนเดนเสทจาก ระบบ Hot Air Blower ของแผนก Auxiliary กลับไปใช้	6-2
	กรณีศึกษาที่ 6.2 การเปลี่ยนวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้ Vacuum อบสีแทนตู้ Oven	6-5
	กรณีศึกษาที่ 6.3 การใช้อุปกรณ์ปั๊มส่งสีไปยังแผนก RO/SD แทนการใช้ไดอะแฟรมปั๊ม	6-8
	กรณีศึกษาที่ 6.4 การควบคุม Roller Conveyor คลังสินค้าอัตโนมัติ	6-11
	กรณีศึกษาที่ 6.5 หุ้มฉนวนและทำฝาปิดรางน้ำเย็น	6-14
	กรณีศึกษาที่ 6.6 การปรับปรุงระบบลมอัดที่เป่าถุงมือโดยการลดขนาดรูท่อ และลดระยะเวลาการเป่า	6-17
	กรณีศึกษาที่ 6.7 การลดพื้นที่ปรับอากาศในบริเวณเตาอบ	6-20
	กรณีศึกษาที่ 6.8 การใช้น้ำหล่อเย็นจาก Cooling tower ระบายความร้อนจากน้ำมัน Hydraulic แทนน้ำเย็นจาก chiller	6-24
	กรณีศึกษาที่ 6.9 การใช้ระบบขนถ่ายแบบ Gravity แทนการใช้ Roots Blower ในแผนกคอมปาวด์	6-27
	กรณีศึกษาที่ 6.10 การหุ้มฉนวนตู้อบยาง (Hot Plate) เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน	6-30
	กรณีศึกษาที่ 6.11 การเปลี่ยนเครื่องตัดและเย็บถุงพลาสติกประสิทธิภาพสูง	6-35

	กรณีศึกษาที่ 6.12	
	การปรับปรุงระบบควบคุมการทำงานเครื่องฉีดพลาสติก	6-38
	กรณีศึกษาที่ 6.13	
	การปิดเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อลดการสูญเสียจากการเดินตัวเปล่า	6-41
	กรณีศึกษาที่ 6.14	
	การลดการใช้งานมอเตอร์ปั้มน้ำในขั้นตอนการล้างยาง	6-45
	กรณีศึกษาที่ 6.15	
	การนำน้ำคอนเดนเสทที่ทิ้งมาทำการละลายน้ำเกลือแทนน้ำ WD	6-48
6.2	มาตรการปรับปรุงด้านระบบสนับสนุน	6-50
	กรณีศึกษาที่ 6.16	
	การติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า	6-50
	กรณีศึกษาที่ 6.17	
	ลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณ Store area และ loading area	6-55
	กรณีศึกษาที่ 6.18	
	การติดตั้ง Chiller plant management	6-60
	กรณีศึกษาที่ 6.19	
	การเลือกเดินเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก	6-64
	กรณีศึกษาที่ 6.20	
	การติดตั้ง VSD เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั้มน้ำหล่อเย็น	6-67
	กรณีศึกษาที่ 6.21	
	การปรับปรุงระบบท่อเครื่องสูบน้ำเพื่อแก้ไขการลัดวงจรของน้ำ	6-71
	กรณีศึกษาที่ 6.22	
	การเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูงที่ Cooling Tower	6-74
	กรณีศึกษาที่ 6.23	
	การใช้น้ำควบแน่นจากคอยล์เย็นช่วยระบายความร้อน	6-78
	กรณีศึกษาที่ 6.24	
	การปรับลดความดันอากาศอัด จาก 8 บาร์ เหลือ 4 บาร์	6-81
	กรณีศึกษาที่ 6.25	
	การลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ	6-84
	กรณีศึกษาที่ 6.26	
	การลดการระบายน้ำทิ้งกันหม้อไอน้ำให้เหมาะสม	6-87
	กรณีศึกษาที่ 6.27	
	การปรับลดแรงดันไอน้ำ	6-93
	กรณีศึกษาที่ 6.28	
	การเปลี่ยนไปใช้หม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง	6-97
	กรณีศึกษาที่ 6.29	

การเปลี่ยนหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวลและหม้อน้ำร้อนเชื้อเพลิงชีวมวล	6-102
กรณีศึกษาที่ 6.30	
การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบไร้ออกซิเจน	6-106
กรณีศึกษาที่ 6.31	
การใช้ปั๊มความร้อนในการผลิตน้ำร้อน	6-110
ภาคผนวก	
ตารางแปลงหน่วย	ข-1
เอกสารอ้างอิง	ค-1

บทที่ 1

อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก

1.1 บทนำ

อุตสาหกรรมเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อย่างมาก เช่น ปิโตรเลียม ปิโตรเคมี (เช่น PVC พลาสติก วัสดุสังเคราะห์) เคมีภัณฑ์ (เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน คลอรีน ก๊าซอื่น กรด และส) และผลิตภัณฑ์เคมี (เช่น น้ำหอม เครื่องสำอาง ยา กาว และผลิตภัณฑ์ยาง) เป็นต้น จากรายงานการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตพบว่าอุตสาหกรรมเคมีมีส่วนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์สูงขึ้นเรื่อยๆจากเดิม 82.5% ในปี พ.ศ. 2546 เพิ่มขึ้นเป็น 92 - 96% ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้อุตสาหกรรมเคมีจัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในลำดับต้นๆและก่อให้เกิดมลพิษค่อนข้างสูงหากไม่มีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม

จากกระแสการเปลี่ยนแปลงภายใต้โลกาภิวัตน์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว และมีความซับซ้อนมากขึ้น ก่อให้เกิดสถานการณ์การแข่งขันที่รุนแรงจากระบบการค้าและการลงทุนอย่างเสรี โดยเฉพาะจากประเทศที่พัฒนาแล้วส่งผลให้ประเทศที่กำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทย และกลุ่มประเทศในอาเซียน ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงที่มีความท้าทาย และอุปสรรคต่างๆ ประกอบกับประเด็นด้านมาตรฐานและความปลอดภัยในระดับสากล เช่น การตระหนักถึงคุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมถึงระบบการควบคุมมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการใช้ฉลากคาร์บอน (Carbon label) ที่ต้องแสดงบนฉลากของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างของมาตรการนี้คือ ประเทศอังกฤษได้ประกาศใช้มาตรฐานและวิธีปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดการปล่อยก๊าซและกรรมวิธีการสหภาพยุโรปได้ประกาศใช้กฎหมายเกี่ยวกับมาตรการตรวจสอบย้อนกลับอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารที่เน้นการตรวจสอบย้อนกลับไปถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุกขั้นตอน ทำให้ประเทศต่างๆ ที่จะส่งสินค้าไปจำหน่ายในสหภาพยุโรปและอังกฤษต้องปฏิบัติตามซึ่งจะมีผลกระทบต่อเนื่องกับผู้ประกอบการในประเทศต่างๆรวมถึงประเทศไทยด้วย มาตรการกีดกันทางการค้าในลักษณะนี้ล้วนเป็นปัจจัยเร่งให้ประเทศกำลังพัฒนาต้องให้ความสนใจในการปรับปรุงศักยภาพและคุณภาพของผลผลิตและสินค้าอย่างจริงจัง

แนวโน้มของอุตสาหกรรมทุกประเภทในอนาคตจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ

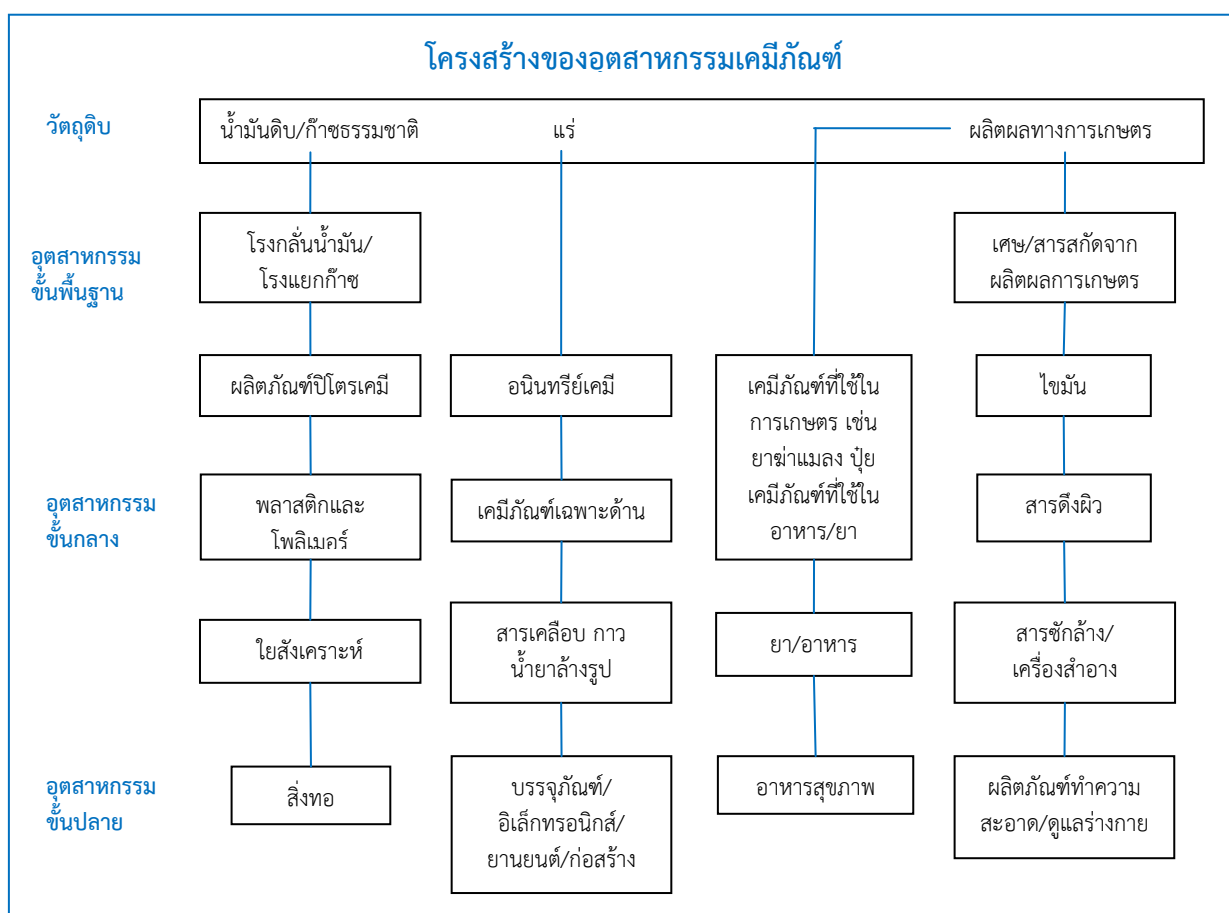
- 1) การผลิตที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและสังคม
- 2) แข่งขันบนการผลิตภายใต้มาตรฐานสากลและจริยธรรม
- 3) มุ่งเน้นประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและฐานความรู้ในการเพิ่มมูลค่าสินค้า
- 4) สร้างเครือข่ายการผลิตผ่านความร่วมมือภายในและระหว่างอุตสาหกรรม
- 5) การผลิตที่เป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานของโลกโดยมีรูปแบบการผลิตแบบใหม่
- 6) เน้นสร้างความสามารถเฉพาะด้านที่มีขีดความสามารถสูงสุด

- 7) เน้นการบริหารจัดการภาวะความเสี่ยงในรูปแบบใหม่
- 8) สร้างรูปแบบการเข้าถึงตลาดใหม่

1.2 โครงสร้างของอุตสาหกรรมเคมี

โครงสร้างของอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์กำเนิดจากวัตถุดิบที่สำคัญ 3 แหล่ง ได้แก่ น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ แร่ และผลิตภัณฑ์การเกษตร

- 1) น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ผลผลิตที่เหลือจากการกลั่นน้ำมันและก๊าซธรรมชาติจะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี พลาสติกเรซิน โพลีเมอร์ วัตถุดิบพลาสติกอื่นๆ และผลิตภัณฑ์พลาสติก
- 2) แร่ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอนินทรีย์เคมี อินทรีย์เคมี ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง สารเคมีที่ใช้ในการเกษตร
- 3) ผลิตภัณฑ์การเกษตร ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารเคมีชีวภาพ



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของอุตสาหกรรมเคมี

เนื้อหาในเล่มนี้จะให้ความสำคัญในส่วนของอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นปลายซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตผลิตภัณฑ์เคมีสำเร็จรูปเนื่องจากมีผู้ประกอบการเป็นจำนวนมากคิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 75 ที่เหลือร้อยละ 25

เป็นผู้ประกอบการขั้นพื้นฐานและขั้นกลางที่ใช้บุคลากร เงินทุนและเทคโนโลยีการผลิตในระดับสูง อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางซึ่งมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศทั้งในด้านการจ้างงานและการส่งออก และ อุตสาหกรรมพลาสติก ซึ่งมีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์และมีแนวโน้มการใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

1.2.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์

อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ของประเทศไทยมีผู้ประกอบการเป็นจำนวนมากและมีความหลากหลายของประเภทผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องและผลิตภัณฑ์เคมีพื้นฐานก่อให้เกิดการผลิตต่อเนื่องในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นปลายอื่นๆ ตามมาสามารถจำแนกประเภทของอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ตามขั้นตอนการผลิตได้เป็น 3 กลุ่ม

- 1) อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นพื้นฐาน แบ่งเป็น เคมีภัณฑ์อินทรีย์ ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาการสังเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ กรด กรดเกลือ และด่าง เช่น กระบวนการผลิตโซดาไฟและเคมีภัณฑ์อินทรีย์เกิดจากสารประกอบของคาร์บอนที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิต ได้แก่ กรดซิตริก กรดอะซิติก เอทิลแอลกอฮอล์
- 2) อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นกลาง เป็นอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นปลาย ส่วนใหญ่เป็นเคมีภัณฑ์อินทรีย์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เช่น ไวนิลคลอไรด์ เอทิลีนไกลคอล เป็นต้น
- 3) อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นปลาย เป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตผลิตภัณฑ์เคมีสำเร็จรูป โดยใช้วัตถุดิบจากเคมีภัณฑ์ขั้นกลางและขั้นต้น ได้แก่ สีและผลิตภัณฑ์ร่วม สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เครื่องสำอาง เป็นต้น

ทั้งนี้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นปลาย โดยคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 75 สำหรับอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นปลายเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้เงินลงทุนต่ำ ตารางที่ 1.1 และ 1.2 แสดงตัวเลขการส่งออกและการนำเข้าของเคมีภัณฑ์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1.1 การส่งออกอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์

ประเภท	พิกัด	มูลค่าการส่งออก (ล้านบาท)							อัตราการขยายตัว
		2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2554/2553
1. เคมีภัณฑ์พื้นฐาน									
1.1. อนินทรีย์	28	6,484	9,115	11,356	13,963	12,317	15,592	21,051	35.01
1.2. อินทรีย์	29	77,435	96,202	95,271	93,500	104,888	124,972	183,859	47.12
2. เคมีภัณฑ์ขั้นปลาย									
2.1. ปุ๋ย	31	2,754	2,079	1,896	3,030	2,614	2,798	3,978	42.17
2.2. สีสกัดใช้ในการพอกหนังหรือย้อมสี	32	8,212	8,864	9,096	9,933	9,961	11,997	14,046	17.08
2.3. เครื่องสำอาง	33	26,319	27,676	32,066	34,293	38,926	51,688	55,335	7.06
2.4. สารลดแรงตึงผิว	34	9,551	11,128	12,183	32,571	16,635	18,144	21,682	19.50
2.5. เคมีภัณฑ์เบ็ดเตล็ด	38	8,943	12,334	15,541	19,164	20,255	24,659	24,217	- 1.79

ที่มา : ข้อมูลจากกรมศุลกากร

ตารางที่ 1.2 การนำเข้าอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์

ประเภท	พิกัด	มูลค่าการนำเข้า (ล้านบาท)							อัตราการขยายตัว
		2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2554/2553
1. เคมีภัณฑ์พื้นฐาน									
1.1. อนินทรีย์	28	35,755	39,418	46,846	70,463	34,497	41,589	52,284	25.72
1.2. อินทรีย์	29	142,756	145,211	146,443	154,648	108,892	151,693	176,649	16.45
2. เคมีภัณฑ์ขั้นปลาย									
2.1. ปุ๋ย	31	35,946	35,382	45,903	79,743	46,176	65,160	83,436	28.05
2.2. สีสกัดใช้ในการพอกหนังหรือย้อมสี	32	32,918	32,921	34,713	37,985	32,611	42,650	43,693	2.45
2.3. เครื่องสำอาง	33	17,194	17,610	18,926	22,392	22,912	27,385	29,666	8.33
2.4. สารลดแรงตึงผิว	34	15,019	15,432	15,378	18,016	17,473	19,690	22,668	15.12
2.5. เคมีภัณฑ์เบ็ดเตล็ด	38	54,110	60,693	63,864	82,234	62,746	76,537	92,180	20.43

ที่มา : ข้อมูลจากกรมศุลกากร

1.2.2 โครงสร้างอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์

ยางและผลิตภัณฑ์จัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศทั้งในด้านของ
การจ้างงานและการส่งออก โดยในด้านการจ้างงานมีแรงงานในภาคอุตสาหกรรมกว่า 200,000 คน และ
เกี่ยวข้องกับเกษตรกรชาวสวนยางพารากว่า 6 ล้านคนในอุตสาหกรรมต้นน้ำ

ด้านการส่งออกประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและผู้ส่งออกรายแรกหรืออันดับต้นๆ หรือยางแปรรูปขั้นต้นราย
ใหญ่ที่สุด คิดเป็น 1 ใน 3 ของการผลิตยางพาราในตลาดโลก โดยในปี 2554 มีปริมาณการผลิต 3.57 ล้านตัน
ซึ่งผลผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยส่งออกไปรูปของยางแปรรูปขั้นต้น คิดเป็นประมาณร้อยละ 83 และ
ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 17 ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมยางกลุ่มปลาย น้ำเช่น ยางล้อ รองเท้ายางยาง
อุตสาหกรรม ถูมือ และเส้นด้ายยางยืด เป็นต้น ทั้งนี้ การส่งออกรายพาราและผลิตภัณฑ์ยางมีมูลค่ารวม

ทั้งสิ้น 21,565.20 ล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางเป็นสินค้าส่งออกที่มีมูลค่ามากเป็นอันดับที่ 1 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าทั้งหมดของไทย

ตารางที่ 1.3 การส่งออกอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	2551	2552	2553	2554	ตลาดส่งออกที่สำคัญ
ยางพารา					
ยางแผ่น	2,366.36	1,364.58	2,499.75	4,460.00	จีน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา
ยางแท่ง	93.38	41.75	65.15	110.20	จีน สหรัฐอเมริกา
น้ำยางข้น	1,400.14	1,195.01	1,881.94	2,541.46	มาเลเซีย จีน
ยางพาราอื่นๆ	2,931.84	1,706.67	3,449.19	6,064.68	จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ สหรัฐอเมริกา
รวม	6,766.27	4,308.01	7,896.03	13,176.34	
เปรียบเทียบปีต่อปี (%)	19.98	-36.33	83.29	66.87	
ผลิตภัณฑ์ยาง					
ยางยานพาหนะ	2,092.30	1,888.09	2,683.12	3,789.98	สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย มาเลเซีย
ถุงมือยาง	668.42	653.04	959.95	1,139.27	สหรัฐอเมริกา เยอรมนี ญี่ปุ่น
ยางรัดข้อ	64.01	55.42	72.89	114.73	สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส อิตาลี
หลอดและท่อ	172.79	103.85	159.02	187.91	สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย
สายพานลำเลียงและส่งกำลัง	77.55	66.78	95.55	121.49	สิงคโปร์ ญี่ปุ่น เวียดนาม
ผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ทางเภสัชกรรม	263.06	261.34	114.76	154.57	สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักรบราซิล
ยางวัลแคนไนซ์	222.56	244.2	336.18	396.79	เวียดนาม จีนฮ่องกง
ผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ	999.71	1,214.83	2,012.49	2,484.06	จีน มาเลเซีย ญี่ปุ่น
รวม	4,509.45	4,487.58	6,433.96	8,388.8	
เปรียบเทียบปีต่อปี (%)	23.37	-0.48	43.37	30.38	

ที่มา : เก็บรวบรวมข้อมูลโดยกรมศุลกากร

ตารางที่ 1.4 การนำเข้าอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	2551	2552	2553	2554	ตลาดนำเข้าที่สำคัญ
ยางพารา					
ยางธรรมชาติ	9.94	5.16	18.52	16.58	ญี่ปุ่น จีน เยอรมนี
ยางสังเคราะห์	667.44	483.44	810.80	1,175.20	จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
ยางพาราอื่นๆ	6.43	4.03	5.52	7.98	ญี่ปุ่น สิงคโปร์ จีน
รวม	683.81	492.63	834.84	1,199.76	
เปรียบเทียบปีต่อปี (%)	43.54	-27.96	69.47	43.71	
ผลิตภัณฑ์ยาง					
ท่อหรือข้อต่อและสายพานลำเลียง	156.19	128.24	187.85	226.34	มาเลเซีย อินโดนีเซีย
ยางรถยนต์	228.14	214.22	302.87	369.07	ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
กระเบื้องปูพื้นปิดผนัง	8.12	6.43	9.56	27.36	ญี่ปุ่น
ผลิตภัณฑ์ยางวัลแคนไนซ์	349.54	257.69	367.90	395.99	ญี่ปุ่น จีน สหรัฐอเมริกา
ผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ	22.73	19.16	31.08	34.97	จีน อินเดีย
รวม	764.72	625.74	899.29	1,053.75	
เปรียบเทียบปีต่อปี (%)	10.08	-18.17	43.71	17.18	

ที่มา : เก็บรวบรวมข้อมูลโดยกรมศุลกากร

1.2.3 โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติก

“พลาสติก” มีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์และมีแนวโน้มการใช้เพิ่มมากขึ้น ๆ โดยลำดับเพื่อนำมาใช้แทนวัสดุธรรมชาติ เช่น ไม้ หนัง ยาง โลหะต่าง ๆ เนื่องจากพลาสติกมีคุณสมบัติเด่นในด้านความทนทาน น้ำหนักเบาสามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แบบต่าง ๆ ได้ง่ายและสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย

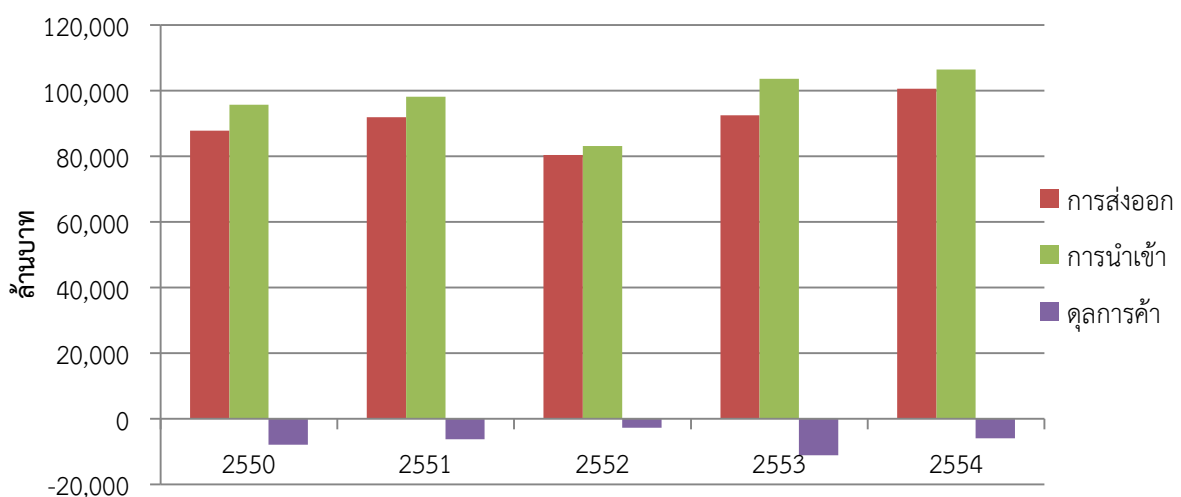
พลาสติกสามารถทำให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการได้ โดยขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้วัตถุดิบ ปฏิบัติการเคมี กระบวนการผลิตและกระบวนการขึ้นรูป การทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติตามที่ต้องการสามารถทำได้ง่ายโดยการเติมสารเติมแต่ง (Additives) ได้แก่ สารเสริมสภาพพลาสติก (Plasticizer) สารปรับปรุงคุณภาพ (Modifier) สารเสริม (Filler) สารคงสภาพ (Stabilizer) สารยับยั้งปฏิกิริยา (Inhibitor) สารหล่อลื่น (Lubricant) และผงสี (Pigment) ดังนั้นในปัจจุบันพลาสติกจึงมีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท เช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง ฯลฯ

ตารางที่ 1.5 การส่งออกและนำเข้าอุตสาหกรรมพลาสติกของไทย

ตารางมูลค่าการส่งออกและนำเข้าผลิตภัณฑ์พลาสติกของไทย (Harmonize code 3916-3926)

หน่วย : ล้านบาท

มูลค่า	2550	2551	2552	2553	2554
การส่งออก	87,781	91,872	80,320	92,433	100,510
การนำเข้า	95,705	98,106	83,056	103,549	106,441
ดุลการค้า	-7,924	-6,234	-2,736	-11,116	-5,931



ที่มา : 1. ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมพลาสติก Plastics intelligence Unit

2. กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง

ยุทธศาสตร์และแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมทุกประเภทจะไปในทิศทางเดียวกัน คือ การเพิ่มประสิทธิภาพและผลิตภาพของภาคอุตสาหกรรม (Productivity) การส่งเสริมและสนับสนุนอุตสาหกรรมสีเขียว

เขียว การส่งเสริมการลงทุนเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน รวมทั้งการเสริมสร้างขีดความสามารถของอุตสาหกรรม SMEs ซึ่งเป็นการสร้างความสมดุลระหว่างเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

1.3 แนวโน้มของอุตสาหกรรม

1.3.1 แนวโน้มอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์

อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ คาดว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการสินค้าอุปโภค บริโภค แต่ทั้งนี้ก็มีปัจจัยสำคัญที่ควรจับตามอง ได้แก่ การปรับเพิ่มค่าแรงงานขั้นต่ำ 300 บาทของประเทศ การฟื้นตัวของเศรษฐกิจโลกที่มีความเปราะบาง ผลกระทบจากวิกฤตเศรษฐกิจทางการเงินของยุโรปโดยเฉพาะประเทศกรีซ และภาวะถดถอยทางเศรษฐกิจของ สหรัฐอเมริกา รวมทั้งปัญหาราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อภาคการส่งออกของไทย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่อ่อนไหว ได้แก่

- 1) ปัจจัยด้านการผลิต เนื่องจากวัตถุดิบเคมีภัณฑ์มีโครงสร้างทางเคมีที่ซับซ้อน ต้องอาศัยการวิจัย ค้นคว้าและการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีสูง นอกจากนี้วัตถุดิบที่ผลิตได้ในประเทศก็ยังคงไม่ได้มาตรฐาน ทำให้อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ส่วนใหญ่ต้องพึ่งพาการนำเข้าและมีต้นทุนสูงในการผลิต
- 2) ปัจจัยด้านฐานข้อมูล อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ส่วนใหญ่ขาดระบบเครือข่ายการเชื่อมโยงของฐานข้อมูล ทำให้ขาดความรู้ด้านกระบวนการผลิต การซื้อขาย การตลาด ซึ่งทำให้การพัฒนาอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์เป็นไปค่อนข้างช้าและเกิดความเสียเปรียบในการแข่งขัน
- 3) ปัจจัยด้านกฎระเบียบ เนื่องจากปัจจุบันรูปแบบการค้าระหว่างประเทศมีการเปลี่ยนแปลงเริ่มเป็นไปอย่างเสรีมากขึ้น ทำให้หลายประเทศพยายามตั้งกฎการกีดกันทางการค้า โดยใช้มาตรการที่ไม่ใช่ภาษี (Non-tariff barriers: NTBs) ขึ้นมาเป็นกำแพงกีดกันทางการค้ามากขึ้น เพื่อเป็นการปกป้องตัวเองและลดการแข่งขัน โดยพยายามที่จะออกมาตรการต่างๆ เป็นข้อต่อรองทางการค้า เช่น การกำหนดมาตรการด้านสิ่งแวดล้อม มาตรฐานสินค้า และมาตรฐานแรงงาน เป็นต้น ประกอบกับในปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกเริ่มต้นตัวที่จะให้ความสำคัญในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมและปัญหาวิกฤตพลังงานที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผู้บริโภคแต่ละประเทศเกิดความตระหนักหันมาบริโภคสินค้าที่รักษาสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีความต้องการใช้สินค้าที่ผ่านระบบจัดการด้านพลังงานที่มีประสิทธิภาพกันมากขึ้น และที่เห็นได้ชัดที่สุดก็คือ กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป ที่มีการออกกฎระเบียบว่าด้วยการควบคุมเคมีภัณฑ์ในสหภาพยุโรป REACH ซึ่งกฎระเบียบเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่างๆ มากมายต่ออุตสาหกรรมไทย ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นเพราะต้องจัดเตรียมข้อมูลที่ระเบียบกำหนดการส่งออกเป็นไปได้อย่างขึ้น

1.3.2 แนวโน้มอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์

แนวโน้มอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง คาดว่าจะขยายตัวอย่างต่อเนื่องตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งทำให้อุตสาหกรรมยางรถยนต์ขยายตัวตามไปด้วยสำหรับในส่วนของผู้ผลิตยางอื่นๆ และอุตสาหกรรมถุงมือยาง/ถุงมือตรวจ คาดว่าจะยังขยายตัวได้ดี ยังคงมีความต้องการอย่างต่อเนื่องในตลาดโลก ตามกระแสความวิตกกังวลการรักษาสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค การส่งออกมีแนวโน้มผันผวน เนื่องจากวิกฤติเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาและผลกระทบของวิกฤติหนี้สินของกลุ่มสหภาพยุโรป อาจทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์มีแนวโน้มชะลอตัวลงและจะทำให้ความต้องการใช้ยางในตลาดโลกชะลอตัวตามไปด้วย นอกจากนี้จีนซึ่งเป็นผู้บริโภคยางเป็นอันดับหนึ่งของโลกและเป็นตลาดส่งออกหลักของไทยได้ชะลอการสั่งซื้อยางพาราตามการชะลอตัวของภาวะเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามประเทศไทยที่อุตสาหกรรมยางรถยนต์ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ อินเดีย เวียดนาม และบราซิล ซึ่งความต้องการใช้ยางยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสำหรับถุงมือยาง/ถุงมือตรวจ คาดว่ายังขยายตัวได้ดี เนื่องจากเป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในทางการแพทย์ และใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารและบริการ

การพัฒนาอุตสาหกรรมยางควรจะดำเนินการพัฒนาไปใน 2 แนวทางพร้อม ๆ กันคือ

- 1) การส่งเสริมให้มีการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นการพัฒนาจากด้านปลายน้ำ โดยการชักชวนบริษัทข้ามชาติให้เข้ามาลงทุนในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางในประเทศ ซึ่งจะทำให้เกิดการถ่ายโอนเทคโนโลยีและการเพิ่มปริมาณการใช้ยางธรรมชาติได้อย่างรวดเร็ว
- 2) การพัฒนาผู้ประกอบการไทยยกระดับมาตรฐานการผลิตและผลิตภัณฑ์ให้สามารถแข่งขันได้ในระดับสากล ปัจจุบันได้มีการจัดตั้งสถาบันพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพาราซึ่งจะเป็นหน่วยงานความร่วมมือกลางระหว่างภาครัฐและเอกชนเพื่อ ดำเนินแผนยุทธศาสตร์การ พัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพารา

1.3.3 แนวโน้มอุตสาหกรรมพลาสติก

แนวโน้มของอุตสาหกรรมพลาสติกในอนาคต ปัจจัยแรกคือจะต้องดูจากอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ ที่ใช้พลาสติกเป็นสำคัญ รองลงมาจึงพิจารณาการค้าระหว่างประเทศทั้งในด้านการนำเข้าและการส่งออก อีกทั้งยังต้องพิจารณาปัจจัยภายในอุตสาหกรรมควบคู่ไปด้วย ได้แก่ การพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ เช่น การปรับตัวหาตลาดใหม่ ๆ การรวมกลุ่มสร้างเครือข่ายการผลิตภายในอุตสาหกรรมร่วมกัน ฯลฯ รวมถึงความต่อเนื่องของการใช้มาตรการต่าง ๆ ของภาครัฐการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมพลาสติก ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ซึ่งปัจจุบันบรรจุภัณฑ์พลาสติกเข้ามามีส่วนอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ โดยอยู่ในรูปกล่องหีบ กระสอบ และถุง เป็นส่วนมาก ส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์ก็เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่เลือกพลาสติกมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตชิ้นส่วนประกอบต่างๆมากขึ้น โดยนำมาใช้ทดแทนโลหะหรือกระจก เป็นต้น

แนวโน้มอุตสาหกรรมพลาสติกในอนาคตของไทยยังมีโอกาสเจริญเติบโตได้ดี จากการผลิตเพื่อการส่งออกและเพื่อใช้ภายในประเทศทดแทนการนำเข้า อุตสาหกรรมพลาสติกยังจะมีการเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องต่อไปเนื่องจากพลาสติกสามารถทดแทนวัสดุอื่นได้ดี สามารถผลิตได้เร็วกว่า ต้นทุนถูกกว่า รวมถึง

พลาสติกเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ อีกทั้งยังสามารถย่อยสลายได้ (Biodegradable) ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

แนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกไทยมีดังนี้

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีและการจัดการ
2. การเพิ่มความสามารถทางการตลาด
3. การสร้างฐานข้อมูล

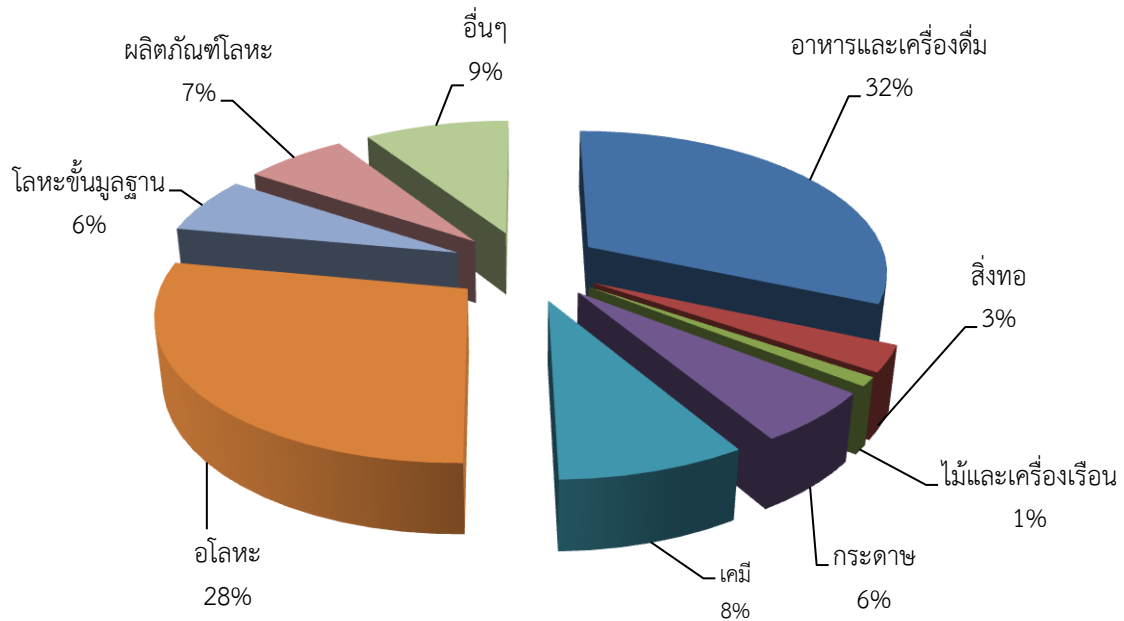
1.4 การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมเคมี

จากสถิติข้อมูลพลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในช่วงปี พ.ศ. 2550 - 2554 พบว่า กลุ่มอุตสาหกรรมประเภทเคมี (กลุ่มอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์และพลาสติกอยู่ในสาขาย่อยของกลุ่มเคมี) มีการใช้พลังงานอยู่ประมาณ 8-9% สำหรับอุตสาหกรรมยางอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมอื่น ๆ

ตารางที่ 1.6 การใช้พลังงานในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2550-2554

กลุ่มอุตสาหกรรม	การใช้พลังงาน : KTOE (ร้อยละ)					การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย ต่อปี (%)
	ปี 2550	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	
อาหารและเครื่องดื่ม	7,373.00 (31.3)	8,090.00 (33.4)	8,089.00 (34.0)	8,017.00 (31.7)	7,851.00 (31.6)	1.68
สิ่งทอ	1,191.00 (5.1)	997.00 (4.1)	863.00 (3.6)	783.00 (3.1)	734.00 (3.0)	-11.31
ไม้และเครื่องเรือน	212.00 (0.9)	196.00 (0.8)	196.00 (0.8)	231.00 (0.9)	254.00 (1.0)	5.07
กระดาษ	1,747.00 (7.4)	1,757.00 (7.3)	1,549.00 (6.5)	1,412.00 (5.6)	1,433.00 (5.8)	-4.66
เคมี	1,837.00 (7.8)	1,907.00 (7.9)	2,129.00 (8.9)	2,221.00 (8.8)	2,085.00 (8.4)	3.41
อโลหะ	7,372.00 (31.3)	7,609.00 (31.4)	7,199.00 (30.3)	7,782.00 (30.8)	7,011.00 (28.2)	-1.00
โลหะขั้นมูลฐาน	938.00 (4.0)	1,023.00 (4.2)	1,030.00 (4.3)	1,503.00 (5.9)	1,592.00 (6.4)	15.40
ผลิตภัณฑ์โลหะ	1,644.00 (4.0)	1,598.00 (6.6)	1,243.00 (5.2)	1,503.00 (5.9)	1,607.00 (6.5)	0.71
อื่นๆ	1,220.00 (5.2)	1,018.00 (4.2)	1,500.00 (6.3)	1,829.00 (7.2)	2,287.00 (9.2)	19.44
รวม	23,536.00	24,195.00	23,798.00	25,281.00	24,854.00	1.43

หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (KTOE)

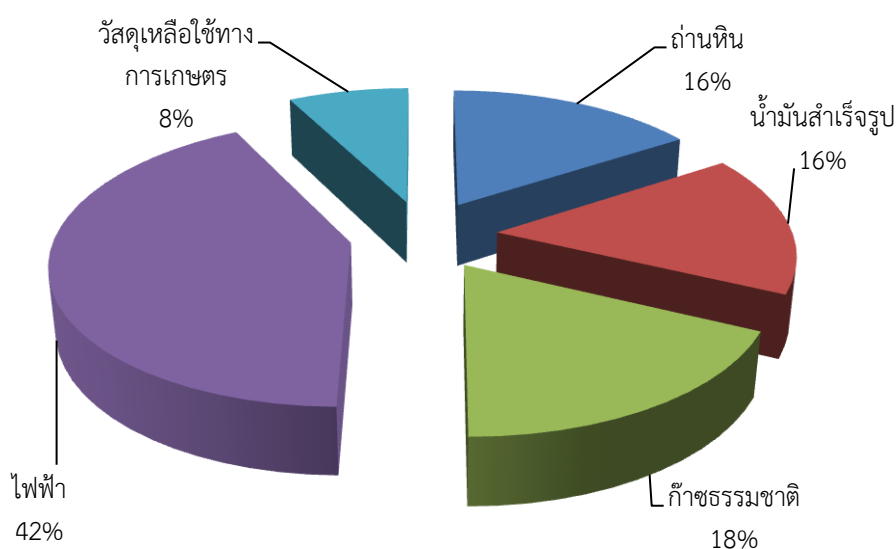


รูปที่ 1.2 สัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2554

ตารางที่ 1.7 การใช้พลังงานภาคอุตสาหกรรมการผลิต ในสาขาเคมี จำแนกตามรายปี

ชนิดพลังงาน	2550	2551	2552	2553	2554
พลังงานเชิงพาณิชย์	1,759	1,818	2,034	2,109	1,925
ถ่านหิน	361	420	671	584	331
น้ำมันสำเร็จรูป	447	393	338	396	336
ก๊าซธรรมชาติ	114	178	213	213	378
ไฟฟ้า	837	827	812	916	880
พลังงานหมุนเวียน	78	89	95	112	160
วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	78	89	95	112	160
รวมทั้งสิ้น	1,837	1,907	2,129	2,221	2,085

หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (kTOE)



รูปที่ 1.3 ชนิดของพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีปี 2554

ในภาคอุตสาหกรรมเคมีมีสัดส่วนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ประมาณ 92-96% และมีแนวโน้มปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นจากเดิมทุกปีเฉลี่ย 6% โดยเป็นไฟฟ้ามากที่สุด ยกเว้นเมื่อปี 2554 ลดลงเนื่องจากประเทศไทยประสบภาวะอุทกภัยครั้งใหญ่ และการใช้พลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 4-8% แต่มีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นจากเดิมทุกปีเฉลี่ยปีละ 20%

1.5 ศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรมเคมี

ประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มผู้ผลิตสินค้าอุตสาหกรรมสำคัญที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตสินค้าในระดับสูง จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับมาตรการกีดกันทางการค้าในรูปแบบของการกำหนดมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการใช้ฉลากคาร์บอน (Carbon label) ที่ต้องแสดงบนฉลากของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 ได้กำหนดการพัฒนาประเทศไทยสู่การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจแบบคาร์บอนต่ำ (Low carbon economy) และการพัฒนาที่ยั่งยืนบนพื้นฐานการใส่ใจสิ่งแวดล้อม มีความตื่นตัวในการให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการเกี่ยวกับฉลากร่องรอยคาร์บอน และการวัดปริมาณการใช้น้ำในโรงงาน

การลดก๊าซเรือนกระจกโดยสาขา (Sectoral approach) คือ แนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละสาขาการผลิตหรือแต่ละประเภทอุตสาหกรรม ภายในประเทศหรือระหว่างประเทศ โดยหลักการของ Sectoral approach จะเน้นการจัดหาข้อตกลงระหว่างประเทศในอุตสาหกรรมเดียวกัน ด้วยการกำหนดระดับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกันระหว่างผู้ผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาวิจัยค่า Carbon intensity ในอุตสาหกรรมหลักได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี อาหาร สิ่งทอและเซรามิก เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการเจรจาต่อรองกับกลุ่มผู้ผลิตอุตสาหกรรมเดียวกันในประเทศอื่น ๆ

ผลการศึกษาค่า Carbon intensity ที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเกิดจากภาคพลังงาน (Energy) และกระบวนการผลิต (Industrial process and product use) ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก สำหรับอุตสาหกรรมแต่ละประเภท โดยนำข้อมูลจากรายงานการใช้พลังงานประจำปี และฐานข้อมูลโรงงานควบคุมรายโรงงานที่เก็บรวบรวมไว้เมื่อปี 2550 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยการศึกษาจะจำแนกอุตสาหกรรมย่อยตามการจัดประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรมขององค์การสหประชาชาติ (International standard industrial classification of all economic activities, ISIC) และคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามกรอบของ IPCC (IPCC 2006) สำหรับค่า Carbon intensity สำหรับอุตสาหกรรมแต่ละประเภทดำเนินการเปรียบเทียบออกเป็น 2 ลักษณะคือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (tonCO₂eq/ton product) และ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (kg CO₂eq/USD) สรุปผลการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 1.8

ตารางที่ 1.8 สรุปผลการคำนวณ Carbon intensity ในแต่ละอุตสาหกรรมจำแนกตามอุตสาหกรรมย่อย

ลำดับ	สาขา อุตสาหกรรมการผลิต	ขอบเขต	มูลค่า ผลิตภัณฑ์ ¹⁾	ปริมาณ ผลิตภัณฑ์ ²⁾	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก	Carbon Intensity	
			Million USD	Million Ton	Million Ton CO ₂ eq	Kg co ₂ eq/ USD	Ton co ₂ eq/ Ton Product
1.	อาหาร	โรงงานทั้งหมด (50,057) ³⁾	34,439.66		34.34	1.00	
		โรงงานควบคุม (389) ⁴⁾		32.38	12.43		0.38
1.1	แปรรูปแชแข็ง	โรงงานควบคุม (158) ⁴⁾		8.36	2.27		0.27
1.2	ธัญพืช	โรงงานควบคุม (64) ⁴⁾		6.77	0.73		0.11
1.3	อื่นๆ (กล้วยเดี่ยว น้ำตาล ผงชูรส)	โรงงานควบคุม (121) ⁴⁾		12.69	8.76		0.69
1.4	เครื่องดื่ม	โรงงานควบคุม (46) ⁴⁾		4.56	0.67		0.15
2.	เคมี	โรงงานทั้งหมด(2,946) ³⁾	13,869.41		19.07	1.38	
		โรงงานควบคุม (99) ⁴⁾		10.30	3.64		0.35
2.1	เคมีภัณฑ์ขั้นมูลฐาน ยกเว้นปุ๋ย และสารประกอบไนโตรเจน (ขั้นต้นและขั้นกลาง)	โรงงานควบคุม (57) ⁴⁾		6.60	2.58		0.39
2.2	ผลิตพลาสติกขั้นต้น และ ยางสังเคราะห์ (ขั้นปลาย)	โรงงานควบคุม (36) ⁴⁾		3.08	0.76		0.25
2.3	ผลิตเส้นใยประดิษฐ์	โรงงานควบคุม (6) ⁴⁾		0.62	0.30		0.49
3	สิ่งทอ	โรงงานทั้งหมด (2,974) ³⁾	19,338.09		5.25	0.27	
3.1	เส้นใยสังเคราะห์ ปั่นด้าย ทอผ้า	โรงงานควบคุม (121) ⁴⁾		0.79	2.35		2.98
4.	แก้วและกระจก	โรงงานควบคุม (14) ⁴⁾		1.56	1.38		0.88
4.1	กระจกแผ่นเรียบ	โรงงานควบคุม (10) ⁴⁾		0.87	0.62		0.71
4.2	ขวดแก้ว	โรงงานควบคุม (4) ⁴⁾		0.69	0.76		1.09
5.	เซรามิค	โรงงานควบคุม (23) ⁴⁾		4.69	0.94		0.20
5.1	กระเบื้อง	โรงงานควบคุม (15) ⁴⁾		4.55	0.77		0.17
5.2	สุขภัณฑ์	โรงงานควบคุม(8) ⁴⁾		0.14	0.17		1.22

หมายเหตุ 1) World bank data catalog : <http://data.worldbank.org>

2) สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรมออนไลน์ <http://www.oie.go.th>

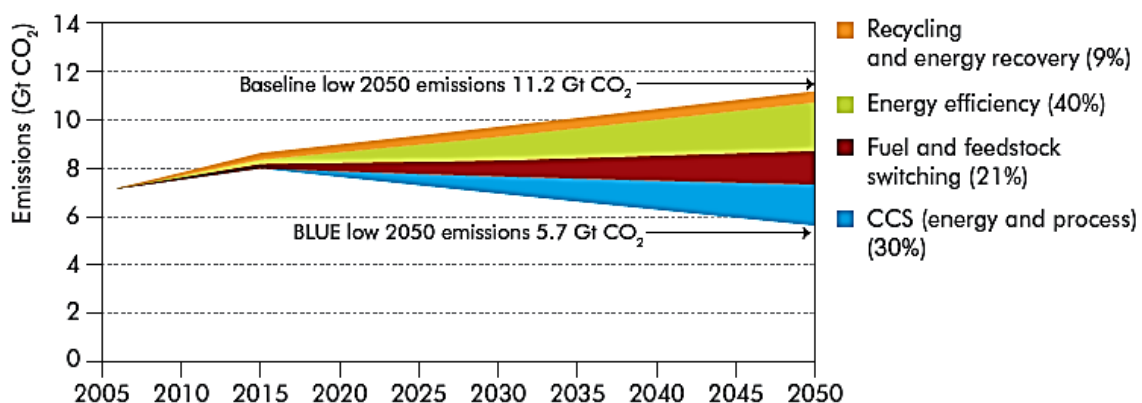
3) รายงานพลังงานประเทศไทย พ.พ. ปี 2550

4) ฐานข้อมูลโรงงานควบคุม พ.พ. ปี 2550

จากการประเมินศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมของอุตสาหกรรมทั่วโลกโดย International energy agency (IEA) พบว่าหากไม่นับรวม Carbon capture storage และ Recycling and energy recovery แล้ว การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการเปลี่ยนเชื้อเพลิงถือเป็นกลไกหลักสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมโดยมีสัดส่วนรวมกันกว่า ร้อยละ 61 ของศักยภาพทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 1.4

ทั้งนี้การประเมินศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมุ่งเน้นจาก 2 มาตรการหลัก คือ

- 1) การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรและเทคโนโลยีการผลิต โดยกำหนดประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ประสิทธิภาพขั้นสูงสำหรับเครื่องจักรพื้นฐาน
- 2) การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงของโรงงานที่มีการใช้น้ำมันเตาและถ่านหินเป็นพลังงานความร้อนมีการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซธรรมชาติทั้งหมด ร่วมกับการพิจารณาศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลการกระจายตัวของข้อมูลค่า Carbon intensity รายโรงงาน โดยจะทำการลดในโรงงานที่มีค่า Carbon intensity สูงกว่าค่า Carbon intensity เฉลี่ยของแต่ละอุตสาหกรรมย่อย ผลการประเมินศักยภาพในการลดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1.9



ที่มา : Technology Transition for Industry, IEA, 2009

รูปที่ 1.4 ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ตารางที่ 1.9 สรุปผลการประเมินศักยภาพสำหรับลดก๊าซเรือนกระจก

สาขา อุตสาหกรรม	ปริมาณการใช้ พลังงานใน ภาคอุตสาหกรรม		สัดส่วนศักยภาพ การอนุรักษ์ พลังงาน ¹⁾	ค่าปล่อยก๊าซเรือนกระจก			ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก					
				ภาพรวมแต่ละ อุตสาหกรรม ²⁾		ข้อมูลเฉพาะ โรงงาน ควบคุม ³⁾	การสับเปลี่ยน เชื้อเพลิง		การปรับปรุง ประสิทธิภาพ ของอุปกรณ์หลัก		ศักยภาพจาก เกณฑ์มาตรฐาน	
	2553	2573		2550	2573							
	kTOE	kTOE	ร้อยละ	ล้านตัน	ล้านตัน	ล้านตัน	ล้านตัน	ร้อยละ	ล้านตัน	ร้อยละ	ล้านตัน	ร้อยละ
ภาพรวมของ อุตสาหกรรม	23,536	62,700	22									
อาหาร	6,634	19,260	28	34.34	99.68	12.43	0.34	2.74	0.79	6.36	5.16	41.5
เคมี	3,637	6,460	21	19.07	33.87	3.64	0.30	8.24	0.34	9.34	0.69	18.96
สิ่งทอ	853	2,269	n/a	5.25	13.97	2.35	0.05	2.13	0.12	5.11	0.65	27.66
โลหะ	7,029	19,510	13									
แก้ว	n/a	n/a	n/a			1.38	0.04	2.90	0.08	5.80	0.21	15.22
เซรามิก	n/a	n/a	n/a			0.94	0.004	0.43	0.26	27.66	0.27	28.72
รวม 5 อุตสาหกรรมเป้าหมาย						20.74	0.73	3.54	1.59	7.67	6.98	33.65

ที่มา 1) แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี กระทรวงพลังงาน 2) รายงานพลังงาน พ.พ. ปี 2550 3) ข้อมูลโรงงานควบคุม พ.พ. ปี 2550
หมายเหตุ : 1) พิจารณาจากฐานข้อมูลโรงงานควบคุม 2) ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกคำนวณเฉพาะค่าของโรงงานควบคุมปี 2550

จะเห็นว่าจากมาตรการในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมเคมีได้ร้อยละ 9.34 และมาตรการในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงมาใช้ก๊าซธรรมชาติสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมเคมีได้ร้อยละ 8.24 สำหรับในส่วนของการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการลดค่า Carbon intensity ของโรงงานที่มีค่า Carbon intensity สูงกว่าค่าเฉลี่ยนั้น สามารถลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมเคมี ได้ร้อยละ 18.96

จากสถานการณ์ดังกล่าวผนวกกับปัญหาด้านพลังงานที่ยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้นและความจำเป็นที่ต้องลดมาตรการกีดกันทางการค้าด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ประเทศไทยเป็นที่ยอมรับในภาคการผลิตอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรมไทยให้สามารถแข่งขันได้ต่อไปในอนาคต จึงจำเป็นและสมควรอย่างยิ่งที่ต้องมีการส่งเสริมประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการบริหารจัดการการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมถือว่าเป็นยุทธศาสตร์และภารกิจที่สำคัญยิ่งที่ต้องเร่งดำเนินการ โดยมีพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเป็นกรอบและแนวทางในการดำเนินงาน โครงการพัฒนาบุคลากรด้านการอนุรักษ์พลังงานจากกรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จเป็นโครงการหนึ่งที่ พพ. ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยมีสำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงานเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบ โครงการนี้มุ่งเน้นให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรม นำไปเป็นแนวทางในการดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและสามารถขยายผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในองค์กรของตนเองได้

จุดประสงค์สำคัญของ พพ. ต้องการมุ่งเน้นไปในเรื่องการปลูกจิตสำนึกการประหยัดพลังงานที่ยั่งยืนให้แก่ตัวบุคลากรทุกส่วนในองค์กร เพราะการอนุรักษ์พลังงานจะบรรลุผลได้ต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจจากทุกฝ่ายในบทบาทต่าง ๆ กัน และที่สำคัญการอนุรักษ์พลังงานไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้โดยอัตโนมัติ หากจำเป็นต้องอาศัยกลไกของ “ระบบการจัดการพลังงาน”

บทที่ 2

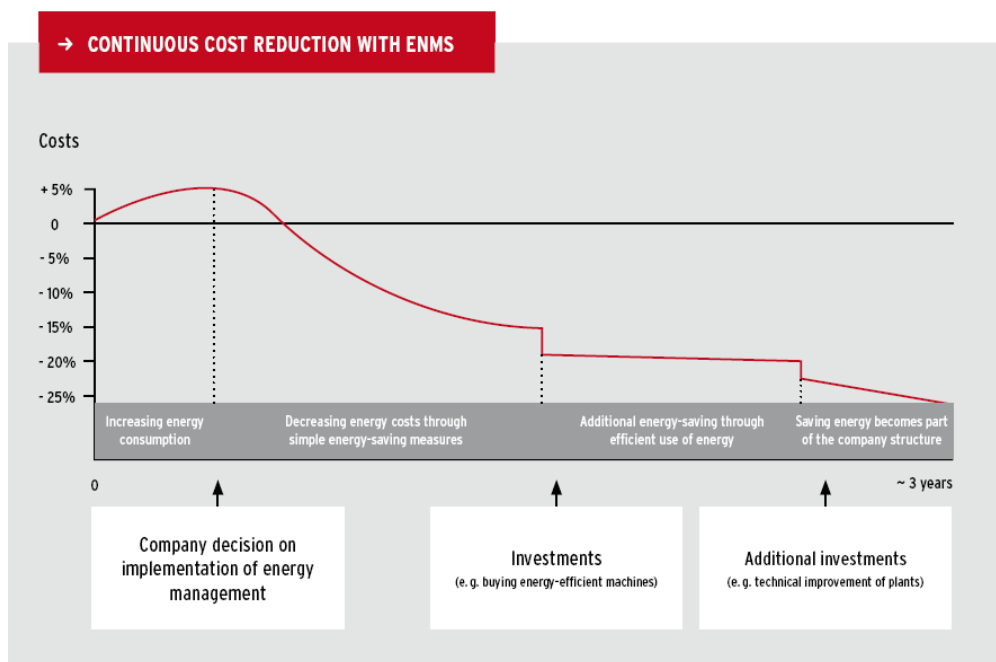
การจัดการพลังงานอย่างยั่งยืนตามมาตรฐาน ISO 50001, Carbon footprint และ Water footprint

2.1 ความสำคัญของระบบการจัดการพลังงาน

จากสถานการณ์ในปัจจุบันของโลกและของประเทศไทย ปัญหาด้านพลังงานและปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาที่สำคัญ และมีความเกี่ยวเนื่องกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยพลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม จึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาประเทศ อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเกิดภาวะโลกร้อนไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง โดยที่ผ่านมาพบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่มุ่งเน้นการปรับปรุงด้านเทคนิค และการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ แต่ยังขาดความต่อเนื่องในการดำเนินงาน กล่าวคือขาดกลไกการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และไม่มีกลยุทธ์ด้านแผนการจัดการพลังงานที่ชัดเจน ทำให้การดำเนินงานไม่ประสบความสำเร็จมากนัก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ซึ่งรับผิดชอบในการกำกับดูแลโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ในการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ได้เล็งเห็นความสำคัญในปรับปรุงกระบวนการในการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานให้ทันสมัย และสอดคล้องกับแนวทางในการจัดการพลังงานที่ให้ความสำคัญในการสร้างกลไกในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จึงได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 ขึ้นโดยมุ่งเน้นในการดำเนินการจัดการพลังงาน ซึ่งกำหนดเป็นแนวทางในการจัดทำระบบการจัดการพลังงาน ในกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552

โดยกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการจัดการพลังงานเอาไว้สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมเป็นวงรอบ 8 ขั้นตอน ซึ่งถือได้ว่าเป็นพื้นฐานขั้นต้นในการดำเนินการจัดการพลังงานที่สามารถพัฒนาไปสู่การดำเนินการจัดการพลังงานตามมาตรฐานสากล (ISO 50001) ซึ่งได้มีการประกาศออกมาอย่างเป็นทางการแล้วเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ.2554 ที่ผ่านมา ดังนั้นมาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 จึงถือเป็นกุญแจสำคัญอีกด้านหนึ่ง ในการผลักดันให้เกิดกระบวนการในการปรับปรุงด้านพลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยหลักการ “การดำเนินงานอย่างเป็นระบบ” ตามหลัก P-D-C-A ที่คำนึงถึงการปรับปรุงสมรรถนะพลังงานอย่างต่อเนื่อง การพิจารณาต้นทุนตลอดวงจรชีวิตอุปกรณ์ด้านพลังงานทั้งการออกแบบและการจัดซื้อ รวมถึงการควบคุมการปฏิบัติงานและบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม ทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนพลังงาน และส่งผลให้บุคลากรในองค์กรคำนึงถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพอย่างเป็นระบบ ซึ่ง

นอกจากระบบการจัดการพลังงานจะช่วยเหลือสถานประกอบการในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดต้นทุนด้านพลังงานในระยะยาวแล้ว (ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.1) ยังช่วยลดข้อกีดกันทางการค้าจากนโยบายด้านพลังงานในแถบประเทศทางยุโรป ช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันเมื่อประเทศไทยก้าวสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในอนาคตอันใกล้ และยังประโยชน์ต่อการลดปัญหาสภาวะโลกร้อนซึ่งเป็นภัยคุกคามต่อมนุษยชาติในปัจจุบันได้อีกทางหนึ่ง



ที่มา : DIN EN 16001: Energy Management Systems in Practice, A Guide for Companies and Organizations. German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

รูปที่ 2.1 แนวโน้มของการลดต้นทุนด้านพลังงานหลังจากการดำเนินการจัดการพลังงาน

2.2 ความเข้าใจเบื้องต้นระบบมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001

2.2.1 ISO คืออะไร

ISO คือองค์กรระหว่างประเทศ ว่าด้วยการมาตรฐาน (International organization for standardization) ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2490 (ค.ศ. 1947) โดยมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ นครเจนีวา สวิตเซอร์แลนด์ วัตถุประสงค์ขององค์กร ISO ก็เพื่อส่งเสริมการกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ และกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเศรษฐกิจ และจัดซื้อได้แย่ง รวมถึงการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศ ตลอดจนการพัฒนาความร่วมมือระหว่างประเทศ ในด้านวิชาการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีกล้วยง่าย ๆ ได้ว่า บริษัทหรือองค์กรใดได้รับ ISO ก็หมายความว่า สินค้า บริการ หรือระบบการจัดการต่าง ๆ เป็นไปตามมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ส่วน มาตรฐานที่องค์กรนี้ออกมา ก็ใช้ชื่อนำหน้าว่า ISO เช่น ISO 9000 ก็เป็น

มาตรฐานที่ว่าด้วยระบบบริหารคุณภาพ ISO 14000 เป็นระบบมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม และ ISO 50001 ก็คือ มาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน (ส่วนเลขต่อท้ายจะเป็น ปี ค.ศ. ที่ประกาศใช้ เช่น ISO 50001:2011 ก็คือมาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ที่ประกาศใช้ในปี 2011 (วันที่ 15 มิถุนายน 2011))

2.2.2 การนำมาตรฐาน ISO 50001 ไปใช้

มาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 ฉบับนี้ระบุข้อกำหนดสำหรับองค์กรในการจัดทำ นำไปปฏิบัติ คงรักษาไว้ และปรับปรุงระบบการจัดการพลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้องค์กรจะสามารถ ดำเนินการอย่างเป็นระบบในการปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน ซึ่งรวมถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน, ลักษณะการใช้พลังงานและปริมาณการใช้พลังงาน ข้อกำหนดของมาตรฐานสากลฉบับนี้ประยุกต์เข้ากับ ลักษณะการใช้และปริมาณการใช้พลังงาน รวมถึงการตรวจวัด การจัดทำเอกสาร และการรายงาน การ ออกแบบ และการปฏิบัติการจัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน ระบบ กระบวนการและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับ สมรรถนะด้านพลังงาน ครอบคลุมถึงปัจจัยทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะด้านพลังงานซึ่งสามารถเฝ้า ติดตามและควบคุมดูแลได้โดยองค์กร แต่มาตรฐานสากลฉบับนี้ไม่ได้กำหนดเกณฑ์ของสมรรถนะที่ เฉพาะเจาะจงในด้านพลังงาน และได้ถูกออกแบบให้ใช้มาตรฐานนี้ได้เป็นอย่างดีเป็นอิสระแต่ก็สามารถนำไปใช้ได้ ใน แนวทางเดียวกับหรือบูรณาการกับระบบการจัดการอื่นๆได้ เช่น ISO 9000, ISO 14000 เป็นต้น

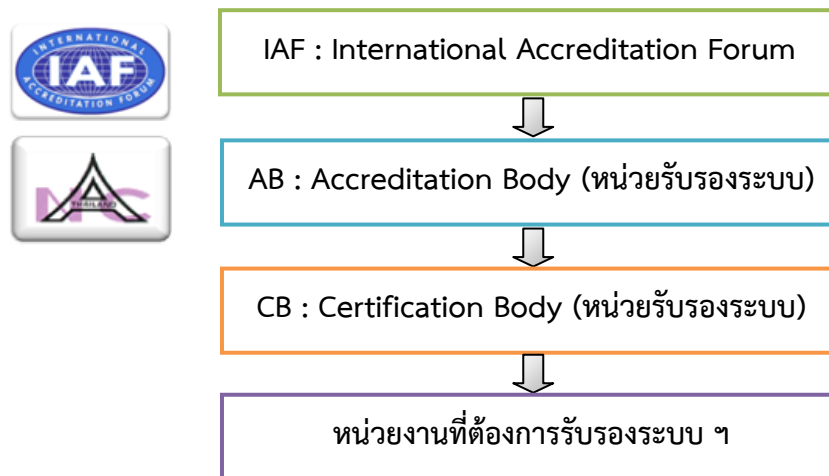
มาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 ให้ความสำคัญในเรื่องของระบบเอกสารเช่นเดียวกับ มาตรฐานอื่น ๆ กล่าวคือองค์กรต้องกำหนด และจัดทำ นำไปปฏิบัติ และคงรักษาไว้ โดยเอกสารที่จำเป็นและ เกี่ยวข้องกับระบบอย่างน้อยประกอบด้วย คู่มือระบบการจัดการพลังงาน (Energy management manual) ระเบียบปฏิบัติงาน (Procedure manual) วิธีปฏิบัติงาน (Work instruction) และฟอร์ม (Form) ต่าง ๆ ที่ใช้ บันทึกรายการต่าง ๆ ของระบบฯ

2.2.3 การขอการรับรองมาตรฐาน ISO 50001

การขอการรับรองมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001 มีแนวปฏิบัติ เช่นเดียวกับมาตรฐานการ จัดการอื่น ๆ โดยหน่วยงานที่ให้การรับรองระบบได้เราเรียกว่า หน่วยรับรอง (Certification body) หรือเรียก โดยย่อว่า CB ซึ่งในประเทศไทยก็มีอยู่หลายหน่วยงานที่ให้การรับรองได้ เช่น Bureau Veritas, SGS, MASCI, TUV, URS, AJA เป็นต้น

หน่วยรับรอง (Certification body) คือ หน่วยงานหรือบุคคลที่สามที่ให้บริการการตรวจประเมินและ รับรองหรือจดทะเบียนการเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของกิจกรรมต่าง ๆ เช่น หน่วยรับรองระบบคุณภาพ หน่วยรับรองระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม หน่วยตรวจ ห้องปฏิบัติการ หน่วยงานใดหรือองค์ใดจะเป็นหน่วย รับรองได้ต้องผ่านการรับรองระบบงาน (Accreditation) จาก**หน่วยรับรองระบบ (Accreditation body)** หรือเรียกโดยย่อว่า AB เช่น UKAS ของประเทศอังกฤษ หรือ ANSI ของประเทศสหรัฐอเมริกา NAC ของ ประเทศไทย เป็นต้น การรับรองระบบ ก็คือ การยอมรับอย่างเป็นทางการว่าหน่วยรับรอง (Certification body) มีความสามารถในการดำเนินการให้การรับรองกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง เช่น การรับรองระบบงานของ หน่วยรับรองระบบคุณภาพ (ISO 9001) การรับรองระบบงานของหน่วยรับรองระบบการจัดการพลังงาน (ISO 50001) โดยหน่วยงานที่ให้การรับรองระบบต้องเป็นสมาชิกของ IAF (International accreditation

forum) ซึ่งเป็นองค์กรที่ให้การรับรอง Accreditation body จากประเทศต่างๆ ทั่วโลก ดังแสดง ความสัมพันธ์หน่วยรับรอง ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยรับรองระบบงานกับหน่วยงาน

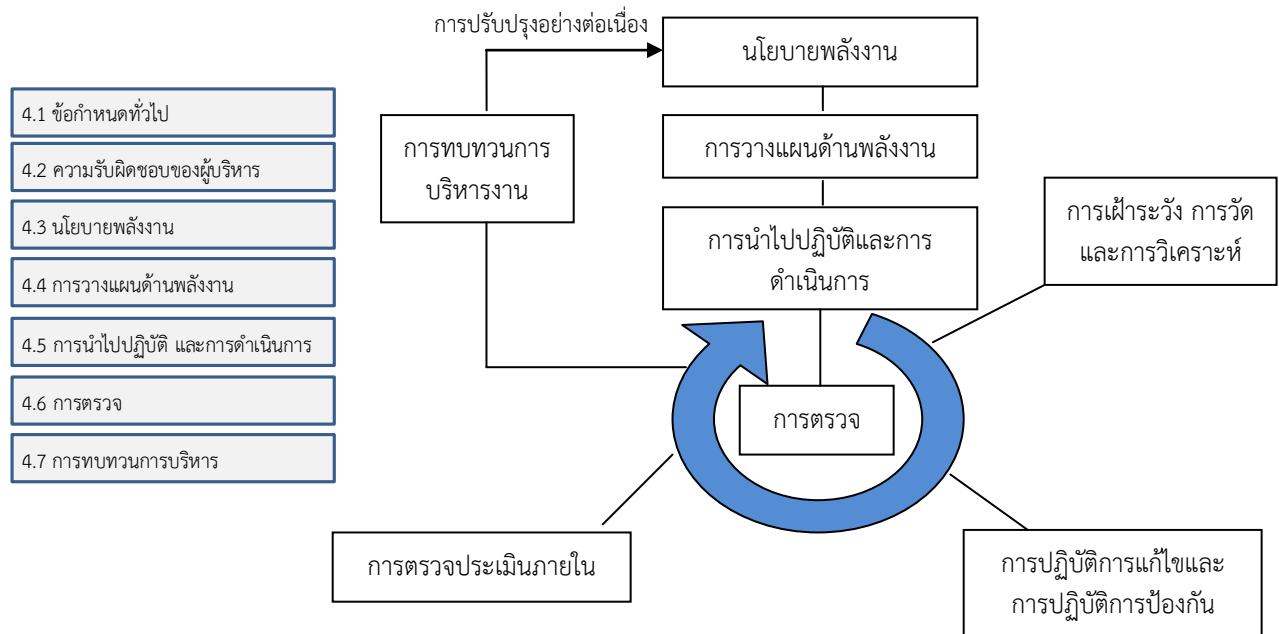
สำหรับการขอการรับรองมาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 นั้นสถานประกอบการที่ จัดทำมาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 เพื่อขอการรับรอง ต้องคัดเลือกและว่าจ้างหน่วยรับรอง (CB) ที่ต้องการขอการรับรอง (Certification) และกำหนดแผนงานในการตรวจรับรอง โดยการตรวจรับรองจะ แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะแรกเป็นการตรวจประเมินความพร้อมเรียกว่า The first stage audit โดยผลสรุป จากการตรวจคือ Ready หรือ Not ready ถ้า Ready ก็สามารถตรวจในระยะที่ 2 ได้ซึ่งเรียกว่า The second stage audit หรือ Main audit ถ้า Not ready ต้องแก้ไขให้แล้วเสร็จภายใน 90 วัน เช่นเดียวกันถ้าเป็นการ ตรวจ Main Audit ถ้าตรวจผ่านจะได้รับการรับรอง ถ้าตรวจไม่ผ่านเนื่องจากไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือมี ข้อบกพร่อง ต้องแก้ไขข้อบกพร่องนั้นภายใน 90 วัน เช่นกัน จึงจะได้รับการรับรองฯ หลังจากนั้นจะต้องมีการ ตรวจรายปี (Surveillance audit) โดยรอบของการตรวจเพื่อการขอการรับรองใหม่จะเกิดขึ้นทุก ๆ 3 ปี กระบวนการในการตรวจรับรองแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงแผนผังกระบวนการการตรวจเพื่อขอการรับรอง ISO 50001

2.2.4 ข้อกำหนดมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001

ในที่นี้ขอสรุปข้อกำหนดในมาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 ให้พอเข้าใจโดยสังเขป ส่วนรายละเอียดคงต้องศึกษาโดยละเอียดต่อไป ซึ่งได้แบ่งข้อกำหนดออกเป็น 4 ส่วนหลักตามวงล้อ P-D-C-A (Plan-Do-Check-Act) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของการจัดการพลังงานตามกฎหมายกับมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001 ในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.4 แสดงข้อกำหนดมาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001

โดยสรุประบบมาตรฐานการจัดการพลังงานกำหนดให้มีการระบุขอบเขต (Boundary) และขอบข่าย (Scope) ของการจัดทำระบบการจัดการพลังงานให้เหมาะสมกับองค์กร โดยผู้บริหารสูงสุดจะประกาศแต่งตั้งผู้แทนฝ่ายบริหาร (EnMR) และ EnMR จะสรรหาทีมจัดการพลังงานเพื่อร่วมดำเนินการจัดทำระบบการจัดการพลังงาน จากนั้นองค์กรต้องจัดให้มีการวางแผนพลังงาน การปฏิบัติ การตรวจสอบ และการทบทวนการบริหารงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) **การวางแผนพลังงาน (PLAN)** โดยการวัดและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อบ่งชี้การใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ (Significant energy use) ขององค์กร และกำหนดข้อมูลฐานพลังงานอ้างอิง (Energy baseline) และดัชนีวัดสมรรถนะพลังงาน (EnPIs) ของกระบวนการหรือเครื่องจักรหลักในการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญนั้น เพื่อชี้บ่งโอกาสในการปรับปรุงสมรรถนะพลังงานขององค์กรและบ่งชี้ตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะพลังงาน โดยกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และแผนด้านพลังงานเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติและการตรวจสอบต่อไป

หมายเหตุ : ครอบคลุมข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 50001:2011 ดังนี้

4.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General requirement)

4.2 ความรับผิดชอบของฝ่ายบริหาร (Management responsibility)

4.2.1 ผู้บริหารสูงสุด (Top management)

4.2.2 ผู้แทนฝ่ายบริหาร (Management representative)

4.3 นโยบายพลังงาน (Energy policy)

4.4 การวางแผนพลังงาน (Energy planning)

4.4.1 บททั่วไป (General)

4.4.2 ข้อกำหนดกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ (Legal requirements and other requirements)

4.4.3 การทบทวนด้านพลังงาน (Energy review)

4.4.4 ข้อมูลฐานด้านพลังงาน (Energy baseline (s))

4.4.5 ตัวชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน (Energy performance indicators)

4.4.6 วัตถุประสงค์ด้านพลังงาน เป้าหมายด้านพลังงาน และแผนปฏิบัติการด้านการจัดการพลังงาน (Energy objectives, Energy targets and energy management action plans)

- 2) **การปฏิบัติ (DO)** การปฏิบัติในที่นี้ไม่ใช่เพียงแต่นำมามาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดขึ้นไปปฏิบัติเพียงด้านเดียว แต่ยังครอบคลุมถึงด้านผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ ที่ต้องกำหนดความสามารถและการฝึกอบรมที่จำเป็นในการปฏิบัติงานรวมถึงความตระหนักด้านพลังงานของคนในองค์กร ด้านการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกองค์กร ด้านระบบเอกสารซึ่งต้องมีรายละเอียดของข้อกำหนดด้านเอกสารและการควบคุมเอกสารซึ่งเป็นหัวใจหลักของระบบมาตรฐานการจัดการ ISO ด้านการควบคุมด้านปฏิบัติและการบำรุงรักษาเฉพาะกระบวนการหรือเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญ ถ้ามีความจำเป็นก็ต้องกำหนดวิธีปฏิบัติงาน (WI) ของแต่ละอุปกรณ์ เช่น วิธีปฏิบัติงานการเริ่มเดินหม้อไอน้ำ เป็นต้น ด้านการออกแบบและการจัดหาบริการด้านพลังงาน ผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ และพลังงาน ซึ่งต้องมีการประเมินด้านสมรรถนะพลังงานทุกครั้งที่มีการออกแบบปรับปรุงหรือการจัดซื้อที่มีผลกระทบต่อกระบวนการหรือเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญต่อสมรรถนะพลังงานขององค์กร

หมายเหตุ : ครอบคลุมข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 50001:2011 ดังนี้

4.5 การนำไปปฏิบัติและการดำเนินการ (Implementation and operation)

4.5.1 บททั่วไป (General)

4.5.2 ความสามารถ การฝึกอบรม และความตระหนัก (Competence, Training and Awareness)

4.5.3 การสื่อสาร (Communication)

4.5.4 การจัดทำเอกสาร (Documentation)

4.5.5 การควบคุมด้านปฏิบัติการ (Operational control)

4.5.6 การออกแบบ (Design)

4.5.7 การจัดหาบริการด้านพลังงาน ผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ และพลังงาน (Procurement of energy services, Products, Equipment and Energy)

- 3) **การตรวจ (CHECK)** เป็นกระบวนการในการตรวจติดตามและเฝ้าระวังให้เชื่อมั่นได้ว่าระบบการจัดการพลังงานขององค์กรยังคงอยู่ และมีสมรรถนะพลังงานที่ดี โดยการกำหนดแผนในการเฝ้าระวังและการตรวจติดตามสมรรถนะพลังงาน การตรวจติดตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ด้านพลังงาน อย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการตรวจประเมินภายในของระบบการจัดการพลังงานที่ต้องทำทุกปี หากพบข้อบกพร่องหรือแนวโน้มที่จะเกิดข้อบกพร่องต้องดำเนินการแก้ไข ปฏิบัติการแก้ไขและปฏิบัติการป้องกัน

หมายเหตุ : ครอบคลุมข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 50001:2011 ดังนี้

4.6 การตรวจ (Checking)

4.6.1 การเฝ้าระวัง การตรวจวัด และการวิเคราะห์ (Monitoring, Measurement and Analysis)

4.6.2 การประเมินความสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ (Evaluation of compliance with legal requirements and other requirements)

4.6.3 การตรวจประเมินภายในระบบการจัดการพลังงาน (Internal audit of the EnMS)

4.6.4 ความไม่เป็นไปตามข้อกำหนด การแก้ไข การปฏิบัติการแก้ไข และการปฏิบัติการป้องกัน (Nonconformities, Correction, Corrective and Preventive action)

4.6.5 การควบคุมบันทึก (Control of records)

- 4) **การทบทวน (ACT)** องค์กรต้องดำเนินการทบทวนการบริหารงาน โดยผู้บริหารระดับสูงทุกปีเพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบการจัดการพลังงานยังคงอยู่ และมีการปรับปรุงและพัฒนาได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งครอบคลุมในทุก ๆ ด้านของระบบการจัดการพลังงาน

หมายเหตุ : ครอบคลุมข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 50001:2011 ดังนี้

4.7 การทบทวนการบริหารงาน (Management review)

4.7.1 บททั่วไป (General)

4.7.2 ประเด็นนำเข้าในการทบทวนการบริหาร (Input to management review)

4.7.3 ผลที่ได้จากการทบทวนการบริหาร (Output from management review)

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อกำหนดของระบบการจัดการพลังงานตามกฎหมายกับ ISO 50001

	การจัดการพลังงานตามกฎหมาย	ISO 50001: 2011
PDCA	ข้อกำหนด	ข้อกำหนด
ขอบข่ายและ การบริหารงาน	ขั้นตอนที่ 1 การแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๑ ข้อ ๕	4.1 ข้อกำหนดทั่วไป
	ขั้นตอนที่ 2 การประเมินสถานะภาพเบื้องต้นด้านการจัดการพลังงาน กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๒ ข้อ ๕	4.2 ความรับผิดชอบของฝ่ายบริหาร 4.2.1 ผู้บริหารสูงสุด 4.2.2 ผู้แทนฝ่ายบริหาร
PLAN	ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดเป้าหมายด้านการอนุรักษ์พลังงาน กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๒ ข้อ ๔	4.3 นโยบายพลังงาน
	ขั้นตอนที่ 4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๒ ข้อ ๖ ประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๒ หมวด ๑ ข้อ ๒, ข้อ ๓ ข้อ ๔	4.4 การวางแผนด้านพลังงาน 4.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป 4.4.2 ข้อกำหนดด้านกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ 4.4.3 การทบทวนด้านพลังงาน 4.4.4 ข้อมูลฐานด้านพลังงาน 4.4.5 ตัวชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 4.4.6 วัตถุประสงค์ด้านพลังงาน เป้าหมายพลังงาน และแผนปฏิบัติการด้านการจัดการพลังงาน
	ขั้นตอนที่ 5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๒ หมวด ๒ ข้อ ๕ ถึง ข้อ ๑๐	
DO	ขั้นตอนที่ ๖ การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๒ ข้อ ๘ ประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๒ หมวด ๓ ข้อ ๑๑ ถึงข้อ ๑๔	4.5 การนำไปปฏิบัติและการดำเนินการ 4.5.1 ข้อกำหนดทั่วไป 4.5.2 ความสามารถ การฝึกอบรมและความตระหนัก 4.5.3 การสื่อสาร 4.5.4 เอกสาร (4.5.4.1 ข้อกำหนดด้านเอกสาร 4.5.4.2 การควบคุมเอกสาร) 4.5.5 การควบคุมด้านปฏิบัติ 4.5.6 การออกแบบ 4.5.7 การจัดหาบริการด้านพลังงาน ผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์และพลังงาน
CHECK	ขั้นตอนที่ 7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๒ ข้อ ๙ ประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๒ หมวด ๔ ส่วนที่ ๑ ข้อ ๑๕ ถึงข้อ ๑๗	4.6 การตรวจ 4.6.1 การเฝ้าระวัง การวัด และการวิเคราะห์ 4.6.2 การประเมินการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ 4.6.3 การตรวจประเมินภายใน 4.6.4 การไม่เป็นไปตามข้อกำหนด การแก้ไข การปฏิบัติการแก้ไขและการปฏิบัติการป้องกัน 4.6.5 การควบคุมบันทึก
ACT	ขั้นตอนที่ 8 การทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๒ ข้อ ๙ ประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๒ หมวด ๔ ส่วนที่ ๒ ข้อ ๑๘ ถึงข้อ ๒๐	4.7 การทบทวนการบริหาร 4.7.1 ข้อกำหนดทั่วไป 4.7.2 ข้อมูลที่ใช้ในการทบทวนบริหารงาน 4.7.3 ผลการทบทวนการบริหารงาน

2.2.5 กลยุทธ์ในการพัฒนามาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001

สำหรับกลยุทธ์ในการ พัฒนาระบบมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001 ในที่นี้คงกล่าวไว้เฉพาะกลยุทธ์โดยสังเขปในด้านการจัดทีมงานเพื่อการ จัดให้มี พัฒนา และคงรักษาระบบการจัดการพลังงานไว้ โดยการจัดบุคลากร เป็น 3 ทีม เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานให้ประสบความสำเร็จโดยเร็ว ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.5 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ทีมจัดการ (Management team)

ทีมจัดการ คือ ทีมงานที่ประกอบไปด้วยบุคลากรที่เป็นกลไกหลักในการบริหารจัดการ และขับเคลื่อนให้ระบบการจัดการพลังงานในองค์กร เริ่มต้น พัฒนา รักษาไว้ และเกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วย ผู้บริหารสูงสุด(Top management) ผู้แทนฝ่ายบริหาร (EnMR) ทีมจัดการพลังงาน (Energy management Team) และผู้ควบคุมเอกสาร (Document controller)

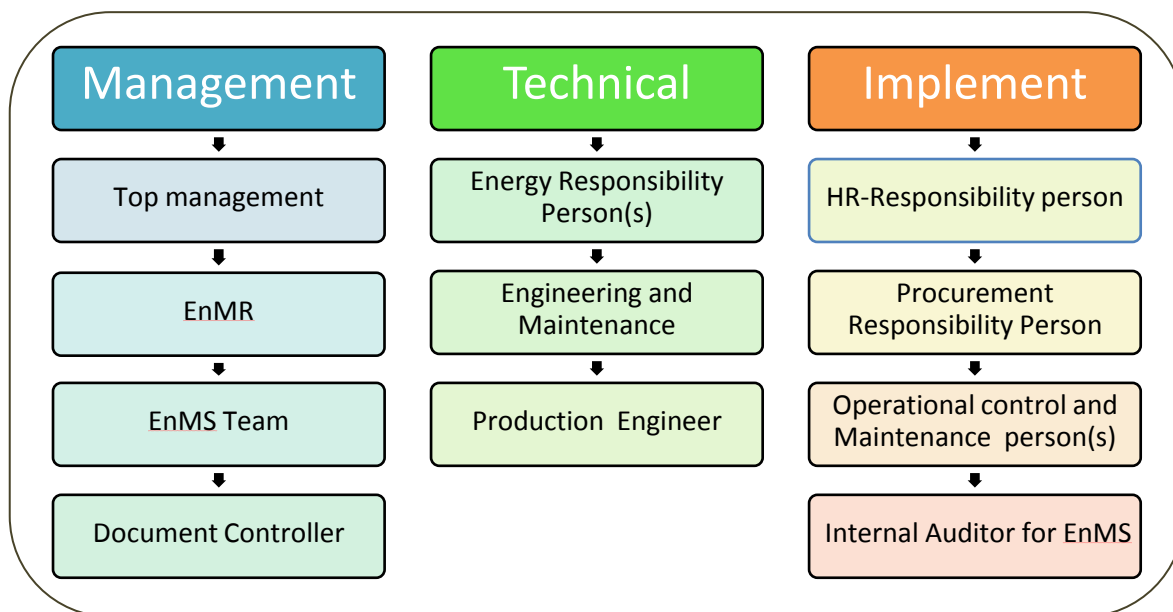
2. ทีมด้านเทคนิค (Technical team)

ทีมด้านเทคนิค คือ ทีมงานที่ประกอบไปด้วยบุคลากรที่เป็นกลไกหลักในด้านการวางแผนพลังงาน(Energy planning) ซึ่งต้องมีความรู้ความเข้าใจในด้านเทคนิคและวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องต่อการใช้พลังงาน ในกระบวนการ เครื่องจักร และอุปกรณ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (Energy responsibility person (s)) ผู้แทนฝ่ายวิศวกรรมและซ่อมบำรุง (Engineering and Maintenance) และวิศวกรฝ่ายผลิต (Production Engineer)

3. ทีมด้านการปฏิบัติการ (Implement Team)

ทีมด้านการปฏิบัติการ คือ ทีมงานที่ประกอบไปด้วยบุคลากรซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติในส่วนที่ตนเองรับผิดชอบในขั้นตอนการนำไปปฏิบัติ(Implementation) ของระบบการจัดการพลังงาน ซึ่งประกอบด้วย ผู้แทนฝ่ายทรัพยากรบุคคล (HR-Responsibility person) ผู้แทนฝ่ายจัดหา (Procurement responsibility person) บุคลากรด้านการปฏิบัติการและซ่อมบำรุง (Operational control and Maintenance person(s)) และผู้ตรวจประเมินภายในระบบการจัดการพลังงาน (Internal auditor for EnMS)

สำหรับรายละเอียดของข้อกำหนดของมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011 แนวทางการปฏิบัติ การจัดทำระบบเอกสาร และตัวอย่างของระบบเอกสาร สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก “คู่มือการพัฒนาต่อยอดการดำเนินการจัดการพลังงานตามกฎหมายประเทศไทยไปสู่ระบบการจัดการพลังงานในระดับสากล ISO 50001” ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หรือ สามารถ Down load คู่มือได้จาก <http://www.energy-quality.com/iso50001>



รูปที่ 2.5 แสดงการจัดบุคลากรและทีมงานในการดำเนินการพัฒนา
มาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001

การตลาดยุคใหม่จะกล่าวถึงในเรื่องของ Green marketing โดยกลยุทธ์ทางการตลาดจะใช้จุดเด่นในเรื่องของการใส่ใจสิ่งแวดล้อมซึ่งถือว่าเป็นกลยุทธ์ทางการตลาดที่สำคัญอย่างหนึ่งในการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กร แน่นอนว่า ISO 50001 ก็เป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์ดังกล่าว เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต รวมไปถึงการขนส่งล้วนปล่อยมลพิษอย่างมากมาย มาตรฐาน ISO 50001 จึงเข้ามาช่วยเหลือด้านการบริหารจัดการด้านพลังงาน โดยเน้นที่ความประหยัดเป็นสำคัญ อีกทั้งพิธีสารเกียวโตมีข้อผูกพันกับประเทศมหาอำนาจ โดยเฉพาะในกลุ่มยุโรป ซึ่งเป็นตลาดที่สำคัญของประเทศไทย ส่งผลให้ประเทศเหล่านั้นเริ่มหามาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หนึ่งในนั้นคือการติดตาม “Carbon footprint”

2.3 Carbon footprint คืออะไร? สำคัญอย่างไร?

“Carbon footprint หรือ CF” หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA: Life cycle assessment) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังจากใช้งาน โดยคำนวณออกมาเป็นรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันชนิดใดที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำก่าจะถือว่ามีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงกว่า ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า

ดังนั้นการเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย เป็นหนทางหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคได้มีส่วนร่วมในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากรูปแบบและวิธีการบริโภคของตน และ

ยังเป็นกลไกทางการตลาดในการกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนาสินค้าที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย การแสดงข้อมูลปริมาณ Carbon footprint บนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้าและกระตุ้นให้ผู้ผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นด้วย

2.3.1 วิธีการและขอบเขตการประเมิน Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์

ใช้หลักการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ LCA ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดเศษซากหลังการใช้งานซึ่งบริษัทผู้ผลิตสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle to grave) หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (Cradle to gate) ได้

อย่างไรก็ตาม ปริมาณ Carbon footprint ของผลิตภัณฑ์สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) การเกิดฝนกรด (Acidification) ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Eutrophication) ความเป็นพิษ (Toxicity) เป็นต้น มาประเมินร่วมด้วย

2.3.2 รูปแบบการประเมิน Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. แบบ Business-to-Consumer: B2C

เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์

2. แบบ Business-to-Business: B2B

เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่องตามที่กำหนดในข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product category rules: PCRs) ซึ่งเป็นกฎเกณฑ์หรือข้อกำหนดที่ถูกกำหนดขึ้นตามแนวทางในการพัฒนาหลักสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 (Type III environmental declarations) และมีความเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น ทั้งนี้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้กำหนด PCRs ไว้ ก็สามารถนำ PCRs ที่พัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน ISO 14025 มาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้

ทั้งนี้การกำหนดรูปแบบการประเมินขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือความต้องการของผู้ประกอบการ ทั้งนี้การประเมินแบบ B2B ซึ่งมีขอบเขตการคำนวณไม่ครบตลอดวัฏจักรชีวิตจะไม่สามารถติด

เครื่องหมาย Carbon Footprint บนผลิตภัณฑ์ได้ แต่สามารถให้ข้อมูลค่าปริมาณ Carbon Footprint แก่ลูกค้าในระบบซัพพลายเชน

2.3.3 ข้อมูลที่ใช้ประเมิน Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์

ข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย ชื่อผลิตภัณฑ์ ขอบเขตกระบวนการผลิต วัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลอื่น ๆ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดต้องได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อย่างน้อย 2 ปี หรือตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ที่แสดงฉลากนั้นอยู่ในตลาด

2.3.4 การคำนวณ Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์

ในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรใช้วิธีการดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data : ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมการผลิตในโรงงานหรือองค์กร หรือ กิจกรรมการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือองค์กรมีอำนาจในการเข้าถึงข้อมูล) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data : ข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือข้อมูลปฐมภูมิ) ต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคูณเข้ากับ emission factor ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้นๆ และบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์
2. แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด
3. ผลกระทบของการเก็บกักคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ (Carbon storage in product: คำนวณเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีช่วงอายุตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไปเท่านั้น) ต้องแสดงในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าแล้วลบด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global warming potential : ประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริงแล้วแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพของการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปีของ IPCC ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์)
4. ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดต้องอยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย โดย
 - 4.1 การประเมินแบบ B2C: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต (รวมช่วงการใช้งาน) โดยให้ระบุแยกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงใช้งานด้วย ซึ่งควรระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือสมมติฐานที่กำหนดขึ้น รวมถึงการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับผู้บริโภคด้วย เช่น การจัดการของเสียหลังจากการใช้งานที่เหมาะสม เป็นต้น
 - 4.2 การประเมินแบบ B2B: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกบางช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ให้คำนวณการปล่อยก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิต ทั้งนี้ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการประเมินแบบ B2B นี้ ไม่ควรเปิดเผยแก่ผู้บริโภคโดยตรง แต่เป็นข้อมูลที่ให้กับองค์กรหรือผู้ผลิต

รายอื่นที่อยู่ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานเดียวกัน ทั้งนี้ ต้องมีการระบุช่วงวัฏจักรชีวิตที่ทำการประเมินไว้อย่างชัดเจนเพื่อให้ผู้ผลิตรายอื่นสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

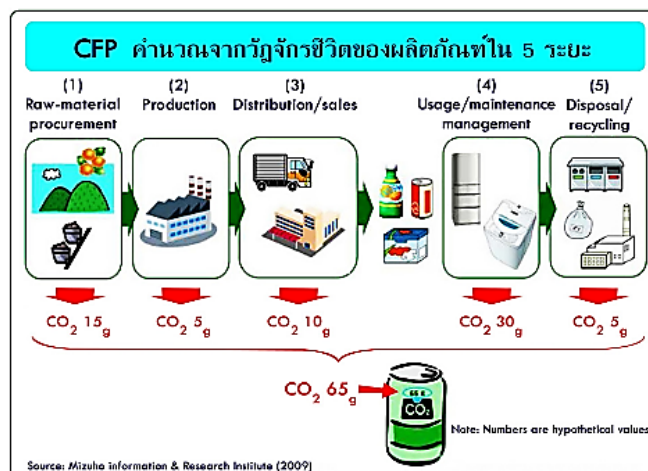
- 4.3 การประเมินแบบอื่นๆ ให้แสดงผลได้ขอบเขตแบบ B2B และ B2C เท่านั้น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินนอกเหนือขอบเขตดังกล่าว สามารถระบุเป็นข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับผู้ใช้อ้างอิง

2.3.5 การแสดงผล Carbon footprint (CF) ของผลิตภัณฑ์

การแสดงผลปริมาณ Carbon footprint บนผลิตภัณฑ์ ควรแสดงด้วยตัวเลข 3 ตัว (Three significant number) เช่น 3.15 kg, 152 g เป็นต้นในกรณีที่มีตัวเลขทศนิยม การปัดเศษตัวเลขดังกล่าวต้องเป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 929-2533 ทั้งนี้ การประเมินแบบ B2B ซึ่งวัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบางช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ไม่สามารถแสดงผลปริมาณ Carbon footprint บนผลิตภัณฑ์โดยตรง แต่สามารถแสดงไว้ในแหล่งอื่น ๆ เช่น เว็บไซต์ หรือเอกสารเผยแพร่ของบริษัท เป็นต้น



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างเครื่องหมาย Carbon footprint ของประเทศต่างๆ



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการคำนวณ Carbon footprint ของผลิตภัณฑ์ ใน 5 ระยะ

ตัวอย่าง Carbon footprint ที่คำนวณได้จากโครงการของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างค่าการคำนวณ Carbon footprint ของผลิตภัณฑ์อาหารและบริการบนเครื่องบิน

รายการ	ข้าว + แองเจียวหวานไก่ + ผัดผัก	ข้าว + มัสมั่นไก่ + ผัดผัก
การได้มาซึ่งวัตถุดิบเบื้องต้น (%)	36.53	34.92
การขนส่ง (%)	0.75	1.01
กระบวนการผลิต (%)	45.61	46.63
การบริโภค (%)	3.16	3.22
การจัดการของเสีย (%)	13.95	14.22
รวม (%)	100.00	100.00
Total carbon footprint (kgCO ₂ eq)	1.39	1.36
น้ำหนักต่ออาหาร 1 ที่ (kg)	0.25	



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างอาหารบนเครื่องบินของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)

2.4 Water footprint คืออะไร? สำคัญอย่างไร

Water footprint (WF) เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนกระทั่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค (Supply chain) สินค้าที่มี Water footprint น้อยย่อมได้รับความสนใจมากกว่าสินค้าที่มี Water footprint มากเพราะมีการใช้น้ำ (Consumption) และทำให้น้ำสกปรก (Pollution) น้อยกว่า

แนวความคิดเรื่อง Water footprint เริ่มขึ้นในปี ค.ศ.2002 โดยศาสตราจารย์ Arjen Y.Hoekstra แห่งประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นแนวคิดที่กำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการคำนวณ Water footprint นอกจากทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นแล้ว ยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำและมลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งนำไปสู่วิธีแก้ไขปัญหาก็เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าและ Supply chain ทั้งระบบ

2.4.1 แหล่งน้ำในการคำนวณ Water footprint มี 3 ประเภท

1. **Green water footprint** เป็นปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินเนื่องจากน้ำฝนที่ถูกใช้ในกระบวนการผลิต
2. **Blue water footprint** เป็นปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่ถูกใช้ในกระบวนการผลิต
3. **Grey water footprint** เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน



ที่มา : <http://www.raw.info/latest/a-life-aquatic-the-link-between-the-food-we-eat-and-our-water-footprint>

2.4.2 ประโยชน์ของ Water footprint

การมีข้อมูล Water footprint ที่ถูกต้องจะช่วยให้ผู้บริโภคและภาคธุรกิจเข้าใจว่าจะต้องทำอะไร เพื่อให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างยั่งยืนและเป็นธรรมมากขึ้น

1. **ผู้ผลิต** การนำกลยุทธ์ลด Water footprint มาใช้จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและสร้างจุดแข็งให้กับบริษัทหรือผลิตภัณฑ์ เพราะแสดงว่าคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคม การลด Water footprint ในการผลิตสินค้ายังช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจโดยตรง และยังเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่ภาครัฐออกกฎข้อบังคับเกี่ยวกับ Water footprint ในอนาคต
2. **ผู้บริโภค** การระบุข้อมูล Water footprint บนฉลากสินค้าจะช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคตระหนักถึงความสำคัญของการใช้น้ำในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด โดยผู้บริโภคอาจหันไปเลือกซื้อสินค้าที่มี Water footprint น้อยแทนสินค้าที่มี Water footprint มาก (เช่น กินเนื้อสัตว์ลดลงแล้วหันมาทานผักเพิ่มขึ้น ดื่มน้ำหรือน้ำชาแทนกาแฟ เป็นต้น) หรือ ผู้บริโภคอาจเลือกซื้อสินค้าแบบเดิมแต่เลือกจากแหล่งผลิตหรือวิธีการผลิตที่มี Water footprint ต่ำกว่าแทน การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคไปในสู่ทางเลือกของสินค้าที่มี Water footprint ต่ำ จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำของโลกและนำไปสู่แนวทางการบริโภคที่ยั่งยืนมากขึ้น

2.4.3 การวางแผนจัดการเรื่องน้ำ

ประเทศต่าง ๆ มักวางแผนการจัดการน้ำแค่เพียงในระดับประเทศเท่านั้น แต่ขาดการวางแผนในเชิงมิติระดับโลก (Global dimension) โดยพยายามลดความต้องการใช้น้ำภายในประเทศและยึดความยั่งยืนของการบริโภคในประเทศเป็นหลัก ส่งผลให้มีความต้องการนำเข้าสินค้าที่ใช้น้ำมาก (Water-intensive products) จากต่างประเทศเพิ่มขึ้น โดยปราศจากการคำนึงถึงว่าสินค้านำเข้านั้นจะก่อให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมหรือมลภาวะทางน้ำต่อประเทศผู้ผลิตอย่างไร ซึ่งเท่ากับว่าเป็นการผลักภาระ Water footprint ออกไปนอกประเทศ ทำให้แรงกดดันด้านทรัพยากรน้ำไปตกอยู่กับประเทศผู้ส่งออกซึ่งมักเป็นประเทศที่ยังขาดกลไกในการจัดการและอนุรักษ์น้ำ ดังนั้นการจัดทำบัญชี National water footprint ขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของสถิติที่เกี่ยวกับน้ำในระดับประเทศ (National water statistic) และใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการน้ำหรือบริเวณลุ่มน้ำทั้งหลาย (River basins) รวมถึงการมีข้อมูล Water footprint ที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้วางนโยบายของประเทศสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในบริเวณใดมากกว่า ซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การคำนวณ Water footprint ยังสามารถนำมาใช้ต่อรองราคาการให้บริการด้านสภาพแวดล้อม (Ecological services) ของสินค้าแต่ละชนิด และสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความยั่งยืน (Sustainability indicator) ที่ใช้ในการกำหนดนโยบายการค้าและการลงทุนทั้งในระดับประเทศและระดับโลก

2.4.4 แนวทางการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอนาคต

1. **การลด Water footprint** ควรจะถูกจัดให้เป็นเป้าหมายหนึ่งทั้งในระดับประเทศ ภาคธุรกิจ และผู้บริโภค โดยภาครัฐควรส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนและสนับสนุนสินค้านำเข้าที่ผนวกเงื่อนไขเกี่ยวกับการใช้น้ำเข้าไว้ด้วย ภาคธุรกิจควรพัฒนาการจัดการทรัพยากรน้ำให้ดีขึ้นและลดความเสี่ยงในการทำลายสภาพแวดล้อม ส่วนผู้บริโภคสามารถเริ่มต้นได้ตั้งแต่ลดการใช้น้ำโดยตรง ลดการทิ้งอาหารอย่างสูญเปล่าและลดการบริโภคสินค้าที่ต้องใช้น้ำมาก เป็นต้น
2. **การติดตามและแสดงร่องรอยของการใช้น้ำ** หรือ “Water footprint” ถือว่าเป็นเรื่องใหม่ที่จะกลายเป็นความท้าทายสำหรับอุตสาหกรรมอาหารในอนาคต การแสดง Water footprint บนฉลากสินค้า ในแง่หนึ่งอาจทำให้ภาคธุรกิจต้องลงทุนเพิ่มขึ้นเพื่อให้การผลิตสินค้ามีการใช้น้ำและมีน้ำเสียลดลง ซึ่งจะเป็นผลดีต่อทรัพยากรน้ำของโลก ในอีกแง่หนึ่งภาคธุรกิจอาจใช้ Water footprint เป็นเครื่องมือในการสร้างจุดเด่นให้กับสินค้าหรือบริษัทว่ามีการคำนึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคม ทำให้สินค้ามีความน่าสนใจมากขึ้นและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า (Value added)
3. **ต้องประเมินผลกระทบของ Water footprint จากแหล่งที่มา** นอกจากจะดูจากปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตสินค้าแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงแหล่งน้ำ (Source of water) ที่เกี่ยวข้องซึ่งแบ่งออกเป็น “Blue water” (น้ำใต้ดิน น้ำผิวดินและน้ำที่มาจากการชลประทาน “Green water” (ปริมาณน้ำฝนที่ระเหยในกระบวนการผลิต) และ “Gray water” (ปริมาณ

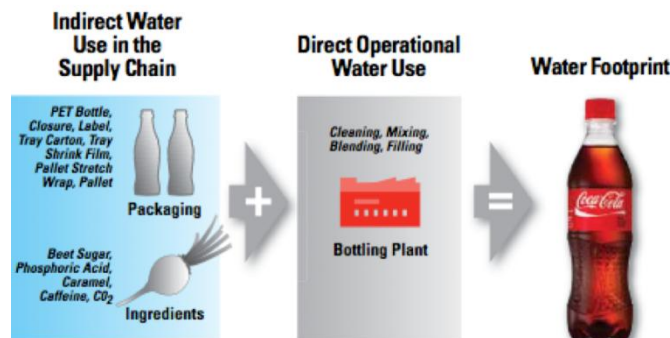
น้ำเสียที่เกิดขึ้น) จึงจะสามารถเปรียบเทียบได้ว่าการผลิตสินค้าในแต่ละแห่งมีผลกระทบต่อการใช้้แตกต่างกันอย่างไร

4. **ต้องพัฒนาเทคนิคการผลิต ข้าวและเนื้อไก่ของประเทศไทย** เนื่องจากเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญและเป็นสินค้าที่ต้องใช้น้ำมากในการผลิตและมี Water footprint สูง (เท่ากับ 3,400 ลิตร และ 3,900 ลิตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) การพัฒนาเทคนิคการผลิตเพื่อให้สินค้าเศรษฐกิจทั้งสองชนิดนี้มีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดการสูญเสียน้ำในระหว่างกระบวนการผลิตและลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพัฒนาผลผลิตต่อหน่วยให้เพิ่มขึ้น จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ไทยสามารถรักษาศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลกเอาไว้ได้ ในขณะเดียวกันก็จะเป็นการผลิตที่ยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว
5. **สหภาพยุโรป (EU)** ให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์น้ำและการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การนำฉลาก Water footprint มาใช้จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้ประกอบการคำนึงถึงการผลิตสินค้าโดยใช้้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด และกระตุ้นให้ผู้บริโภคตระหนักถึงความสำคัญของการใช้้ในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีนโยบายในเรื่องการกำหนดเกณฑ์ Water footprint ของ EU ซึ่งในระยะสั้นแล้วอาจมีโอกาสความเป็นไปได้ต่ำ เพราะ EU ต้องพึ่งพาการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศสูง ซึ่งเท่ากับว่า EU จะถูกโจมตีว่าเป็นตัวการสำคัญในการผลักภาระการใช้้ไปยังประเทศที่สาม นอกจากนี้ วิธีการคำนวณ Water footprint ในปัจจุบัน ยังไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะบ่งบอกถึงผลกระทบจากการใช้้ในแต่ละพื้นที่ ตัวอย่างเช่น สินค้าที่ผลิตในประเทศที่มีปัญหาขาดแคลนน้ำมาก ย่อมส่งผลกระทบรุนแรงกว่าประเทศที่มีแหล่งน้ำอุดมสมบูรณ์ ดังนั้น หาก EU จะนำ Water footprint มาเป็นมาตรฐานวัดความมีประสิทธิภาพการใช้้ของสินค้าที่นำเข้า จึงจำเป็นต้องรวมเอาตัวแปรสิ่งแวดล้อมน้ำ (Water environment) ของแต่ละประเทศเข้าไว้ด้วย ซึ่งข้อมูล Water footprint ในปัจจุบันยังไม่สามารถทำได้ จึงยากที่จะใช้เป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดนโยบายระดับ EU

แต่ทว่ามีความเป็นไปได้สูงที่ภาคเอกชนอาจส่งเสริมการติดฉลาก Water footprint เพิ่มขึ้นในอนาคต เพราะผู้บริโภคใน EU ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการสร้างจุดเด่นและมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าด้วย



ที่มา : <http://insearchofcleanwater.files.wordpress.com/2011/03/virtual-water-use.jpg>



ที่มา : <http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=waterfootprintlabel&group=2>

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการแสดงผลปริมาณการใช้น้ำของสินค้า

การทำ Carbon footprint และ Water footprint ให้กับสินค้าเพื่อเป็นการบ่งบอกถึงระดับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการใช้น้ำตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางได้ผลิตภัณฑ์ จะเป็นเครื่องมือในการจัดการหรือข้อกีดกันทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษีอากร (NBT: Non Tariff Barrier) ในประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา ดังนั้นประเทศไทยอาจจะต้องตระหนักในเรื่องการจัดทำ Carbon footprint และ Water footprint หากจะต้องทำการค้ากับกลุ่มสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา เนื่องจากในปัจจุบันมีหลายประเทศได้นำ Carbon footprint มาใช้แล้ว เช่น สหราชอาณาจักร สาธารณรัฐฝรั่งเศส สวิตเซอร์แลนด์ แคนาดา เยอรมนี สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เกาหลี เป็นต้น ส่งผลให้สินค้านำเข้าจากประเทศไทยถูกร้องขอให้มีการจัดทำ Carbon footprint ด้วย รวมทั้งยังมีแนวโน้มในการนำ Water footprint มาให้เช่นเดียวกับ Carbon footprint ดังนั้นหากประเทศไทยมีการดำเนินโครงการและจัดเก็บข้อมูลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปริมาณการใช้น้ำที่ชัดเจนก็จะช่วยให้มีข้อมูลพื้นฐานสำหรับประกอบการเจรจาต่อรองในเวทีการค้าและการประชุมระดับโลก เพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหามลภาวะโลกร้อนได้มากขึ้นด้วย

นอกจากนี้ ประโยชน์ที่ได้จากการ Carbon footprint, Water footprint และ ISO 50001 คือ เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ ในด้านการประหยัดพลังงานและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ช่วยในการพัฒนาธุรกิจให้สามารถเติบโตได้อย่างยั่งยืน

บทที่ 3

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเคมี

บทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเคมีโดยมุ่งที่ กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ชั้นปลาย ได้แก่ กระบวนการผลิตสีผง กระบวนการผลิตสีเคลือบ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง ได้แก่ กระบวนการผลิตยางรถยนต์ กระบวนการผลิตยางรัดของ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง และอุตสาหกรรมแปรรูปพลาสติก แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ในกลุ่มดังกล่าวมีความหลากหลาย จึงเป็นการยากที่จะอธิบายกระบวนการผลิตเพื่อให้ครอบคลุมอุตสาหกรรมทั้งหมด อย่างไรก็ตามการแสดงตัวอย่างแผนผังกระบวนการที่ได้กล่าวถึงในบทนี้น่าจะเพียงพอที่จะทำให้ผู้ใช้งานคู่มือฉบับนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสถานประกอบการของตน

3.1 กระบวนการผลิตสี

อุตสาหกรรมการผลิตสีจะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไปตามคุณลักษณะ ของผลิตภัณฑ์แต่ละตัว บางผลิตภัณฑ์ก็จะมีเพียงขั้นตอนนำวัตถุดิบมาผสมให้เข้ากัน แล้วบรรจุเป็นสินค้าส่งขายได้เลย แต่บางผลิตภัณฑ์ก็ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนกว่าจะได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป อย่างไรก็ตามถ้าจัดกลุ่มกระบวนการผลิตสี จะพบว่ามีการผลิตหลักที่สำคัญ 4 กระบวนการได้แก่

- 1) **กระบวนการผสมสี** เป็นกระบวนการนำวัตถุดิบต่างๆ เช่น สีผงสำเร็จรูป, Binder, Resin และสารปรับปรุงคุณภาพ มาผสมตามสูตรการผลิตที่ต้องการจุดประสงค์ในขั้นตอนนี้เพื่อ
 - การผสมให้เข้ากัน ซึ่งจะใช้เวลาเร็วรอบของใบกวนไม่สูงนัก
 - การตีให้แตกตัวหรือกระจายตัว จะใช้เวลาเร็วรอบของใบกวนค่อนข้างสูง เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของส่วนผสมต่าง ๆ ที่ดีขึ้น
 - การปั่นให้ละลาย โดยในกระบวนการนี้อาจใช้ความร้อนช่วยในการละลายของส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากันได้ดีขึ้น
- 2) **กระบวนการโม่หรือบดสี** เป็นกระบวนการที่นำวัตถุดิบต่าง ๆ มาผ่านเครื่องบดเพื่อให้ได้ความละเอียดของเนื้อสีตามคุณภาพที่ต้องการ กระบวนการโม่หรือบดจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะได้แก่
 - การบดด้วยลูกกลิ้ง ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ทรงกระบอกมาต่อเรียงกัน เพื่อทำหน้าที่บดส่วนผสมที่เคลื่อนที่ผ่านไปตามช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งดังกล่าว เพื่อให้ส่วนผสมถูกอัดตัวและทำให้ได้ความละเอียดตามความต้องการ
 - การบดด้วยลูกบอล (Ball mill) ซึ่งจะใช้ลูกเหล็กทรงกลม หรือลูก Ceramic ทรงกลม เพื่อทำการบดส่วนผสมต่าง ๆ ให้ละเอียดตามความต้องการ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้การบดลักษณะนี้ที่นิยมใช้กัน ได้แก่ อุปกรณ์ที่เรียกว่า Sand mill
- 3) **กระบวนการทดสอบหรือปรับแต่งคุณภาพ** ในกระบวนการนี้จะเป็นการตรวจสอบคุณภาพรวมทั้งกระบวนการตรวจสอบ คุณภาพ ขั้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เพื่อตรวจสอบ

ลักษณะสี การจับตัวหนาหรือคุณภาพอื่น ๆ ตามคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์แต่ละตัว ในกระบวนการนี้อาจมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไปแล้วแต่ผลิตภัณฑ์หรือโรงงาน เช่น บางครั้งเรียกว่ากระบวนการแต่งสี บางครั้งเรียกว่ากระบวนการปรับแต่งคุณภาพ หรือ บางครั้งก็อาจเรียกว่ากระบวนการเจือจาง เป็นต้น

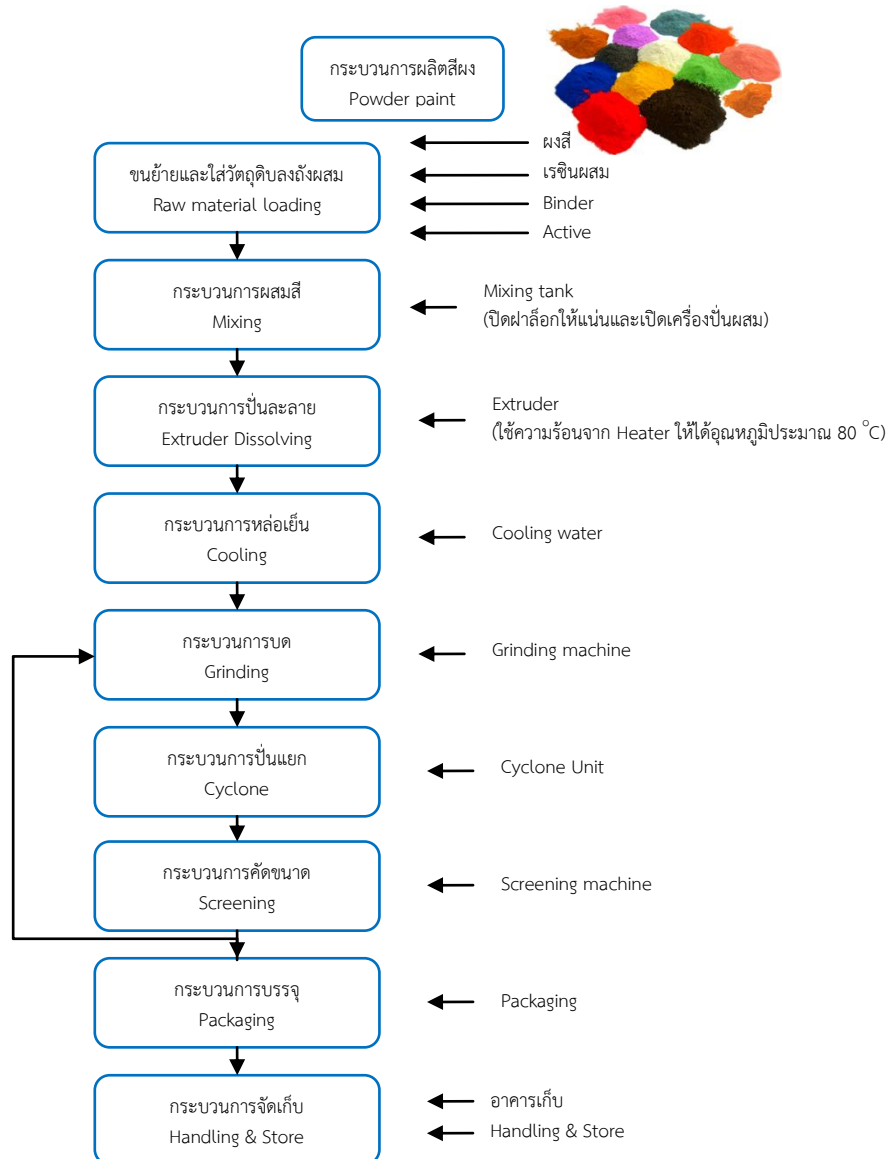
- 4) **กระบวนการบรรจุ** กระบวนการนี้จะเป็นการบรรจุลงภาชนะ หรือบรรจุหีบห่อ รวมทั้งการพิมพ์ข้อมูลการผลิต ซึ่งในกระบวนการนี้ก็จะมีการบรรจุที่แตกต่างไปตามลักษณะของวัตถุประสงค์การใช้งานโดยทั่วไปการบรรจุจะใส่ลงถึงขนาด 20 ลิตร หรือกระป๋องขนาด 1 ลิตร 3 ลิตร หรือ 5 ลิตร นอกจากนี้ก็จะบรรจุลงในกระป๋องสเปรย์ที่อัดแรงดันไว้ด้านในเป็นต้น

ในการผลิตสีแต่ละประเภทไม่จำเป็นต้องดำเนินการครบทั้ง 4 กระบวนการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ บางผลิตภัณฑ์ดำเนินการตามกระบวนการที่ 3 และ 4 เท่านั้น หรือบางผลิตภัณฑ์ก็ดำเนินการเฉพาะกระบวนการที่ 2, 3 และ 4 หรือบางผลิตภัณฑ์ก็ดำเนินการครบทั้ง 4 กระบวนการ เป็นต้น

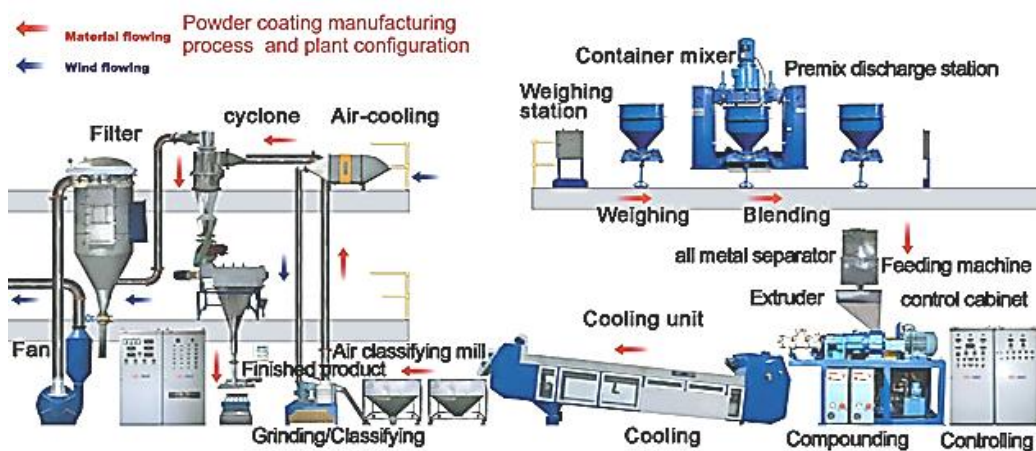
นอกจากกระบวนการทั้ง 4 ดังกล่าวข้างต้น ในอุตสาหกรรมสียังมีการบรรจุที่สำคัญอีกกระบวนการหนึ่งคือการยกและเคลื่อนย้ายวัสดุ ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่ใช้รถฟอร์คลิฟท์ หรือเครนมาช่วยในการปฏิบัติงาน

3.1.1 กระบวนการผลิตสีผงหรือสีฝุ่น (Powder paint)

กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการยกเคลื่อนย้ายผงสี เรซิน สารปรับคุณภาพ และ Binder เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต เทลงในถังผสม จากนั้นปิดล็อกฝาถังให้แน่น แล้วเปิดเครื่องให้ถังผสมหมุนเพื่อให้วัตถุดิบต่าง ๆ ผสมกัน จากนั้นจะนำวัตถุดิบที่ได้มาเข้าเครื่อง เพื่อหลอมให้ส่วนประกอบต่าง ๆ เข้ากัน โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เป็นแผ่นบาง ๆ ส่งไปตามสายพานลำเลียงไปลงถังเก็บเพื่อเตรียมส่งไปยังกระบวนการผลิตลำดับต่อไป สีที่เย็นตัวแล้วจะนำมาผ่านกระบวนการบดให้เป็นผงโดยเครื่องบด และส่งไปยัง Cyclone เพื่อปั่นแยกผงสีออกเป็นขนาดต่าง ๆ กัน ผงสีที่ออกจาก Cyclone จะถูกส่งไปยังเครื่องคัดขนาดเม็ดสี เพื่อแยกเม็ดสีให้ได้ตามคุณภาพที่ต้องการ สีที่ยังไม่ได้ขนาดจะถูกส่งกลับไปยังเครื่องบด เพื่อบดใหม่อีกครั้ง ส่วนสีที่ได้ขนาดแล้วจะส่งไปบรรจุลงภาชนะบรรจุและทำการบรรจุหีบห่อส่งไปเก็บที่คลังเก็บผลิตภัณฑ์ เพื่อจัดส่งให้ลูกค้าต่อไป



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตสีผง



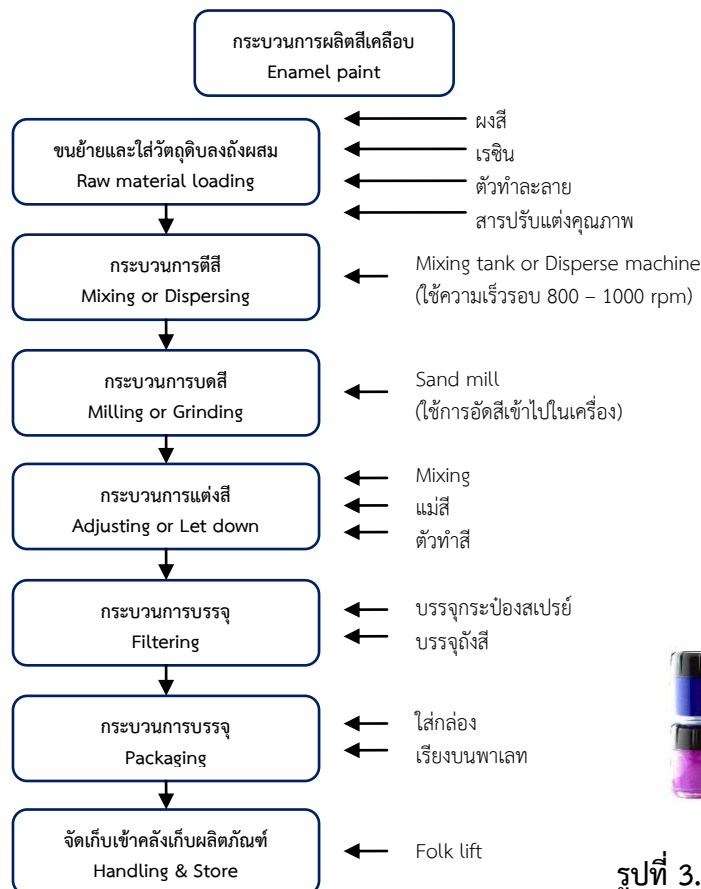
ที่มา : www.made-in-china.com/product/CbhQetqwrKRD/China-Powder-Coating-Production-Line.html

รูปที่ 3.2 Powder coating production line

3.1.2 กระบวนการผลิตสีเคลือบ (Enamel paint)

กระบวนการผลิตสีเคลือบจะเริ่มจากการจัดเตรียมวัตถุดิบ ตามสูตรการผลิต จากนั้นจะใช้ รถฟอร์คลิฟท์หรือเครนยกวัตถุดิบมายังถังผสม วัตถุดิบต่าง ๆ ได้แก่ ผงสี เรซิน ตัวทำละลาย และสารปรับคุณภาพจะถูกเทลงในถังผสม จากนั้นจะเปิดใบกวนเพื่อปั่นให้ส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากัน หลังจากนั้นจึงส่งสีที่ผสมแล้วไปยัง Sand mill เพื่อทำการบดสีให้ได้ความละเอียดของเนื้อสีตามคุณลักษณะที่ต้องการสีที่ผ่านกระบวนการแล้วจะนำมาตรวจสอบคุณภาพและปรับ Shade สีโดยใช้แม่สีหรือนำมาเติมสารปรับคุณภาพ หรือเจือจางด้วยตัวทำละลายเพื่อให้ได้ความหนืดของสีตามต้องการสีที่ได้คุณภาพแล้วจะส่งไปบรรจุที่หน่วยบรรจุ โดยลักษณะการบรรจุที่สำคัญแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- 1) **การบรรจุลงถังบรรจุสี** ซึ่งจะใช้ Pump ลมดันน้ำหนักรวบรวมที่ต้องการไว้ที่หัวบรรจุแต่ละหัว เพื่อให้ปล่อยสีลงกระป๋องตามน้ำหนักที่กำหนดไว้ หรืออาจใช้คั่นโยกเพื่อปล่อยสีบรรจุลงกระป๋องตามขนาดบรรจุที่ตั้งไว้ก็ได้
- 2) **การบรรจุลงกระป๋องสเปรย์** ในกระบวนการนี้จะเริ่มจากการใส่ลูกแก้วลงในกระป๋อง และบรรจุสีลงในกระป๋อง แล้วส่งกระป๋องที่บรรจุสีแล้วไปยังเครื่องบรรจุก๊าซ LPG ที่ผ่านกระบวนการสกัดกลิ่นออกแล้ว เพื่อบรรจุก๊าซ LPG ลงกระป๋องสี จากนั้นจะส่งไปปิดฝาครอบวาล์ว ปิดฝา ติดสติ๊กเกอร์บอกสี และบรรจุในกล่องเพื่อนำไปเก็บที่คลังเก็บผลิตภัณฑ์ เพื่อรอส่งลูกค้าต่อไป



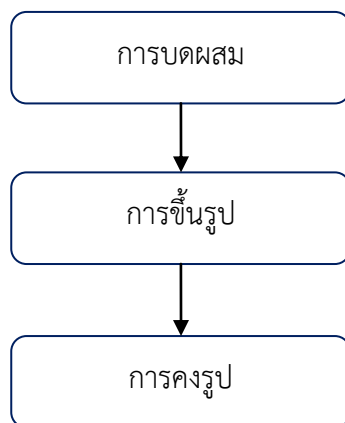
รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตสีเคลือบ

3.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

ผลผลิตยางแปรรูปขั้นต้น จะถูกนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ ผลิตภัณฑ์ยางแต่ละประเภทจะมีขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งก่อนที่จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแต่ละประเภทยัง จะขอกล่าวถึงขั้นตอนในกระบวนการผลิตอย่างกว้าง ๆ ก่อนดังนี้

3.2.1 กระบวนการพื้นฐาน

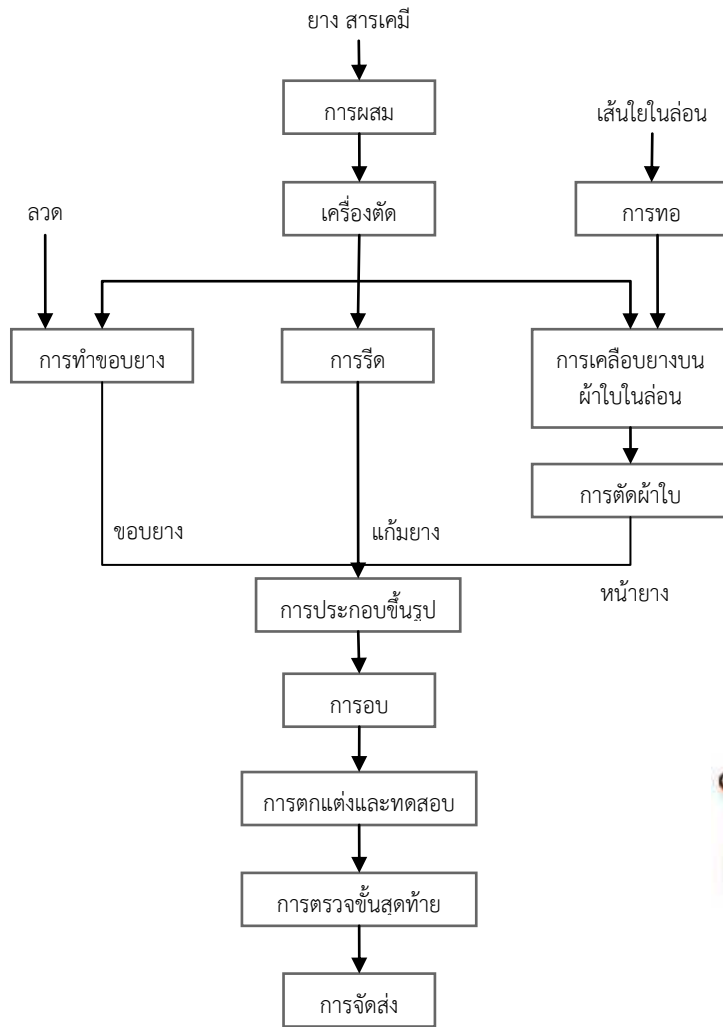
กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 3 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3.4 เริ่มต้นจากการนำวัตถุดิบซึ่งอาจจะเป็น ยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ ทั้งสองชนิดรวมกัน นำมาบดผสมกับสารเคมีอย่างเหมาะสม เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพ ตรงกับความต้องการ หลังจากนั้นก็จะขึ้นรูปส่วนผสมที่ได้ให้เป็นรูปร่างตามที่ต้องการด้วยวิธีการต่าง ๆ ขั้นตอนถัดมาคือการทำให้ยางคงรูป และการตกแต่งผลิตภัณฑ์ ให้เรียบร้อย สวยงาม



รูปที่ 3.4 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

3.2.2 กระบวนการผลิตยางรถยนต์

การผลิตยางรถยนต์เริ่มจากการนำยางดิบและสารเคมีมาบดผสมกันด้วยเครื่องผสมแบบ Banbury ที่ผสมแล้วจะถูกนำไปผลิตขึ้นส่วนสำคัญ 3 ส่วนของรถยนต์ คือ ผ้าใบไนลอน หน้ายางและขอบยาง ผ้าใบไนลอนได้แก่ ส่วนที่เป็นโครงชั้นในของยาง โดยนำเส้นใยไนลอนมาทอเป็นผ้าใบ แล้วผ่านเครื่องอัด ซึ่งเคลือบยางลงบนผ้าใบทั้งสองหน้า ผ้าใบที่เคลือบแล้วจะถูกส่งไปตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ ส่วนของหน้ายาง ได้แก่ ดอกยางที่สัมผัสถนนและแก้มยาง 2 ข้าง ยางส่วนหนึ่งจะส่งเข้าเครื่องรีดออกมาเป็นหน้ายางและอีกส่วนหนึ่งคือขอบยาง ได้แก่ ส่วนของล้อที่ติดดุมโลหะเป็นขอบของแผ่นยาง เป็นส่วนที่ต้องมีความแข็งแรงสูง ขอบยางทำด้วยเส้นลวดที่มีความเหนียวพิเศษ พันตามจำนวนรอบที่ออกแบบและหุ้มด้วยยาง ส่วนประกอบทั้งสามจะประกบกันบนแบบผ้าใบจะเป็นโครงด้านในและปิดด้วยหน้ายางและขอบยางทางด้านข้าง จากนั้นจะถอดแบบออกใส่ยางลงใน Mold เมื่อ Mold ปิดยางจะได้รับแรงอัดตามรูปร่างที่ต้องการและได้รับความร้อนจากไอน้ำที่ไหลใน Mold จนยางสุก ล้อยางที่ได้จะนำมาตกแต่งผิวให้สวยงามและผ่านการตรวจสอบขั้นสุดท้ายอีกครั้ง



ก.ผังกระบวนการผลิต

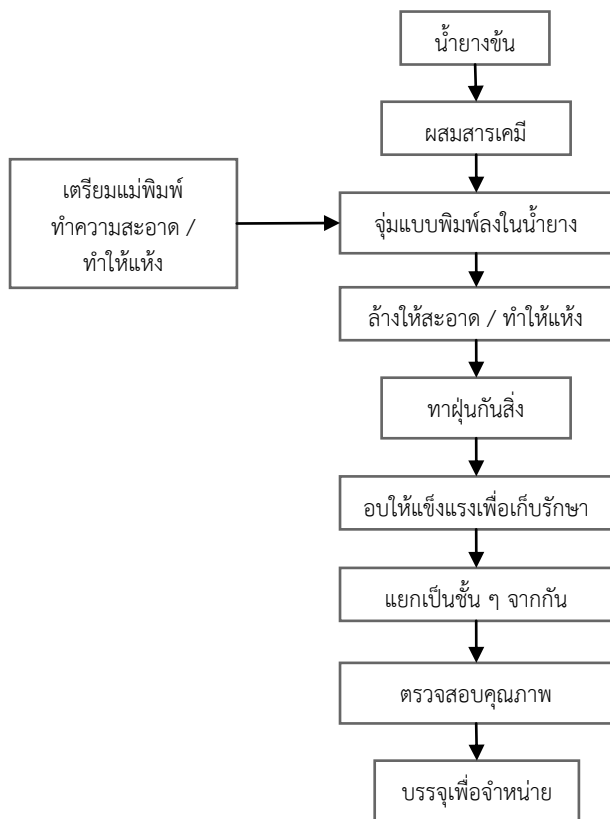


ข.เครื่องจักรในการผลิตยางรถยนต์

รูปที่ 3.5 กระบวนการผลิตยางรถยนต์

3.2.3 กระบวนการผลิตถุงมือยาง

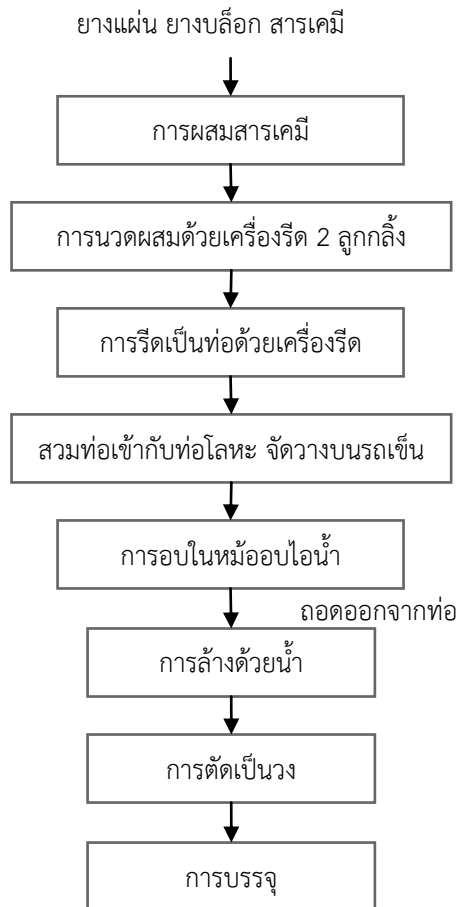
ในกระบวนการผลิตถุงมือยาง น้ำยางชั้นจะถูกเตรียมโดยผสมสารเคมี Mold รูปร่างที่ผ่านการทำความสะอาดและเป่าแห้งแล้วจะจุ่มลงในน้ำยางแล้วทำความสะอาด นำเข้าอบให้คงรูป การอบมีทั้งแบบที่ใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าและแบบที่ใช้ไอน้ำ จากนั้นนำไปตรวจสอบคุณภาพและบรรจุเพื่อจัดจำหน่าย



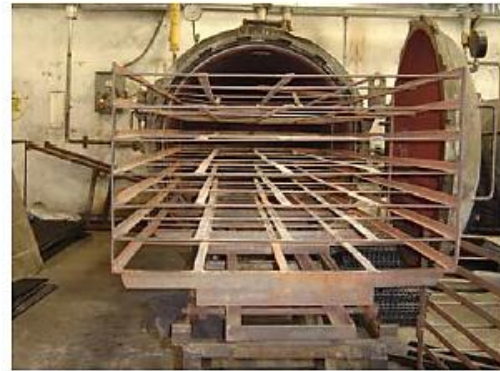
รูปที่ 3.6 กระบวนการผลิตถุงมือยาง

3.2.4 กระบวนการผลิตยางรัดของ

ยางรัดของที่ผลิตกันมี 2 เกรด คือ ยางแก้วและยางแป้ง ยางแก้วจะมีส่วนผสมยางธรรมชาติประมาณ 90 % มีลักษณะใส คงทนและยืดหยุ่นสูง ส่วนยางแป้งจะมีส่วนผสมยางธรรมชาติน้อยมีลักษณะขุ่นและคงทนน้อยกว่ายางแก้วมีหลายสี ในขั้นตอนการผลิตยางและส่วนผสมจะถูกผสมด้วยเครื่องผสมแบบเปิดจากนั้นจะรีดด้วยเครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two roll mill) 2-3 ชั้นจนเป็นเส้นเล็กยาวแล้วป้อนเข้าเครื่องรีดออกมาเป็นท่อยาว นำท่อยางมาสวมเข้ากับท่อโลหะจัดเรียงบนรถเข็นแล้วนำเข้าตู้อบ อบด้วยไอน้ำประมาณ 3 นาที ใช้อุณหภูมิประมาณ 140 °C เมื่อออกจากตู้อบจะถอดยางออกจากท่อโลหะนำไปฉีดล้างน้ำและเข้าเครื่องตัดเป็นวง ๆ



ก. ผังการผลิตยางรัดของ



ตู้อบยาง



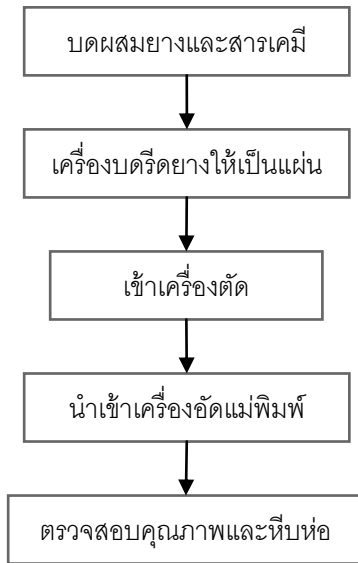
หม้อไอน้ำ

ข. ตู้อบยาง และหม้อไอน้ำในโรงงานผลิตยางรัดของ

รูปที่ 3.7 กระบวนการผลิตยางรัดของ

3.2.5 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง

ชิ้นส่วนยางมีมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นส่วนยางสำหรับยานยนต์ ซึ่งมีผลิตภัณฑ์มากในบ้านเรา และชิ้นส่วนยางที่ใช้กับเครื่องจักร เช่น ปะเก็น สายพาน ฯลฯ มีกรรมวิธีการผลิตเริ่มต้นเหมือนผลผลิตอื่นๆ คือ บดผสมยางตามสูตรของโรงงานด้วยเครื่องผสมแบบปิด แล้วผ่านเครื่องรีดยางแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two roll mill) นำยางที่ผสมแล้วไปขึ้นรูป ถ้าเป็นชิ้นงานเป็นชิ้นก็มักจะใช้การอัด (Compression molding) ยางถูกเติมลงใน Mold ที่วางอยู่ระหว่างเพลต 2 เพลต ซึ่งชุดใดชุดหนึ่งเคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดันไฮดรอลิก เมื่อ Mold ที่ใส่ยางแล้วถูกเลื่อนเข้ามาในเพลต เพลตด้านบนจะอัดลงมาทำให้ยางได้รับความดันสูง ขณะเดียวกันในเพลตทั้งสองจะมีฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่คอยรักษาอุณหภูมิ Mold ไว้ ทั้งไวัระยะหนึ่งจนยางสุกดี เพลตจะเปิดออกและนำชิ้นงานออกจาก Mold ชิ้นงานที่เป็นเส้นยาว เช่น ท่อยาง ยางขอบกระจกจะใช้เครื่องรีดอัดยางผ่านหัวดายให้มีรูปแบบตามต้องการแล้วจัดขึ้นรถเข็นนำเข้าสู่ตู้อบไอน้ำ เช่นเดียวกับการผลิตยางรัดของ



ผังกระบวนการผลิตและตัวอย่างชิ้นส่วนยาง



โรงงานผลิตชิ้นส่วนยาง

รูปที่ 3.8 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง

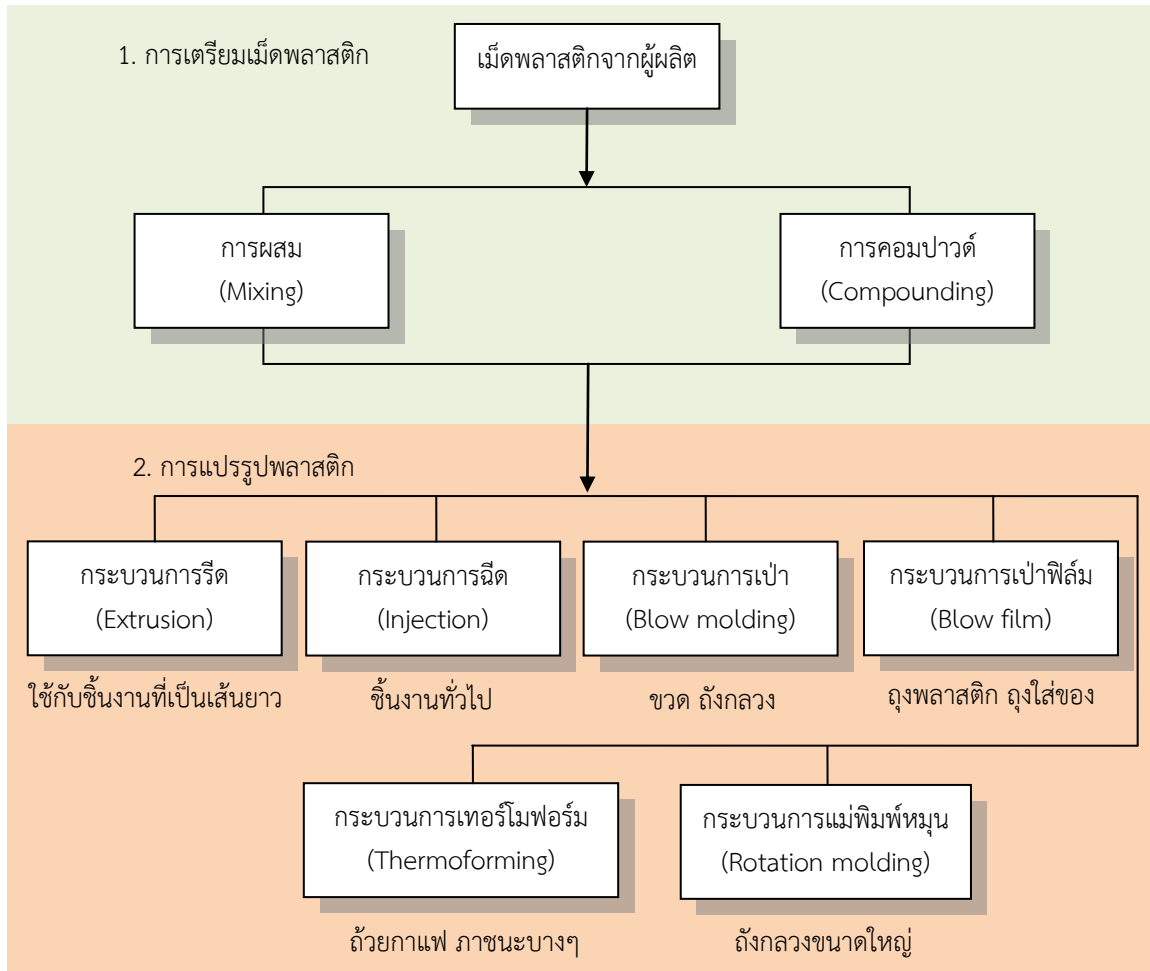
3.3 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเครื่องจักรเป็นเครื่อง ๆ ทำงานเสร็จในเครื่องเดียว ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

- 1) ขั้นตอนการเตรียมเม็ดพลาสติก
- 2) ขั้นตอนการแปรรูปพลาสติก

ขั้นตอนการเตรียมเม็ดพลาสติก ได้แก่ การเติมสารเติมแต่ง (Additives) บางอย่างเข้ากับเม็ดพลาสติก ก่อนนำไปแปรรูป เครื่องจักรที่ใช้มักเป็นเครื่องผสม หรือกวนให้เข้ากัน ขณะที่ขั้นตอนการแปรรูปจะเป็นการให้

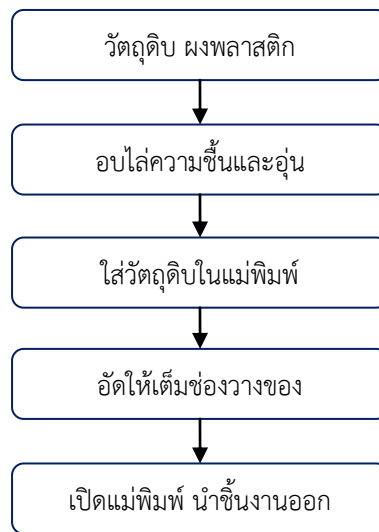
ความร้อนและแรงอัดให้พลาสติกขึ้นรูปตาม Mold และปล่อยให้เย็น ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้จะขึ้นกับลักษณะของ
ชิ้นงาน เช่น ถ้าเป็นถุงพลาสติกต้องใช้การเป่าเป็นฟิล์มบาง ๆ (Blow film) ถ้าเป็นชิ้นงานทั่ว ๆ ไป มักใช้การฉีด
(Injection molding) หรือถ้าชิ้นงานกลวง เช่น ขวด หรือถังน้ำ ก็ต้องใช้การเป่า (Blow molding) เป็นต้น



รูปที่ 3.9 แผนผังกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

3.3.1 กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกโดยแรงอัด (Compression molding)

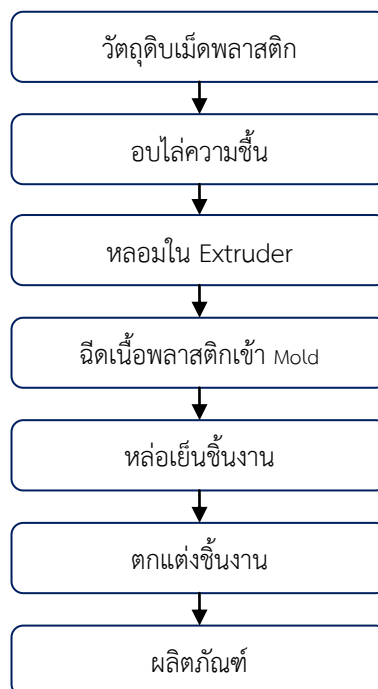
เป็นการขึ้นรูปโดยการนำผงพลาสติกที่แข็งตัวมาอัดใน Mold ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในกระบวนการนี้ คือ ผงเมลามีน โดยเริ่มจากนำผงพลาสติกมาชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการ จากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นและเป็นการอุ่นวัตถุดิบก่อนเข้า Mold จากนั้นนำไปใส่ Mold พอเริ่มปิด Mold อัดให้พลาสติกแพร่ตัวไปตามช่องว่างของ Mold จะเริ่มซาลง เพื่อให้พลาสติกได้รับความร้อนจาก Mold ได้ทั่วถึงยิ่งขึ้น เมื่อถึงตำแหน่งสุดท้ายจะถึงช่วงเวลาแข็งตัวของพลาสติกเองโดยไม่ต้องใช้น้ำเย็น จากนั้นก็เปิด Mold นำชิ้นงานออก



รูปที่ 3.10 แผนผังกระบวนการ Compression molding

3.3.2 กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection molding)

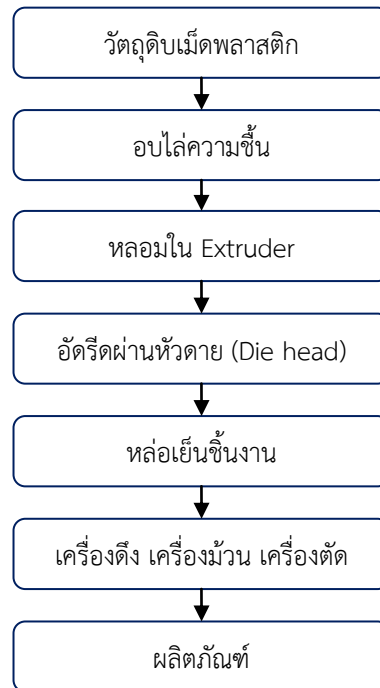
เป็นกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยจะเริ่มจากวัตถุดิบเป็นเม็ดพลาสติกหรือเป็นผงใส่ลงในกรวยเติม จะถูกเกลียวหนอนหมุนส่งไปยังด้านหน้าของกระบอกสูบ ซึ่งมีแผ่นความร้อนไฟฟ้า (Electrical Heater) ทำให้พลาสติกหลอมเหลวหลังจากนั้นจะเคลื่อนเกลียวนอกให้ดันพลาสติกผ่านหัวฉีดไปเข้า Mold ซึ่งปิดอยู่ Mold ซึ่งจะมีการหล่อเย็นด้วยน้ำเย็นที่ผลิตจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพื่อให้ชิ้นงานเย็นและแข็งตัว สามารถถอดออกจากแบบได้ในระยะเวลาสั้น จากนั้นจะส่งไปตกแต่งชิ้นงานต่อไป



รูปที่ 3.11 แผนผังกระบวนการผลิต Injection molding

3.3.3 กระบวนการอัดรีดขึ้นรูป (Extrusion)

เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ยาวต่อเนื่องกันไม่รู้จบจากวัตถุดิบเป็นเม็ดพลาสติกหรือเป็นผงซึ่งพลาสติกจะถูกหลอมเหลวและถูกอัดรีดผ่านหัวตาย ชิ้นงานที่ได้จะถูกทำให้เย็นโดยชุดหล่อเย็น แล้วเคลื่อนที่ตัวไปโดยเครื่องดึง เครื่องม้วนหรือเครื่องตัด



รูปที่ 3.12 แผนผังกระบวนการผลิต Extrusion

กลุ่มกระบวนการอัดรีดขึ้นรูป ที่สามารถจัดเข้าด้วยกันได้ประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

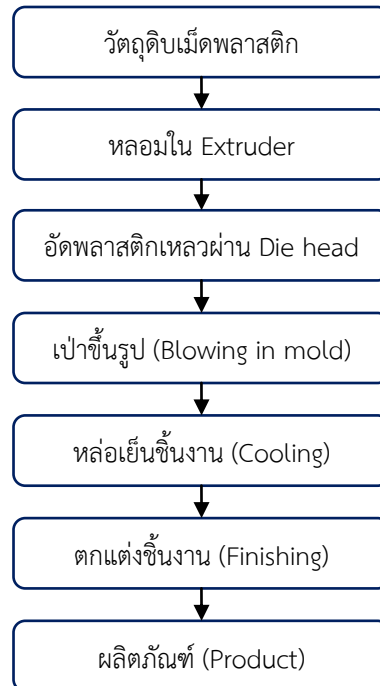
- Blown film extrusion
- Film extrusion
- Sheet extrusion
- Pipe/tube extrusion
- Profile extrusion
- Tape yarn/Filament extrusion

3.3.4 กระบวนการเป่าขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก (Blow molding)

1) กระบวนการ Blow molding

เป็นการเป่าขึ้นรูปขวดพลาสติก โดยเริ่มจากวัตถุดิบ คือ เม็ดพลาสติกชนิด HDPE (ส่วนใหญ่), PP, PE เป็นต้น นำมาหลอมใน Extruder โดยใช้ความร้อนจาก Heater ไฟฟ้าจากนั้นสกรูจะอัดพลาสติกเหลว โดยใช้หลักการขับเคลื่อนสกรูและการปิด-เปิด Mold ด้วยระบบ Hydraulics ส่งผ่านหัวตาย (Die head) ออกมาเป็นลักษณะทรงกระบอก จากนั้น Mold จะเคลื่อนตัวมาประกบแล้วเป่าลมโดยใช้อากาศอัด เพื่อให้เนื้อพลาสติกขยายเต็มตาม Mold

เมื่อเต็ม Mold แล้วจะมีน้ำเย็นจาก Chiller ไหลมาหล่อเย็น เพื่อให้ชิ้นงานแข็งตัวคงรูปตาม Mold ที่ต้องการ



รูปที่ 3.13 แผนผังกระบวนการผลิต Blow molding

2) กระบวนการ Stretch blow molding

เป็นกระบวนการผลิตขวดบรรจุภัณฑ์เหมือนกัน ซึ่งการขึ้นรูปแบบนี้จะเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ ภาชนะพลาสติก เพราะมีความหนาเฉลี่ยที่แน่นอน และยังลดค่าใช้จ่ายในการผลิตเพราะเกิดของเสียน้อย และยังได้ภาชนะที่ไม่มีตะเข็บรอยต่อตรงคอและก้นของภาชนะ จึงทำให้มีคุณภาพสูงกว่าการขึ้นรูปแบบ Blow molding ซึ่งการขึ้นรูปแบบ Stretch blow Molding จะแบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็น 2 ส่วน คือ การฉีดเพื่อให้เป็น Pre-form ที่ได้ไปเข้าสู่ขั้นตอนการ Stretch blow เพื่อขึ้นรูปตาม Mold ต่อไป

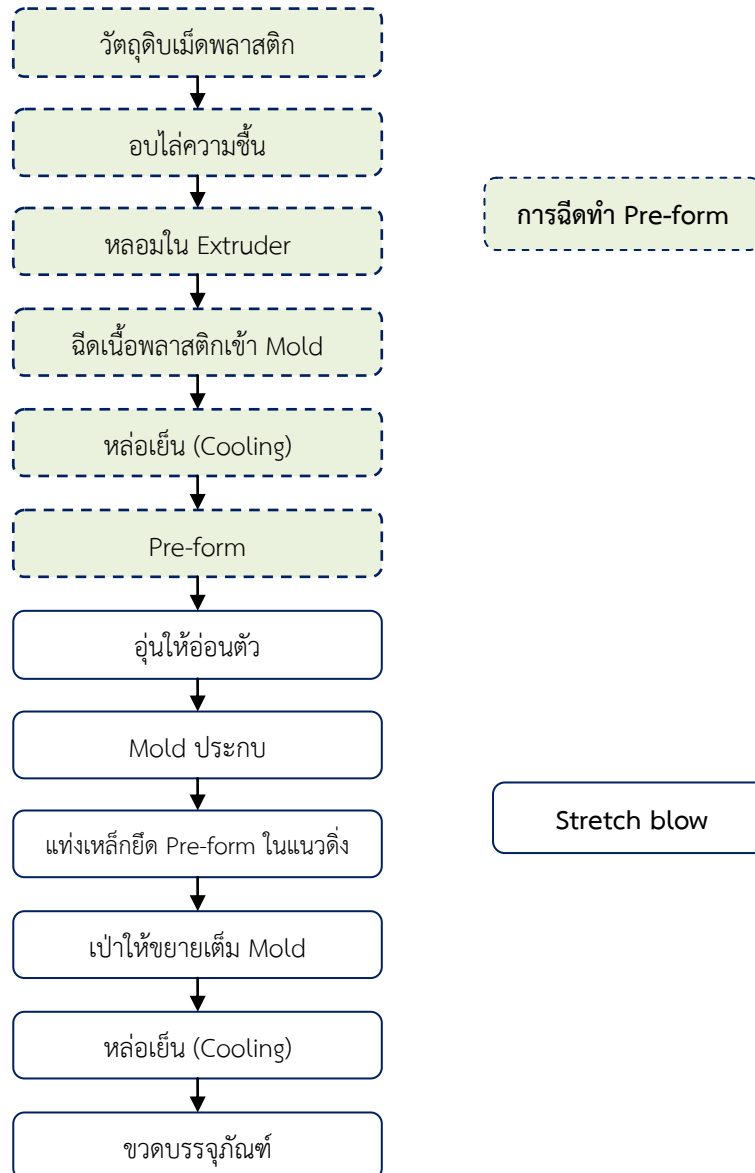
2.1 การฉีด (Injection molding)

ใช้หลักการขับเคลื่อนสกรูและการปิด-เปิด Mold ด้วยระบบ Hydraulics หรือใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เริ่มจากวัตถุดิบเม็ดพลาสติก นำไปหลอมใน Extruder โดยใช้ความร้อนจาก Heater ไฟฟ้า จากนั้นสกรูจะอัดส่งผ่านหัว Nozzle ผ่าน Runner เข้าสู่ Mold (ซึ่งการผลิต Pre-form ส่วนใหญ่จะใช้ Hot runner เพื่อลดปริมาณของเสีย) เมื่อเนื้อพลาสติกไหลเข้าเต็ม Mold จะมีน้ำเย็นจาก Chiller ไหลผ่าน Mold เพื่อให้ชิ้นงานเย็นและแข็งตัว จากนั้น Mold จะเปิดออกเพื่อนำชิ้นงานออก

2.2 การ Stretch blow

การเป่าขึ้นรูปขวดโดยใช้วัตถุดิบคือ Pre-form จากการฉีดนำมาอุ่นให้ Pre-form อ่อนตัว จากนั้น Mold จะมาประกบแล้วจะมีแท่งเหล็กกดก้นตัว Pre-form ให้ยัดลง

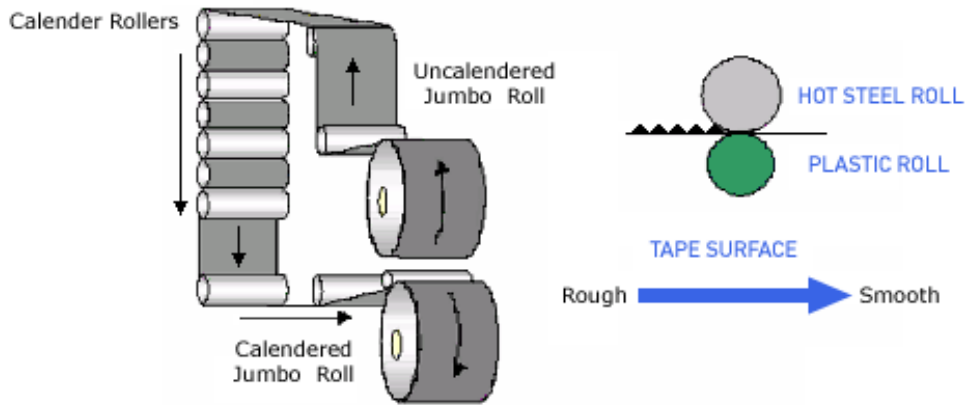
ในแนวดิ่งแล้วทำการเป่าให้ขยายเต็ม Mold จากนั้นจะมีน้ำเย็นไหลผ่าน Mold เพื่อให้
ขวดแข็งตัวคงรูป แล้วเปิด Mold ปลอ่ยขวดออกมาเป็นอันเสร็จสิ้น



รูปที่ 3.14 แผนผังกระบวนการผลิต Stretch blow molding

3.3.5 กระบวนการรีดพลาสติกแผ่น (Calendering process)

เป็นการขึ้นรูปโดยให้พลาสติกไหลผ่านลูกรีดสองลูกหรือมากกว่าจนได้แผ่นพลาสติกยาวต่อเนื่อง งานรีดมีกรรมวิธีพิเศษในการผลิตแผ่นฟิล์ม PVC เนื่องจากแผ่นฟิล์ม PVC มีคุณสมบัติในการใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มแล้วยังสามารถทำเป็นแผ่นแข็งหรืออ่อนที่เหมาะสมสำหรับใช้ในสำนักงาน หรือใช้เป็นวัสดุตกแต่งต่างๆ โดยปกติจะใช้รีด 4-5 ลูก



รูปที่ 3.15 ภาพแสดงกระบวนการ Calendering

3.3.6 กระบวนการขึ้นรูปโดยการหมุน (Rotational molding)

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยวิธีหมุน เหมาะสำหรับผลิตชิ้นงานภายในวงขนาดใหญ่ ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่ไม่มีความเค้น ผิวงานเรียบร้อย ระยะเวลาการผลิตต่ำและมีความหนาสม่ำเสมอ หลักการทำงานของกระบวนการขึ้นรูปแบบนี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) **การใส่วัตถุดิบ (Loading)** วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกพวกเทอร์โมพลาสติก อาจจะมีลักษณะเป็นของเหลวหรือเป็นผงก็ได้ นำมาใส่เข้าไปใน Mold หลังจากนั้นปิดฝาประกบ Mold
- 2) **การขึ้นรูปหรือการหลอมละลาย (Molding or Curing)** ย้าย Mold เข้าไปยังห้องร้อนเพื่อนำไปหมุนสองแกนพร้อมทั้งให้ความร้อนเพื่อให้พลาสติกเหลวและไหลเกลี่ยไปตามผิวภายในของ Mold จนทั่วถึงด้วยแรงโน้มถ่วง (ไม่ใช่แรงเหวี่ยง)
- 3) **การทำให้เย็น (Cooling)** ย้ายไปยังห้องเย็นโดยอาจจะใช้อากาศเย็นหรือน้ำเย็นพ่นใส่ Mold โดยที่ Mold จะต้องยังคงหมุนอยู่เพื่อลดการหดตัวของชิ้นงานขณะทำการหล่อเย็น
- 4) **การนำเอาชิ้นงานออก (Unloading)** จากนั้นเมื่อชิ้นงานแข็งตัวและคงรูปแล้ว ก็สามารถเปิด Mold ออก เพื่อนำชิ้นงานออกได้



รูปที่ 3.16 แผนผังกระบวนการผลิต Rotational molding

3.3.7 กระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อน และการอัดแผ่น (Thermoforming & Laminating)

กระบวนการ Thermoforming และ Laminating เป็นกระบวนการที่ต่อจาก Sheet/Film extrusion ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้จะเป็นผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ Sheet/Film Extrusion เป็นลักษณะ Secondary process

1) การขึ้นรูปด้วยความร้อน (Thermoforming)

เป็นการขึ้นรูปโดยใช้ความร้อนกับแผ่นฟิล์ม หรือแผ่นพลาสติกจนถึงอุณหภูมิอ่อนตัวแล้ว ใช้แรงบังคับให้แนบกับ Mold ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นการใช้แรงดึงดูดของสุญญากาศ (Vacuum forming) หรือใช้ลมอัด (Blow forming) หลังจากนั้นต้องทำให้เย็น เพื่อขึ้นงาน คงรูปไว้ตามแบบของ Mold

2) การขึ้นรูปด้วยการอัดแผ่น (Laminating)

เป็นการเคลือบหรืออัดชั้นมีหลายวิธี เช่น การเคลือบแบบผง การเคลือบแบบใช้ไฟฟ้าสถิต การเคลือบแบบใช้ความร้อน เป็นต้น หลักการคือการใช้พลาสติกเหลวเคลือบไปบนวัสดุ แล้วแต่ความหนาที่ต้องการอาจจะเป็นการเคลือบบนกระดาษ พลาสติกด้วยกัน หรือผ้า ก็ได้ ประโยชน์ที่นำไปใช้เพื่อให้วัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้น กันน้ำหรือความชื้นได้ ป้องกันรอยขีดข่วน เป็นต้น

3.4 รายการอุปกรณ์หลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต

3.4.1 กระบวนการผลิตสี

1) ถังผสม (Mixing tank)

Mixing tank หมายถึง ถังที่ใช้สำหรับการผสม ภายในติดตั้งใบกวน (Agitator) เพื่อการผสม ส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันหลายประเภทขึ้นอยู่กับงานนำไปใช้งาน เช่น แบบชุดผสมติด ด้านบน แบบสวิง แบบชุดผสมติดด้านล่าง และแบบชนิดที่หมุนวน 1, 2, 3 ชั้น พลังงานที่ใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ใบกวน หรือ Heater

แบบชุดผสมติดด้านบน



แบบสวิง



แบบชุดผสมติดด้านล่าง



MIXING TANK แบบ 1, 2 และ 3 ชั้น ชนิดหมุนด้วยฉนวน



MIXING TANK FOR PAINTING SYSTEM



ที่มา : <http://www.lv-evelopment.com/312.html>

รูปที่ 3.17 Mixing tank

2) การบด (Grinding or Milling)

เป็นการบดวัตถุที่ผ่านการบดหยาบมาแล้ว ให้มีขนาดของอนุภาคเล็กลงจนถึงขั้นละเอียดมาก (Pulverization) โดยการใช้การกระทบ กระแทก และการเสียดสีกันระหว่างวัตถุดิบ ตัวลูกบด (Grinding media) และตัวบุผนังของหม้อบด (Lining) การที่เราจำเป็นต้องบดอนุภาคของวัตถุดิบให้มีขนาดละเอียดมาก (ต่ำกว่า 60 ไมครอนลงไป) ก็เพื่อที่จะให้ได้คุณสมบัติต่าง ๆ ตามที่เราต้องการ พลังงานที่ใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อน เราสามารถแบ่งวิธีการบดละเอียดได้ตามอุปกรณ์และหลักการในการบด (Milling) ได้ดังนี้

1. **Ball mill** เป็นการบดวัตถุโดยใช้หลักการหมุนของหม้อบด โดยมีลูกบดอยู่ภายใน สามารถแบ่งได้เป็น การบดแบบเป็นครั้งคราว (Batch mill) และการบดแบบต่อเนื่อง (Continuous mill) โดยการบดทั้งสองแบบนี้ สามารถบดวัตถุได้ทั้งแบบเปียก (Wet milling) และแบบแห้ง (Dry milling)
2. **Attrition mill** เป็นการบดวัตถุดิบให้มีความละเอียดมาก และมีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคต่ำ โดยอนุภาคที่ได้จากการบดโดยใช้ Attrition mill นั้นจะมีขนาดต่ำกว่า 1 ไมครอน (ขึ้นกับขนาดของวัตถุดิบตั้งต้น ความแข็งของวัตถุดิบ ชนิดและปริมาณของลูกบด เวลาในการบด)
3. **Jet mill** เป็นการบดโดยไม่ใช้ลูกบดแต่อาศัยการบดกันเองของวัตถุดิบที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
4. **Vibro mill or Vibration mill** เป็นเครื่องมือบดที่อาศัยการสั่นให้แท่งเหล็กที่ใช้บด กระแทกเข้ากับวัตถุดิบ รวมทั้งการกระทบกันเองของวัตถุดิบเองด้วย
5. **Pendulum mill** เป็นเครื่องบดวัตถุดิบแบบแห้ง โดยมีหัวค้อนตีในแนวนอนขนาด กับพื้นโลก และใช้การคัดขนาดด้วยลม
6. **Edge runner, Muller mill** เป็นเครื่องบดที่ใช้ล้อเหล็กหรือล้อหินขนาดใหญ่หมุนไปในถาดขนาดใหญ่ ซึ่งน้ำหนักของล้อจะเป็นตัวกดเพื่อให้วัตถุดิบย่อยเป็นขนาดเล็ก



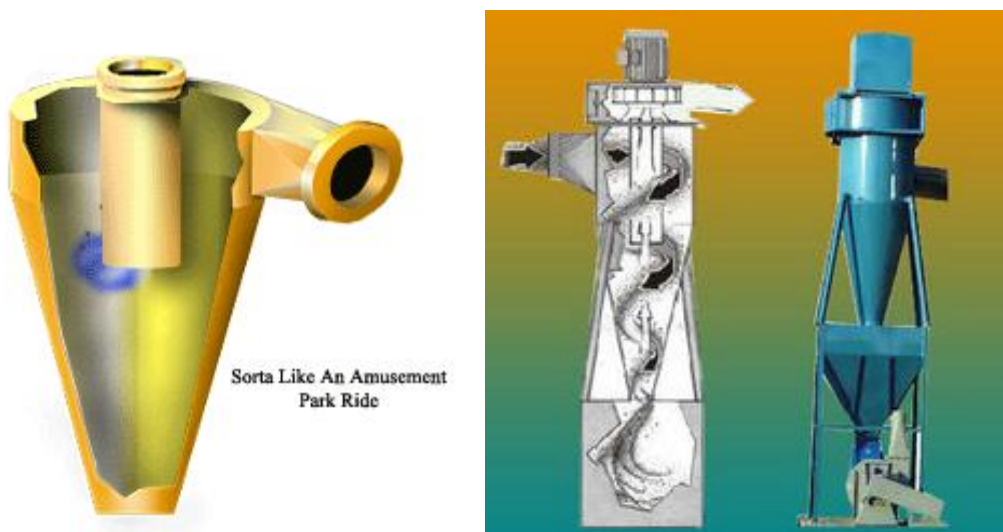
ที่มา : http://www.alibaba.com/productfree/12162989/Sand_Mill_For_Paint_Ink.html

รูปที่ 3.18 Sand mill สำหรับอุตสาหกรรมสี

3) เครื่องมือแยกอนุภาคไซโคลน (Cyclone separator)

ไซโคลนเป็นเครื่องมือสำหรับแยกอนุภาคขนาดใหญ่ออก จากกระแสของไหลโดยใช้แรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการทำให้กระแสของไหลหมุนวน (Vortex) เนื่องจากรูปร่างลักษณะของไซโคลน กระแสที่ไหลเข้าสู่ไซโคลนตามแนวสัมผัสหรือตามแนวแกนโดยผ่าน Vanes ไม่ว่ากรณีใด

การทำงานของไซโคลนขึ้นกับความเฉื่อย (Inertia) ของอนุภาคที่จะเคลื่อนในแนวเส้นตรง เมื่อของไหลเปลี่ยนทิศทางหนีแรงศูนย์กลางจะเหวี่ยงอนุภาคไปยังผนังของไซโคลน และเคลื่อนลงถึงพัก ไซโคลน ประกอบด้วยส่วนรูปทรงกระบอก และมีปลายเป็นรูปโคน (ดูรูป 3.19) อากาศเคลื่อนเข้าสู่ไซโคลนในแนวสัมผัสที่ใกล้ส่วนบนของเครื่องด้วยความเร็วประมาณ 20 ถึง 30 เมตรต่อวินาที เมื่ออากาศผ่านเข้ามาด้านในจะเกิดกระแสนวน (เรียกว่า Main vortex) ขึ้น ซึ่งทำให้เกิด แรงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงอนุภาคไปยังผนังของไซโคลน เมื่อกระแสนวนนี้เคลื่อนที่ลงจนถึงเกือบปลายโคน อากาศจะหมุน กลับเป็นกระแสนวนที่เล็กกว่าเดิมเรียกว่า Core vortex และเคลื่อนที่ไปตาม ตัวไซโคลนจนออกไปทางท่อออก (Vortex finder) ที่อยู่ส่วนบนของเครื่อง นั่นคือมีกระแสนวน 2 ชั้น เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกัน สำหรับอนุภาคที่ถูกเหวี่ยงไปยังผนังของไซโคลนจะเคลื่อนที่ลงไปยังส่วนปลาย ของ โคนไป ยังถึงพัก เนื่องจากแรงเฉื่อยและแรงถ่วง ส่วนอากาศที่ไม่มีอนุภาค จะหมุนขึ้นผ่านท่อออก ที่อยู่ส่วนบน ของไซโคลน



ที่มา : <http://www.indiamart.com/perkinsthermalsystems/new-items.html>

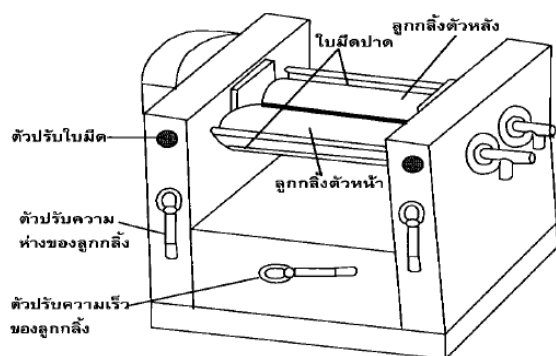
http://www.neutron.rmutphysics.com/teachingglossary/index.php?option=com_content&task=view&id=7588&Itemid=12

รูปที่ 3.19 Cyclone separator

3.4.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

1) เครื่องบดผสมระบบเปิด (Open mill mixer)

เครื่องบดระบบเปิดประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูก เรียงในแนวนอนและขนานกันจึงมักมีชื่อเรียกว่า Two roll mill ลูกกลิ้งทั้งสองถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านสายพานพู่เล่ และเกียร์ทดรอบ ลูกกลิ้งทั้งสองหมุนเข้าหากันลูกกลิ้งลูกหน้าจะมีสกรูสำหรับปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง การบดยางจะเริ่มต้นด้วยการผ่านยางไปในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง ปรับความกว้างของช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งเพื่อให้บดยางขณะผ่านไป เมื่อยางผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง 3 - 4 ครั้ง ยางชิ้นเล็ก ๆ จะเริ่มเกาะติดกันเป็นชิ้นเดียว และสามารถจับพันรอบลูกกลิ้งได้ในการผสมสารเคมีลงในยาง จะเติมสารเหล่านี้นลงบนกองยางบนช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง เมื่อบดลูกกลิ้งหมุนไปยางก็จะค่อย ๆ ดึงสารเคมีติดลงไปบดผสมกัน ทำการตัดยางบนลูกกลิ้งตามที่กล่าวแล้วข้างต้น และเพื่อจะให้การบดผสมมีความสม่ำเสมอ ก็จะต้องจับเวลาการบด การเติมสารต่าง ๆ ตลอดจนต้องตรวจสอบอุณหภูมิของผิวหน้าลูกกลิ้ง



รูปที่ 3.20 เครื่องบดผสมระบบเปิด (Open mill mixer)

2) เครื่องบดผสมระบบปิด (Ban bury mixer)

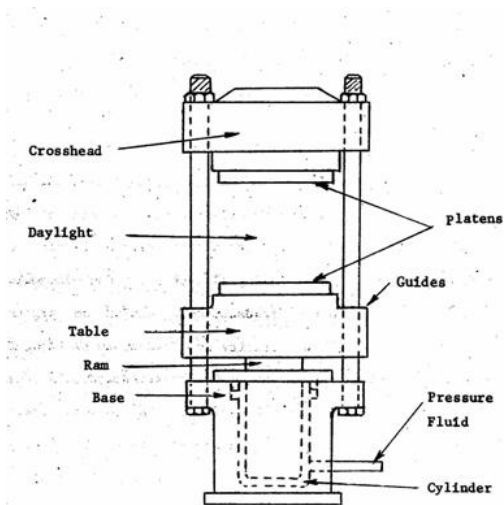
เป็นเครื่องบดขนาดใหญ่ สามารถบดยางและผสมยางกับสารเคมีได้ในปริมาณมากกว่าเครื่องบดระบบเปิด สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ในรูปที่ 3.21 แสดงเครื่องบดผสมแบบ Ban bury ที่ใช้กันแพร่หลายเครื่องบดผสมแบบปิด การบดผสมจะเกิดในห้องบด โดยมีกระบอกที่มีน้ำหนกกดลงมา ภายในห้องมีโรเตอร์ 2 ชุดขนานกัน ผิวโรเตอร์มีลักษณะเป็นใบมีด ดันยางและสารเคมีเข้าผสมกัน เครื่องบดระบบปิดมีความเหมาะสมและจำเป็นอย่างยิ่งกับการบดผสมในปริมาณมาก และโดยเฉพาะกับการบดผสมที่มีส่วนผสมของสารพวกเคมีดำ เพราะจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการฟุ้งกระจายของเคมีดำ



รูปที่ 3.21 Ban bury mixer

3) เครื่องอัดยาง (Compression molding)

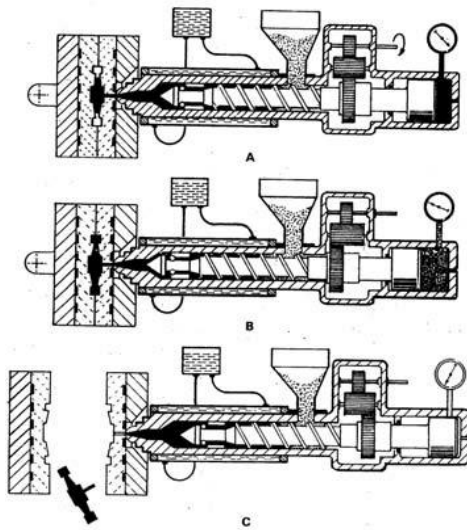
เป็นวิธีการที่แพร่หลายที่สุด โดยใส่ยางที่บดผสมแล้วลงใน Mold ปิด Mold แล้วอัดด้วยแรงดันไฮดรอลิก เพลตด้านบนและด้านล่างที่กดลงบน Mold ที่มีฮีตเตอร์ฝังอยู่ เครื่องอัดยาง แสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 เครื่องอัดยาง

4) เครื่องฉีดยาง (Injection molding)

ยางจะได้รับความร้อนและหลอม แล้วถูกสกรูหมุนดึงเข้ามาในกระบอกฉีดเมื่อได้ปริมาณที่ต้องการแล้ว สกรูก็จะเดินหน้าอัดยางเข้าไปใน Mold วิธีการนี้ชิ้นงานจะมีคุณสมบัติที่ดีเนื่องจากได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง เครื่องฉีดยางแสดงในรูปที่ 3.23



ที่มา : <http://www.made-in-china.com>

รูปที่ 3.23 เครื่องฉีดยาง

- 5) **เครื่องรีดยาง (Extruding)** ใช้ผลิตชิ้นงานที่เป็นเส้น โดยสกรูจะหมุนอัดยางที่หลอมเหลวผ่านหัวดายออกมาให้มีรูปร่างตามต้องการ เครื่องรีดยางแสดงในรูปที่ 3.24 การรีดด้วยลูกกลิ้ง (Calendering) และ การฉาбыาง (Coating) ใช้ในการผลิตยางเป็นแผ่น หรือ ให้เคลือบกับผ้า จะใช้วิธีรีดผ่านลูกกลิ้งหลายๆ ชุด มีใช้ในการผลิตยางรถยนต์ เป็นต้น



รูปที่ 3.24 เครื่องรีดยาง

- 6) เครื่องอบยาง และตู้อบยาง ใช้ผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่ หรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความยืดหยุ่นคงทน ในงานด้านชิ้นส่วนยานยนต์ ยางรถจักรยานยนต์ และ ท่อยางส่งน้ำมัน เป็นต้น ส่วนมากใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ หรือน้ำมันร้อนเป็นหลัก แสดงตัวอย่างของเครื่องอบยาง ในรูปที่ 3.25

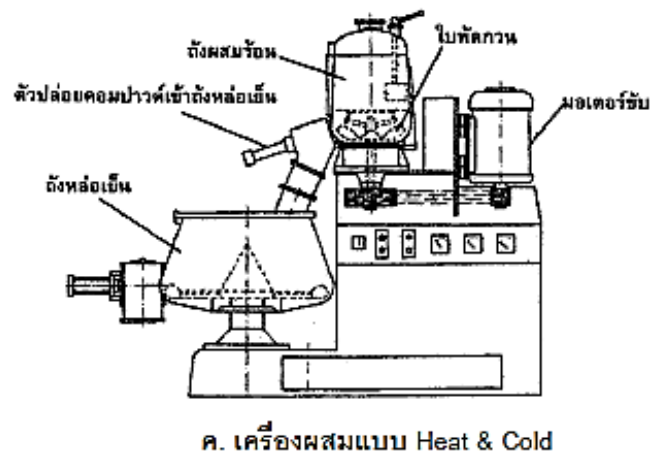
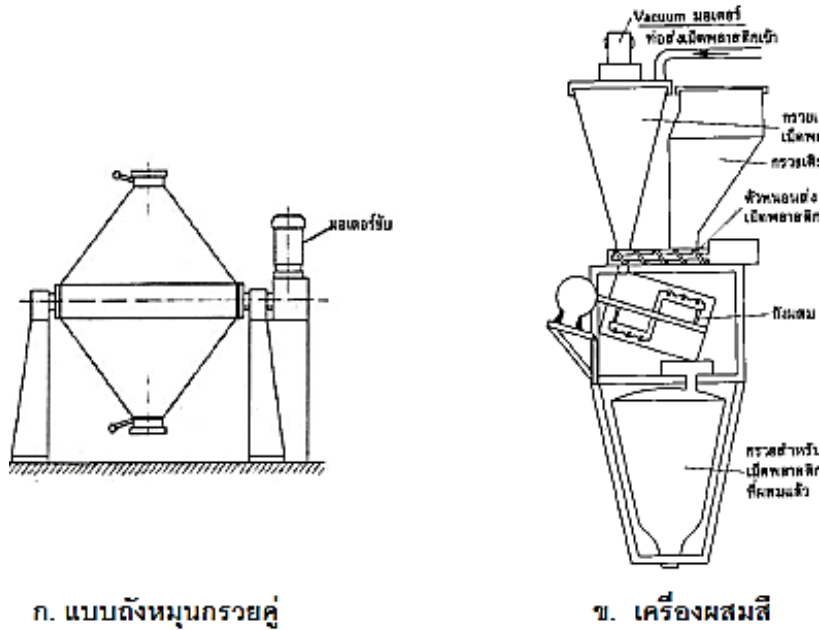


รูปที่ 3.25 เครื่องอบยาง

3.4.3 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

1) เครื่องผสมสีเม็ดพลาสติก

การผสม (Mixing processes) เป็นการกวนคลุกเคล้าเม็ดพลาสติก และสารเติมแต่งให้เข้ากันอย่างทั่วถึง แต่อนุภาคของสารยังแยกจากกัน การผสมนี้มักใช้กับการผสมสี หรือเคมีบางอย่างเข้ากับพลาสติกที่คอมปาวด์มาแล้วจากโรงงาน เครื่องผสมที่แพร่หลาย ได้แก่ เครื่องผสมแบบถังหมุนกรวยคู่ ดังรูปที่ 3.26 ก. มอเตอร์จะขับให้ถังหมุนรอบแกนด้วยความเร็วรอบประมาณ 25 ถึง 35 รอบต่อนาที การผสมเกิดจากแรงหนีศูนย์กลางและแรงโน้มถ่วง และเครื่องผสมสีที่ประกอบด้วยถังเติมเม็ดพลาสติก และเติมสี ในรูปที่ 3.26 ข. ถังผสม ในรูปที่ 3.26 ค. เป็นเครื่องผสมที่ใช้กับเม็ดพลาสติกที่เป็นฝุ่นเรียกว่าแบบ Heat & Cold ประกอบด้วยถังร้อนที่ใบกวนจะตีสารให้ฟุ้ง ความร้อนจะเกิดจากการกระทบกันหรือมีฮีตเตอร์ช่วย ซึ่งอุณหภูมิอาจสูงถึง 140 °C เม็ดพลาสติกที่ผสมแล้วจะไหลลงสู่ถังผสมเย็น อุณหภูมิของผสมจะเหลือประมาณ 35 °C



รูปที่ 3.26 เครื่องผสมสีเม็ดพลาสติก

2) เครื่องโม่พลาสติก

เป็นเครื่องจักรที่ใช้โม่เศษพลาสติกจากกระบวนการผลิต หรือพลาสติกเก่า เพื่อให้มีขนาดเล็ก และนำไปแปรรูปอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 3.27 เครื่องโม่เศษพลาสติก

3) เครื่องรีด

การรีดใช้กับการผลิตชิ้นงานที่เป็นเส้น เช่น ท่อ สายไฟ สายยาง ราง เป็นต้น ใช้หลักการหลอมพลาสติกแล้วอัดผ่านหัวตาย (Die) โครงสร้างประกอบด้วยถังรับวัตถุดิบ สกรูสวมในทรงกระบอกที่เรียกว่า บาเรล และหัวตาย การทำงานเม็ดพลาสติกจะถูกเติมลงในถัง แล้วสกรูจะพาเม็ดพลาสติกไหลไปในทรงกระบอกผ่านช่วงหลอมเหลวที่มีฮีตเตอร์ และพัดลมเป่าควบคุมอุณหภูมิ ที่ปลายสกรู พลาสติกเหลวจะถูกรีดผ่านหัวตายให้มีรูปหน้าตัดตามที่ต้องการ ชิ้นงานที่ผ่านตายแล้วจะถูกปรับขนาด และทำให้เย็นลง โดยแช่ในน้ำหรือน้ำเย็น เพื่อให้สุดท้ายชิ้นงานมีอุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง



ที่มา : <http://www.chinamachineportal.com/>

รูปที่ 3.28 เครื่องรีด (Plastic extruder)

การขับเคลื่อน สกรูของเครื่องรีดจะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ผ่านชุดเกียร์ และมักจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือมอเตอร์กระแสสลับร่วมกับอินเวอร์เตอร์ เพื่อให้สามารถปรับรอบได้ตามชนิดของพลาสติก

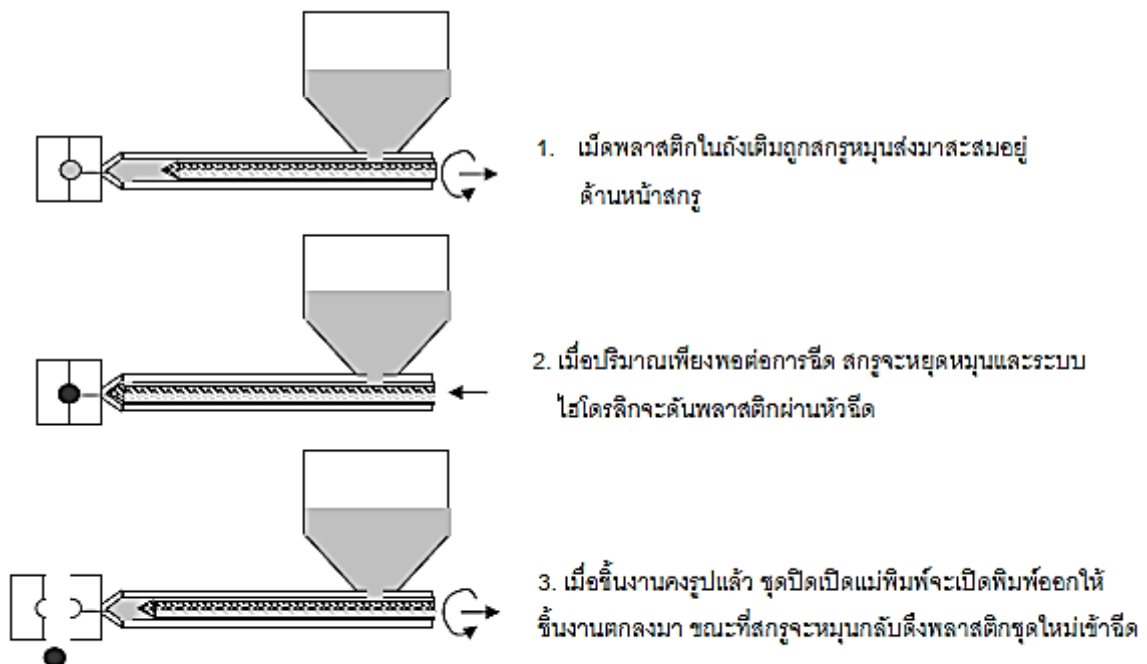
4) เครื่องฉีด (Injection)

การฉีด เป็นวิธีการหลักในการแปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก ใช้ในการผลิตชิ้นงานพลาสติกต่าง ๆ ตั้งแต่เล็กมากๆ จนถึงขนาดใหญ่ การฉีดใช้หลักการให้สกรูพาพลาสติกเข้าหลอมเหลว แล้วฉีดอัดเข้า Mold ซึ่งมีการหล่อเย็น ดังรูปที่ 3.30 โครงสร้างของเครื่องฉีดพลาสติกจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ได้แก่ ชุดฉีด ชุดปิดเปิด Mold และชุด Mold ชุดฉีดประกอบด้วยถังเติมพลาสติก สกรู กระบอกฉีดหรือบาเรลและหัวฉีด ทำหน้าที่ป้อนพลาสติกเข้า Mold



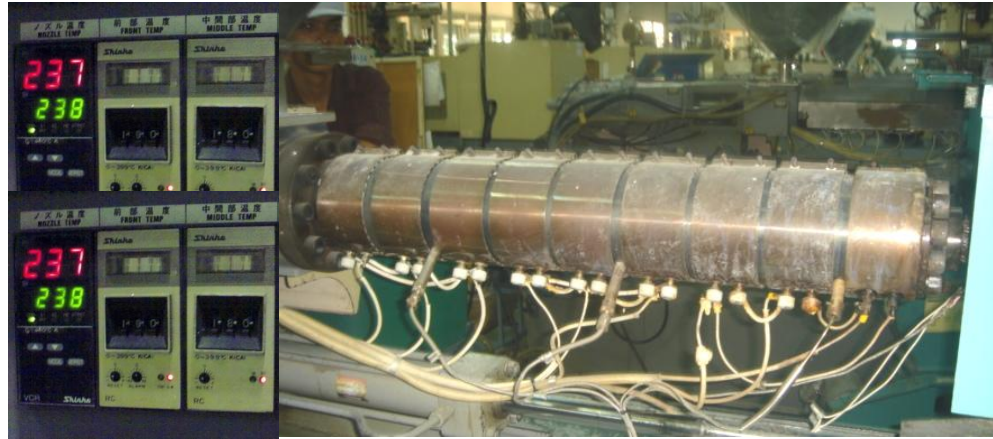
รูปที่ 3.29 เครื่องฉีด (Plastic injection)

การทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกมีลำดับขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.30 การทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก

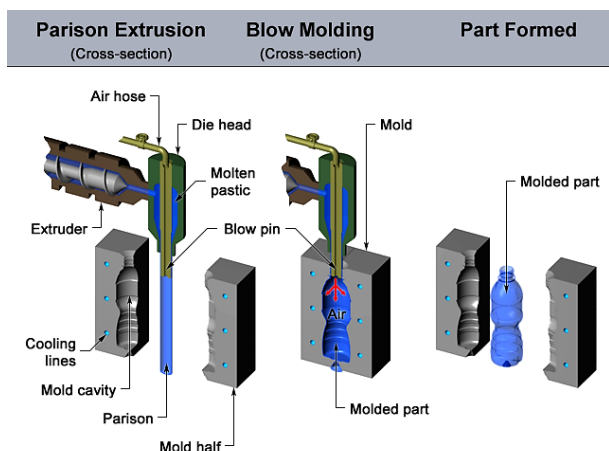
การขับเคลื่อนเครื่องฉีดมักใช้มอเตอร์ไฟฟ้าชุดเดียวขับเคลื่อนไฮดรอลิก การหมุนและเคลื่อนที่ของสกรูเกิดจากแรงดันไฮดรอลิก หรือเป็นแบบที่มีมอเตอร์ไฟฟ้าแยกสำหรับการหมุนของสกรูอีกชุดหนึ่ง



รูปที่ 3.31 ฮีตเตอร์ให้ความร้อน

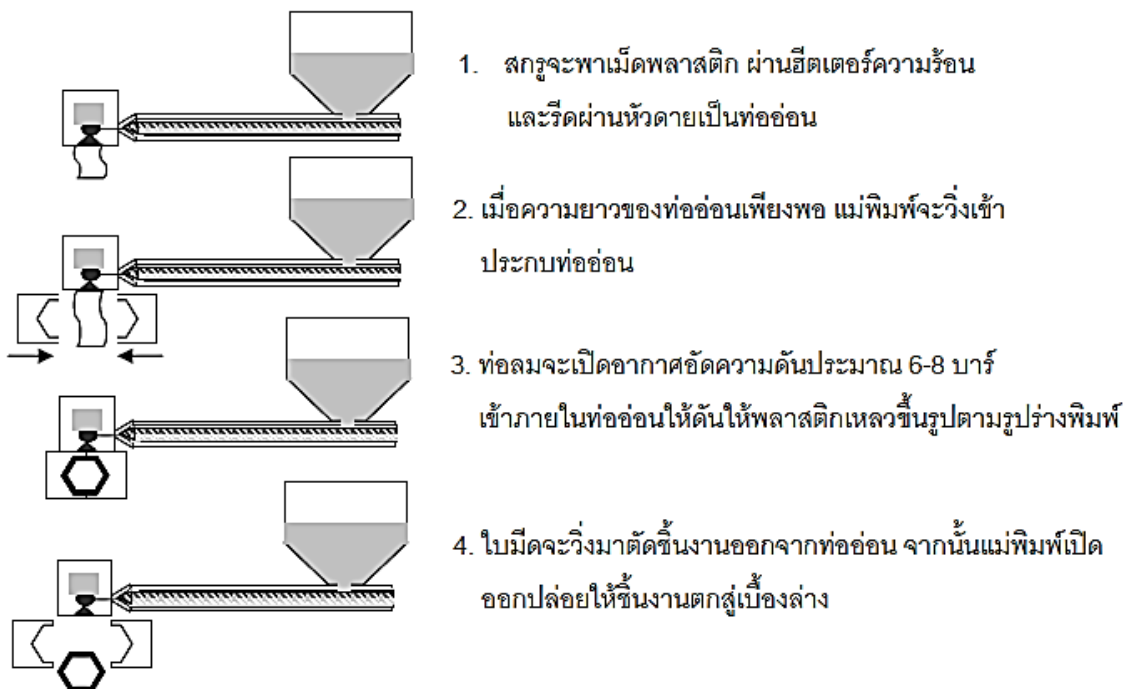
5) เครื่องเป่าพลาสติก (Blow molding)

การเป่าพลาสติก ใช้กับการผลิต ขวด ถัง แกลลอน หรือภาชนะอื่นๆ ที่กลวง เป็นกระบวนการแปรรูปพลาสติกที่ใช้งานมากอีกอย่างหนึ่ง ใช้หลักการรีดพลาสติกเหลวให้ย่นลงมาเป็นท่ออ่อน (Parison) แล้วใช้อากาศอัดเป่าจากภายในให้พลาสติกพองขึ้นรูปตาม Mold ที่ต้องการ โครงสร้างเครื่องเป่าพลาสติกประกอบด้วยถังเติมพลาสติก สกรูชุดรีด เช่นเดียวกับกระบวนการรีดทุกประการ ต่างกันเพียงรีดลงมาในแนวตั้งและมีชุดสะสมพลาสติก (Accumulation head) และชุดปิดเปิด Mold



รูปที่ 3.32 เครื่องเป่าพลาสติก

การทำงานของเครื่องเป่ามีลำดับดังนี้

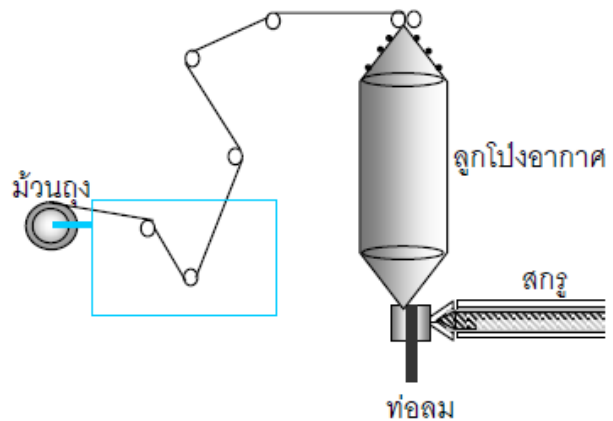


รูปที่ 3.33 การทำงานของเครื่องเป่า

จะเห็นว่าลักษณะนี้ การรีดเกิดขึ้นเป็นช่วงๆ ต้องรอให้การเป่าชิ้นงานแล้วเสร็จจึงจะรีดขึ้นต่อไป ถ้าเป็นเครื่องเป่าพลาสติกแบบต่อเนื่อง เมื่อพิมพ์ประกอบเข้ากับท่อนอ่อนแล้วจะย้ายตำแหน่งไปด้านข้างเพื่อทำการเป่าขณะที่สกรูจะผลิตท่อนอ่อนชุดต่อไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อเป่าเสร็จ Mold ก็วิ่งมารับเอาท่อนอ่อนไปเป่าต่อไปได้พอดีการขับเคลื่อนมักจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนไฮดรอลิกที่ควบคุมชุดเปิดปิด Mold 1 ชุด และมอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนสกรูอีก 1 ชุดต่อมาได้มีการพัฒนาการเป่าพลาสติกโดยนำการฉีดและการเป่ามารวมกันเป็นการฉีดเป่า (Injection Blow molding) โดยฉีดพลาสติกเป็นทรงกระบอกก่อนแล้วนำมาเป่าขึ้นรูป ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง ไม่มีตะเข็บ และความหนาสม่ำเสมอ

6) เครื่องเป่าฟิล์ม (Blow film)

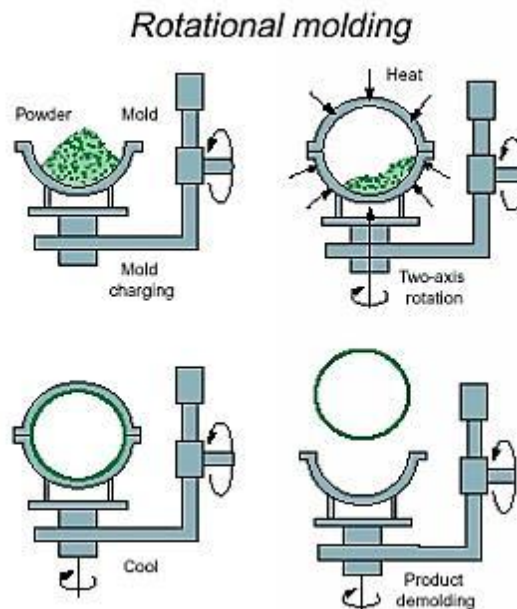
การเป่าฟิล์มใช้ในการผลิตถุงพลาสติกแบบต่าง ๆ ใช้หลักการรีดเช่นเดียวกับในเครื่องรีด และเครื่องเป่าพลาสติก โครงสร้างเครื่องเป่าฟิล์มประกอบด้วย ส่วนรีดพลาสติก (Extruder) และส่วนรองรับลูกโป่ง การทำงานเม็ดพลาสติกจะถูกสกรูพาผ่านช่วงหลอมเหลว และรีดผ่านหัวดายเช่นเดียวกับในเครื่องรีดท่อพลาสติกที่รีดผ่านหัวดายจะถูกดึงขึ้นในแนวตั้งและเป่าลมให้พลาสติกพองออกเป็นลูกโป่ง ด้านนอกหัวดายจะมีวงแหวนหล่อเย็นเป่าลมที่ผิวหน้าของลูกโป่ง ด้านบนลูกโป่งจะถูกบีบให้แบนและม้วนเพื่อนำไปผึ่งนึ่งกันถุง และตัดต่อไปการขับเคลื่อนเครื่องเป่าฟิล์มมักจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับอินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อน



รูปที่ 3.34 เครื่องเป่าฟิล์ม

7) เครื่อง Mold แบบหมุน (Rotational mold)

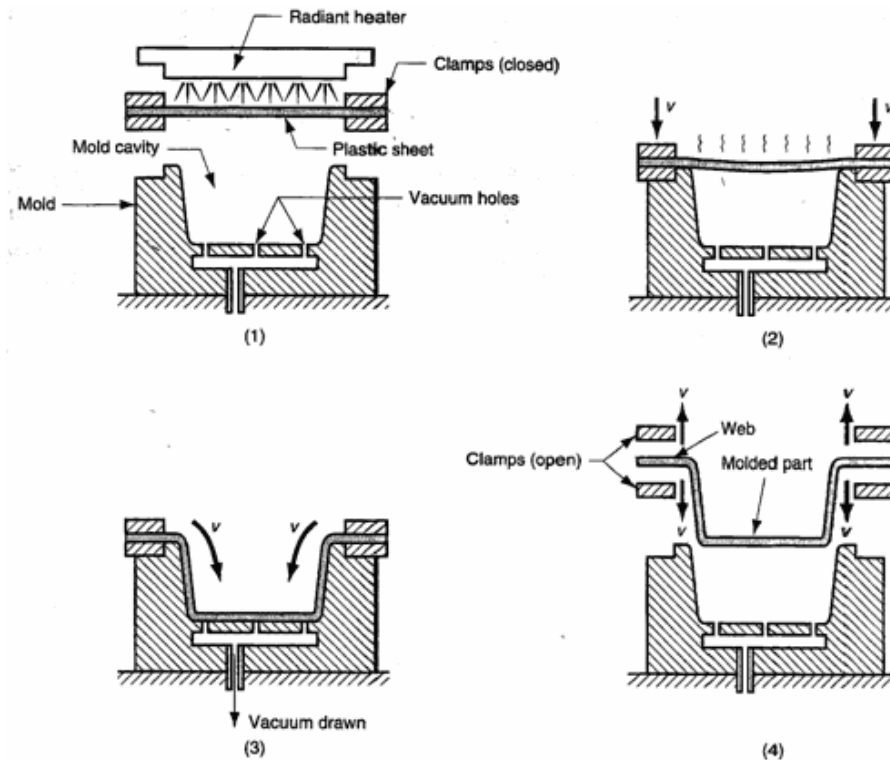
กระบวนการขึ้นรูปแบบหมุนใช้กับการผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่ และซับซ้อน Mold แบบหมุนนี้ใช้หลักการของแรงเหวี่ยง การทำงานเริ่มจากการเติมผงพลาสติกลงใน Mold จากนั้นปิดฝา Mold และเคลื่อนเข้าห้องอบจากนั้นหมุน Mold รอบแกนทั้งแนวราบและแนวตั้ง พลาสติกเมื่อได้รับความร้อนจะหลอมเหลว และถูกเหวี่ยงให้เคลือบติดกับผิวด้านในของ Mold ทีละชั้น ๆ จนหมด จากนั้นใช้ลมเย็นหรือน้ำเย็นเป่าภายนอก Mold ให้พลาสติกแข็งตัว และถอดชิ้นงานออก



รูปที่ 3.35 เครื่อง Mold แบบหมุน

8) กระบวนการเทอร์โมฟอร์ม (Thermoform)

กระบวนการเทอร์โมฟอร์มใช้ในการผลิตถ้วย หรือ ภาชนะพลาสติกบาง ๆ ใช้หลักการอัดพลาสติก
เหลวลลงใน Mold และทำให้พลาสติกขึ้นรูปตามรูปร่าง Mold



รูปที่ 3.36 กระบวนการ Thermoform (บน) ตัวอย่างพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วย Thermoform (ล่าง)

บทที่ 4

การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน

4.1 บทนำ

การตรวจวัดการใช้พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในการที่จะทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานและประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ซึ่งจำเป็นในการประเมินแนวทางการประหยัดพลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน ตลอดจนการตรวจสอบติดตามผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริงหลังจากที่ได้ดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน

เนื้อหาในเอกสารนี้จะกล่าวถึงพื้นฐานของการตรวจวัดการใช้พลังงานของระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้า และระบบที่ใช้พลังงานความร้อน รวมทั้งการประเมินการใช้พลังงานของโรงงาน ระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าได้แก่ ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ ระบบอากาศอัด ระบบแสงสว่าง ระบบปั๊มน้ำ และมอเตอร์ เป็นต้น ส่วนระบบที่ใช้พลังงานความร้อนได้แก่ ระบบไอน้ำ ระบบน้ำร้อน และเตาอุตสาหกรรม เป็นต้น

4.2 พื้นฐานของการตรวจวัดการใช้พลังงาน

พลังงานมีความสำคัญต่อผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากพลังงานเป็นต้นทุนหลักอย่างหนึ่งของสินค้า การลดหรือการบริหารจัดการการใช้พลังงานที่เหมาะสมจะช่วยปรับปรุงในด้านต่าง ๆ ของโรงงาน ได้แก่ ราคาของสินค้า งบประมาณรายจ่าย ตลอดจนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงาน โดยการที่จะลดการใช้พลังงานได้นั้นจะต้องทำการตรวจการใช้พลังงานประกอบด้วยเสมอ ความสำคัญของการตรวจวัดการใช้พลังงานสามารถสรุปได้ดังนี้

- ทำให้ทราบปริมาณการใช้และการสูญเสียพลังงาน ทั้งก่อนและหลังการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน
- ทำให้ทราบประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งของเครื่องจักร อุปกรณ์ และของโรงงานโดยรวม
- เป็นข้อมูลในการประเมินแนวทางการประหยัดพลังงานที่เป็นได้ และใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน
- ใช้ในการกำหนดดัชนีการใช้พลังงานเพื่อใช้ตรวจสอบ และติดตามผลการประหยัดพลังงาน หลังจากได้มีการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงานไปแล้ว

วัตถุประสงค์ในการตรวจวัดการใช้พลังงานเพื่อให้ทราบว่า

- มีการใช้พลังงานที่ไหนและเมื่อไหร่ เช่น กระบวนการผลิตส่วนใดของโรงงานมีการใช้พลังงานบ้าง ช่วงเวลาของการใช้พลังงานในแต่ละส่วนคิดเป็นกี่ชั่วโมงต่อวันหรือกี่วันต่อสัปดาห์

- มีการใช้พลังงานอย่างไร เช่น มีการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาที่หม้อไอน้ำ มีการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำในการต้มวัตถุดิบ
- มีการใช้พลังงานเพื่อทำอะไร เช่น เพื่ออบแห้งสินค้า เพื่อให้ความเย็นในพื้นที่การผลิต

จากวัตถุประสงค์ดังกล่าว ทำให้พอสรุปสิ่งที่ต้องการทำการตรวจวัดได้อย่างน้อย 4 ประการ คือ

- กระบวนการและปริมาณการผลิตของโรงงานในสภาพปกติ
- ปริมาณการใช้พลังงานในสภาพปกติ ทั้งปริมาณการใช้ไฟฟ้า และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
- ช่วงเวลาการผลิต และช่วงเวลาที่ไม่ได้ทำการผลิตของโรงงาน
- สภาพภูมิอากาศแวดล้อม ในกรณีที่สภาพภูมิอากาศมีผลต่อการใช้พลังงานของกระบวนการผลิต

จะสังเกตได้ว่า การตรวจวัดการใช้พลังงานจะเน้นที่การตรวจวัดในสถานะที่โรงงานทำการผลิตปกติ ไม่ใช่ช่วงเวลาที่ต้องเร่งทำการผลิตเนื่องจากมีคำสั่งซื้อเข้ามามากในช่วงเทศกาล หรือในทางกลับกัน ไม่ใช่ช่วงเวลาที่ผลิตน้อยกว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการใช้พลังงานและประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ได้จากสถานะปกตินั้นจะเป็นค่าที่แท้จริงของโรงงาน และสามารถเป็นค่าฐานในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน และใช้เป็นดัชนีเปรียบเทียบก่อนและหลังการดำเนินการตามแนวทางการประหยัดพลังงานได้

ในการตรวจวัดการใช้พลังงานจะกระทำกันอยู่ 2 ลักษณะ คือ การตรวจวัดแบบชั่วขณะ และการตรวจวัดแบบต่อเนื่อง

- **การตรวจวัดแบบชั่วขณะ**

เป็นการตรวจวัดครั้งเดียวเพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนการทำงานในขณะที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ทำงานที่สถานะปกติ ซึ่งในกรณีของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก การตรวจวัดชั่วขณะส่วนใหญ่จะเพียงพอแล้วสำหรับการวิเคราะห์แนวทางการประหยัดพลังงาน ข้อดีของการตรวจวัดแบบชั่วขณะคือ ทำได้ง่ายและประหยัดเวลา ส่วนข้อเสียคือ หากตรวจวัดในช่วงเวลาที่เครื่องจักรไม่ได้ทำงานที่สถานะปกติจะทำให้ได้ค่าตัวแทนที่ไม่ถูกต้อง ทำให้ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานที่ได้เบี่ยงเบนไปจากความจริง

- **การตรวจวัดแบบต่อเนื่อง**

เป็นการตรวจวัดการใช้พลังงานซ้ำ ๆ กันอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหนึ่ง ๆ เช่น ทุกชั่วโมง หรือทุก 15 นาที เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ต่อเนื่อง ซึ่งส่วนใหญ่การตรวจวัดแบบนี้จะทำกับเครื่องจักรที่มีลักษณะการทำงานไม่คงที่ แปรเปลี่ยนตลอดเวลา หรือเป็นเครื่องจักรหลักที่มีการใช้พลังงานมากและต้องการทราบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงาน (Energy Load Profile) อย่างละเอียด ข้อดีของการตรวจวัดแบบต่อเนื่องคือ ได้ค่าที่เป็นตัวแทนการทำงานของเครื่องจักรที่ถูกต้องแน่นอน ทำให้สามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ส่วนข้อเสียคือ ต้องใช้เวลามากและสิ้นเปลืองกำลังคนในการบันทึกข้อมูลหรือสิ้นเปลืองเงินลงทุนในการเช่าหรือซื้อเครื่องมือวัดที่สามารถบันทึกข้อมูลต่อเนื่องได้อย่างอัตโนมัติ

การตรวจวัดการใช้พลังงานโดยทั่วไปจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้น เช่น บันทึกปริมาณการผลิต ใบเสร็จค่าไฟ ใบเสร็จค่าเชื้อเพลิง รายละเอียดของเครื่องจักรที่ใช้พลังงาน ฯลฯ
2. จำแนกเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้พลังงานตามประเภทของพลังงานที่ใช้
3. ศึกษาการใช้พลังงานของเครื่องจักรและจุดต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต
4. กำหนดแผนการตรวจวัด ได้แก่ เครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตที่ต้องการตรวจวัด ตัวแปรที่จำเป็นต้องวัดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ช่วงเวลาในการตรวจวัดที่สอดคล้องกับสภาพการใช้พลังงาน ผู้รับผิดชอบในแต่ละขั้นตอน
5. จัดเตรียมเครื่องมือวัดที่จำเป็น ทั้งจากการเช่าและจากการซื้อเอง โดยหากโรงงานต้องการซื้อเครื่องมือวัดไว้ใช้เอง ควรพิจารณาถึงด้านต่าง ๆ ได้แก่ ราคา ความถี่ในการใช้งาน ช่วงการตรวจวัด ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ตลอดจนความสะดวกในการพกพาเพื่อให้สามารถตรวจวัดได้หลายจุด
6. ดำเนินการตรวจวัดจริง และเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบอื่น ๆ เช่น บันทึกการเดินเครื่องจักร (Log sheet) บันทึกการใช้พลังงานจากมิเตอร์ต่าง ๆ

4.3 การศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

การดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงานที่ดีมีประสิทธิภาพนั้นควรมีการเตรียมความพร้อมก่อนที่จะดำเนินการตรวจวัดฯ เพื่อให้สามารถตรวจวัดได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น ซึ่งการศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของการเตรียมความพร้อมการดำเนินการตรวจวัด

การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องและการใช้พลังงานของโรงงานควรเป็นข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี หรืออย่างน้อย 1 ปี โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้ผู้ดำเนินการตรวจวัด สามารถเข้าใจภาพรวมของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ทราบว่าพลังงานถูกนำไปใช้ที่ใดบ้าง
- เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการผลิตกับการใช้พลังงาน
- เพื่อให้สามารถวางแผนในการตรวจวัด และเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงาน

ข้อมูลเบื้องต้นที่ผู้ดำเนินการตรวจวัดควรรวบรวม ได้แก่

1. ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน เช่น ชื่อ ที่อยู่ ประเภทโรงงาน และแผนผังของโรงงาน
2. กำลังการผลิตและปริมาณการผลิตจริงเป็นรายเดือน
3. ค่าใช้จ่ายและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิง และอื่นๆ เป็นรายเดือน
4. แผนผังกระบวนการผลิต และรายละเอียดการผลิตในแต่ละขั้นตอน เพื่อความเข้าใจในกระบวนการผลิตอย่างละเอียด
5. ปริมาณและคุณสมบัติของวัตถุดิบที่เข้าและผลผลิตออกที่ออกในแต่ละขั้นตอน ได้แก่ พลังงานที่ใช้ น้ำที่ใช้วัตถุดิบป้อนเข้า ผลผลิตที่ออก และของเสียที่เกิดขึ้น
6. รายการอุปกรณ์ เครื่องจักรหลักที่ใช้ภายในโรงงาน

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รับจากทางโรงงาน ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานแต่ละชนิดของโรงงานกับผลผลิตโดยจัดทำกราฟดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตและควรแปลงหน่วยของพลังงานแต่ละชนิดให้เป็นหน่วยเดียวกัน เช่น MJ/ตันผลผลิต เพื่อนำมาเปรียบเทียบให้ทราบว่าพลังงานชนิดใดที่มีการใช้มากในโรงงาน พลังงานประเภทใดหรือทรัพยากรใดเป็นค่าใช้จ่ายหลักของโรงงาน
2. พิจารณาแนวโน้มของค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตว่าเป็นอย่างไรแปรผันอย่างไรกับปริมาณผลผลิต เพื่อเป็นข้อสังเกตให้ใช้ไปหาคำตอบช่วงที่ทำการตรวจวัด
3. จากข้อ 1 และ 2 จะทำให้ทราบแล้วว่าพลังงานใดที่เป็นปัจจัยหลักในการผลิตของโรงงาน และควรให้ความสนใจในการหาศักยภาพในการประหยัดในการประหยัด

4.4 การจำแนกเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

การจำแนกและจัดทำรายการเครื่องจักรถือว่ามีส่วนสำคัญในการสำรวจตรวจวัด การที่จะได้ข้อมูลถูกต้องครบถ้วนต้องอาศัยข้อมูลของเครื่องจักรที่ต้องครบถ้วนด้วยเช่นกัน เพื่อที่จะทราบจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ต้องการทำการตรวจวัด ใช้ในการวางแผนการตรวจวัด ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องจักรช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของการวัด การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการวิเคราะห์มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน การจัดทำรายการเครื่องจักรยังเป็นส่วนประกอบสำคัญในการดำเนินการมาตรการบำรุงรักษาเครื่องจักร การวางแผน ตรวจสอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร อีกทั้งช่วยในการตรวจติดตามผลการดำเนินการมาตรการการอนุรักษ์พลังงานอีกด้วย

การรวบรวมข้อมูลสำหรับจัดทำรายการเครื่องจักรต่างๆ ควรจัดทำเป็นรายละเอียดข้อมูลประวัติเครื่องจักร รูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรมาให้อยู่ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานต่อไป จะได้ไม่ต้องไปค้นหารายละเอียดที่อื่นอีกให้เสียเวลา หากเป็นไปได้รายละเอียดข้อมูลประวัติเครื่องจักรนี้ควรจะเป็นการ์ดแข็งเพื่อประโยชน์ในการดำเนินการบำรุงรักษาเครื่องจักร

การตั้งรหัสเครื่องจักรเป็นประโยชน์ในการจัดเก็บข้อมูลประวัติและค้นหาข้อมูลเหล่านี้ ดังในตัวอย่างนี้ตั้งรหัส 6 ตัว (0010-01) 4 ตัวแรกคือ 0010 จะเป็นการกำหนดตัวเครื่องจักร เช่น คอมเพรสเซอร์ ส่วน 2 ตัวท้ายเป็นการกำหนดเฉพาะตัวในกรณีที่เครื่องจักรนั้นมีใช้หลายเครื่อง เช่น คอมเพรสเซอร์มี 5 เครื่อง ก็จะกำหนดแต่ละตัวเป็น 01 ถึง 05 เป็นต้น

รายละเอียดข้อมูลประวัติเครื่องจักร (เครื่องอัดอากาศ)					
ข้อมูลทั่วไป					
ชื่อเครื่องจักร	เครื่องอัดอากาศ 1.....	เลขทะเบียน	0010-01.....		
รุ่น		หมายเลขเครื่อง	0010-01.....		
สถานที่ติดตั้ง					
ผู้ผลิต		ที่อยู่			
ผู้ขาย		ที่อยู่			
วันเริ่มใช้งาน	 ชั่วโมงการทำงาน/วัน				
ข้อมูลเพิ่มเติม					
.....					
.....					
พิกัดติดตั้งเครื่องอัดอากาศ					
เครื่องอัดอากาศชนิด					
จำนวนชั้นการอัด		อัตราการอัดอากาศ (ลิตร/นาทีก)			
ความดันใช้งาน		ระบบระบายความร้อน			
เครื่องจักรต้นกำลัง		ขนาดเครื่องจักรต้นกำลัง (HP)			
ความเร็วรอบการหมุน (รอบ/นาทีก)					
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)		จำนวนเฟส			
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)		กระแสไฟฟ้า (แอมป์)			
ค่าตัวประกอบกำลัง					
ข้อมูลเพิ่มเติม					
.....					
.....					
รายการอะไหล่ที่ควรเก็บสต็อก					
ลำดับที่	อะไหล่	Part No.		ที่เก็บในสต็อก	จำนวน
		ผู้ผลิต	สต็อก		
1	Shaft seal assy	0962086	AC-001	BIN 0010	2
2					
3					
4					
จัดทำโดย..... ตรวจสอบโดย..... อนุมัติโดย (.....) (.....) (.....) วันที่/...../..... วันที่/...../..... วันที่/...../.....					

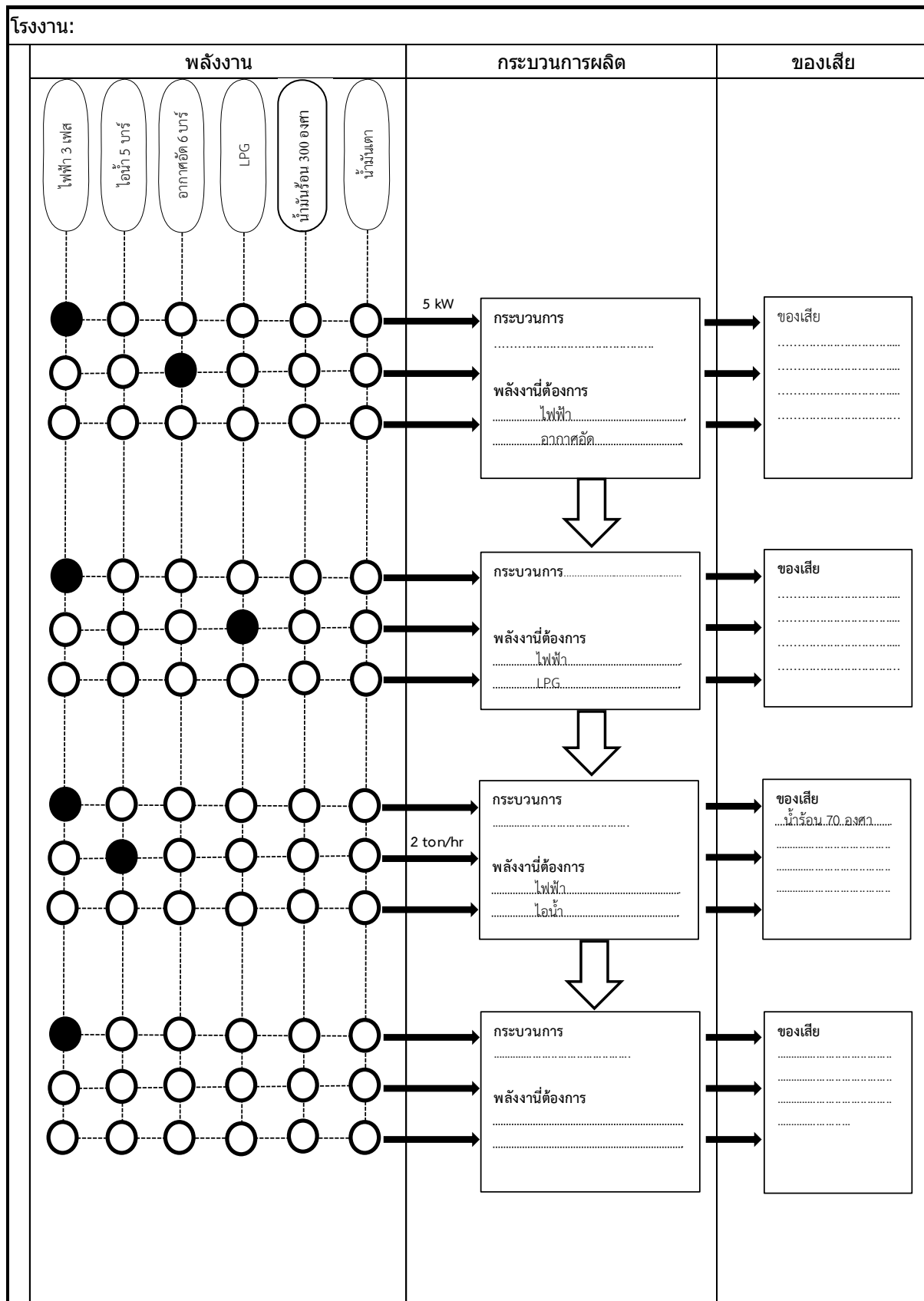
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายละเอียดข้อมูลประวัติเครื่องจักร

4.5 การศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

พลังงานถูกนำไปใช้เป็นทรัพยากรในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมอันเนื่องมาจากความต้องการในการกระบวนการผลิต ดังนั้นในขั้นตอนแรกก่อนที่จะตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม เราต้องเริ่มจากการทำความเข้าใจและพิจารณาแผนผังกระบวนการผลิต (Processing flow chart) โดยการพิจารณาจากจุดเริ่มต้นที่วัตถุดิบ (Raw material) ถูกนำไปผ่านกระบวนการต่างๆ ในแต่ละขั้นตอน จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายออกมาเพื่อที่เมื่อทำการตรวจวัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานสามารถที่จะสังเกตทำความเข้าใจและทราบได้ว่าการผลิตแต่ละขั้นตอนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง แหล่งพลังงานที่ต้องการใช้งานมีอะไรบ้าง พลังงานถูกนำไปใช้เพื่ออะไร ใช้อย่างไร ซึ่งจะทำให้เราสามารถทราบและเข้าใจถึงการใช้พลังงาน (Energy flow) ได้ ช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าใจ เกิดความสะดวกในการวิเคราะห์การใช้พลังงานได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นเมื่อผู้ดำเนินการตรวจวัดรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานของโรงงานได้แล้ว สิ่งที่ต้องดำเนินการต่อไปคือ พยายามทำความเข้าใจกับกระบวนการผลิตของโรงงานให้มากที่สุด ซึ่งผู้ดำเนินการตรวจวัดสามารถทำความเข้าใจกระบวนการผลิตใน 2 ช่วงด้วยกัน

- ช่วงแรก คือ ช่วงก่อนเข้าไปทำการตรวจวัดพลังงานในโรงงาน โดยอาศัยข้อมูลเบื้องต้น
- ช่วงที่ 2 คือ ขณะที่ทำการตรวจวัดในโรงงาน โดยหลังจากที่ผู้ทำการตรวจวัดได้ทำความเข้าใจข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานแล้ว การพูดคุยสอบถามการทำงานกับพนักงานในระดับปฏิบัติงานจะทำให้เข้าใจการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตของโรงงานในอีกระดับหนึ่ง

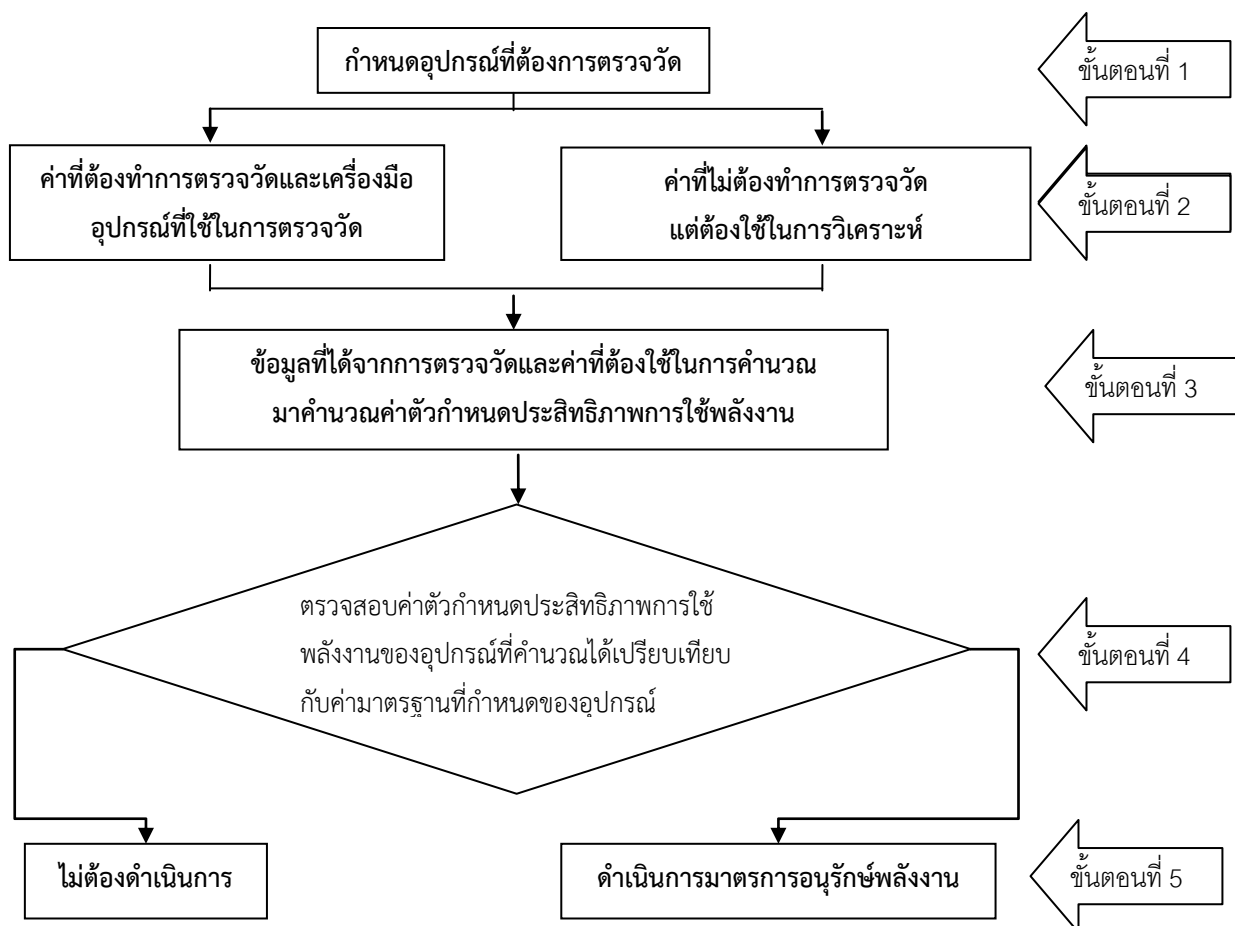
เครื่องมือที่สามารถช่วยให้วิศวกรหรือผู้ดำเนินการตรวจวัดเข้าใจกระบวนการผลิตได้มากคือ การทำแผนผังการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิต (Energy flow diagram: EFD) การทำแผนผังการใช้พลังงานของกระบวนการผลิต (EFD) จะทำให้ทราบระดับพลังงานที่ต้องการของแต่ละกระบวนการทั้งหมดในโรงงาน ตัวอย่าง Energy Flow Diagram แสดงดังรูปที่ 4.2 นอกจากนี้ผู้ดำเนินการตรวจวัดวิเคราะห์สามารถใช้ Process mapping ช่วยตรวจสอบความสอดคล้องของการผลิตและการใช้พลังงาน ทั้งนี้การทำ Energy flow diagram และ Process mapping ก่อนทำการตรวจวัดจะไม่สามารถระบุข้อมูลได้ครบสมบูรณ์ ข้อมูลที่ขาดหายไปนั้นหมายถึง ข้อมูลที่ต้องตรวจวัดและเก็บเพิ่มเติม



รูปที่ 4.2 แผนผังการใช้พลังงานของกระบวนการผลิต (Energy flow diagram: EFD)

4.6 การตรวจวัดระบบที่ใช้พลังงาน

ในทางปฏิบัติการดำเนินการตรวจวัดที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การประเมินสัดส่วนการใช้พลังงานของโรงงาน ประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรอุปกรณ์นั้นสามารถสรุปเป็นขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน แสดงดังแผนผังในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การตรวจวัดการใช้พลังงานที่ดี มีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นอย่างละเอียด มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ และทำการตรวจวัดได้ค่าที่ถูกต้องจะทำให้การวิเคราะห์แนวทางการประหยัดพลังงานเป็นไปอย่างชัดเจน ถูกต้อง และรวดเร็ว การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุนมีความถูกต้องแม่นยำ ทำให้การตัดสินใจดำเนินแนวทางการประหยัดพลังงานของโรงงานสามารถทำได้อย่างมั่นใจ

กรณีศึกษา: การตรวจวัดการใช้พลังงานที่ดี

โรงงานแห่งหนึ่งมีเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ขนาด 300 ตันอยู่ 1 เครื่อง ผลการตรวจวัดสภาพการทำงาน เทียบกับข้อมูลติดตั้ง (Specification) เป็นไปตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพิกัดติดตั้งและการตรวจวัดของเครื่องทำน้ำเย็น

จุดตรวจวัด	ตัวแปร	เครื่องทำน้ำเย็น	
		ค่าจากการตรวจวัด	ค่าจากข้อมูลติดตั้ง
น้ำเย็น	อุณหภูมิการเข้า (°C)	12.10	12.00
	อุณหภูมิการออก (°C)	8.22	7.00
	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	48.30	45.40
น้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิการเข้า (°C)	31.37	32.50
	อุณหภูมิการออก (°C)	36.11	38.00
	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	47.40	57.00
สารทำความเย็น	อุณหภูมิอีแวปอเรเตอร์ (°C)	4.17	-
	อุณหภูมิคอนเดนเซอร์ (°C)	40.56	-
	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	171.00	177.00
ภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น)		222.95	300.00
สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)		0.77	0.59

- หมายเหตุ: 1) ชั่วโมงการใช้งาน 10.5 ชั่วโมง/วัน และ 365 วัน/ปี
2) ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน 3.10 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ข้อมูลติดตั้งของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องนี้กำหนดว่า ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์และน้ำหล่อเย็นขาออกไม่ควรเกิน 1.5 °C แต่จากการตรวจวัดพบว่ามีค่าสูงถึง 4.45 °C ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำลงเนื่องจากการเกิดตะกรันหรือการอุดตันภายในท่อของคอนเดนเซอร์

จากประสบการณ์ที่ผ่านมาของวิศวกรประจำโรงงานและที่ปรึกษาด้านพลังงานพบว่า การล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์จะสามารถปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นชุดนี้ได้จนมีค่าประมาณ 0.70 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

การวิเคราะห์ผลประโยชน์

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าปัจจุบัน/ปี} &= \text{สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น} \times \text{ภาระการทำความเย็น} \times \text{ชั่วโมงการใช้งาน/ปี} \\
 &= 0.77 \text{ กิโลวัตต์/ตันความเย็น} \times 222.95 \text{ ตันความเย็น} \times (10.5 \times 365 \text{ ชั่วโมง/ปี}) \\
 &= 657,931 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี} \\
 \text{ค่าไฟฟ้า/ปี} &= \text{พลังงานไฟฟ้า/ปี} \times \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย} \\
 &= 657,931 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี} \times 3.10 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง} \\
 &= 2,039,586.10 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

หลังการล้างคอนเดนเซอร์

$$\begin{aligned} \text{พลังงานไฟฟ้า/ปี} &= 0.70 \text{ กิโลวัตต์/ตันความเย็น} \times 222.95 \text{ ตันความเย็น} \times (10.5 \times 365 \text{ ชั่วโมง/ปี}) \\ &= 598,119 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี} \\ \text{ค่าไฟฟ้า/ปี} &= \text{พลังงานไฟฟ้า/ปี} \times \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย} \\ &= 598,119 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี} \times 3.10 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง} \\ &= 1,854,168.90 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

ผลการประหยัด

$$\begin{aligned} \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= 657,931 - 598,119 = 59,812 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี} \\ \text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= 2,039,586.10 - 1,854,168.90 = 185,412.20 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

การลงทุน

$$\text{ค่าล้างคอนเดนเซอร์} = 60,000 \text{ บาท}$$

ผลตอบแทนการลงทุน

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาการคืนทุน} &= \text{ค่าลงทุน} / \text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี} \\ &= 60,000 / 185,412.20 \\ &= 0.32 \text{ ปี} \end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่า จากการตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลที่ละเอียด ครบถ้วน และถูกต้อง ทำให้โรงงานแห่งนี้สามารถวิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้อย่างชัดเจนแม่นยำ โดยการล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 185,412.20 บาท/ปี และมีระยะเวลาคืนทุนรวดเร็วภายในเวลาประมาณครึ่งปีเท่านั้น

เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในโรงงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบที่ใช้พลังงานความร้อน ซึ่งรายละเอียดโดยสังเขปของการตรวจวัดเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักของทั้ง 2 ระบบมีดังนี้

4.6.1 ระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

1) ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบส่งจ่าย หมายถึง ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่จุดที่ออกจากหม้อแปลง จนถึงตู้ส่งจ่าย หรือตู้ MDB (Main distribution breaker) ที่แต่ละจุดภายในโรงงาน

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) กระแสไฟฟ้า (แอมป์) กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor) ซึ่งเรียกโดยรวมว่าค่าทางไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของระบบ เช่น ลักษณะการใช้ไฟฟ้า เวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อจัดโหลดหลักเลี้ยงช่วง Peak ของค่าไฟฟ้า ความสมดุลของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ศักยภาพในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าซึ่งควรจะสูงกว่า 0.90 ฯลฯ

เครื่องมือตรวจวัดมีทั้งชนิดที่วัดค่าทางไฟฟ้าแบบชั่วขณะ เช่น แอมป์มิเตอร์หรือพาวเวอร์มิเตอร์แบบคล่องวัด มิเตอร์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และเครื่องมือตรวจวัดชนิดที่วัดและบันทึกค่าแบบต่อเนื่อง

ตารางที่ 4.2 การตรวจวัดระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า	- แรงดันไฟฟ้า - กระแสไฟฟ้า - กำลังไฟฟ้า - ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	- เพาเวอร์มิเตอร์แบบคล่องวัด - เครื่องวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 4.4 หม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 4.5 ตู้ส่งจ่ายไฟฟ้า (ตู้ MDB)



รูปที่ 4.6 การตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่ตู้ MDB

2) ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

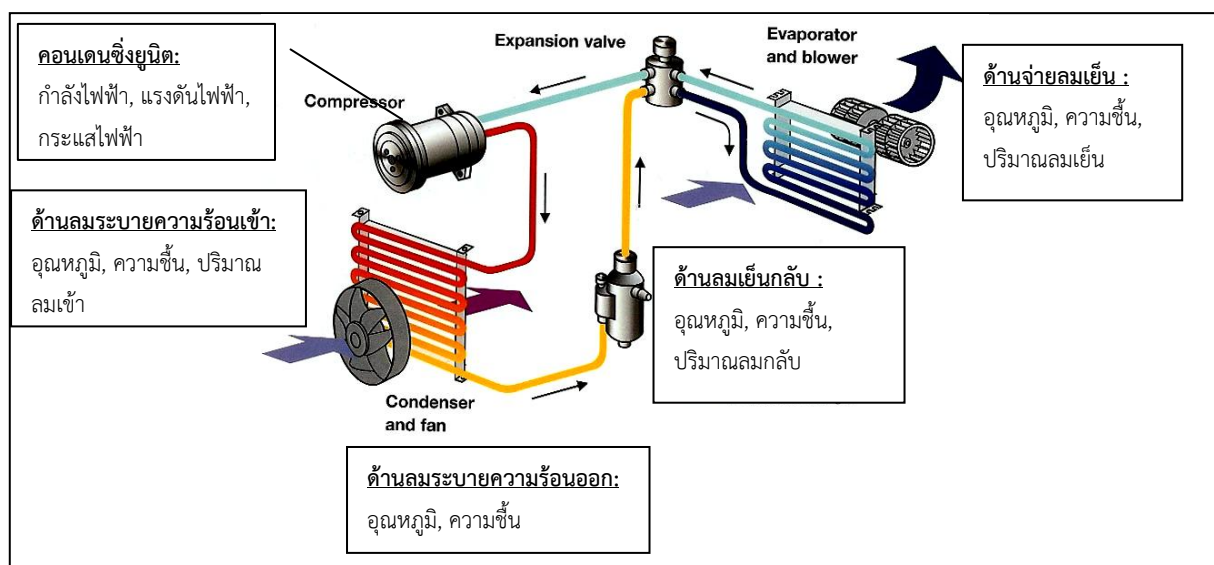
ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียวหมายถึง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split-type) เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง (Window-type) และเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด (Packaged unit)

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้ารวมทั้งช่วงเวลาการตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ เพื่อตรวจสอบสภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย และลมกลับรวมทั้งปริมาณลมจ่ายเพื่อคำนวณภาระการทำงานและความสามารถในการทำงานของระบบปรับอากาศซึ่งไม่ควรจะใช้พลังงานเกิน 1.61 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น และค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์และอากาศแวดล้อมภายนอก นอกจากนี้ยังมีข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่จำเป็น เช่น ชนิดของเทอร์โมสตัท สภาพของแผงกรองอากาศเวลาใช้งาน

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็นได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเครื่องวัดความเร็ว

ตารางที่ 4.3 การตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบปรับอากาศ แบบหน่วยเดียว	• ค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ • ความเร็วลมและพื้นที่ช่องจ่ายลมเย็น • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์ • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมภายนอก	• เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ • เครื่องวัดความเร็วลม



รูปที่ 4.7 ตำแหน่งการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

3) ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central system) มักจะประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ติดตั้งอยู่ในห้องเครื่องศูนย์กลาง ทำหน้าที่ส่งจ่ายน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (AHU, Air handling unit และ FCU, Fan Coil Unit) ซึ่งจะติดตั้งกระจายอยู่ตามพื้นที่ปรับอากาศต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดดังนี้

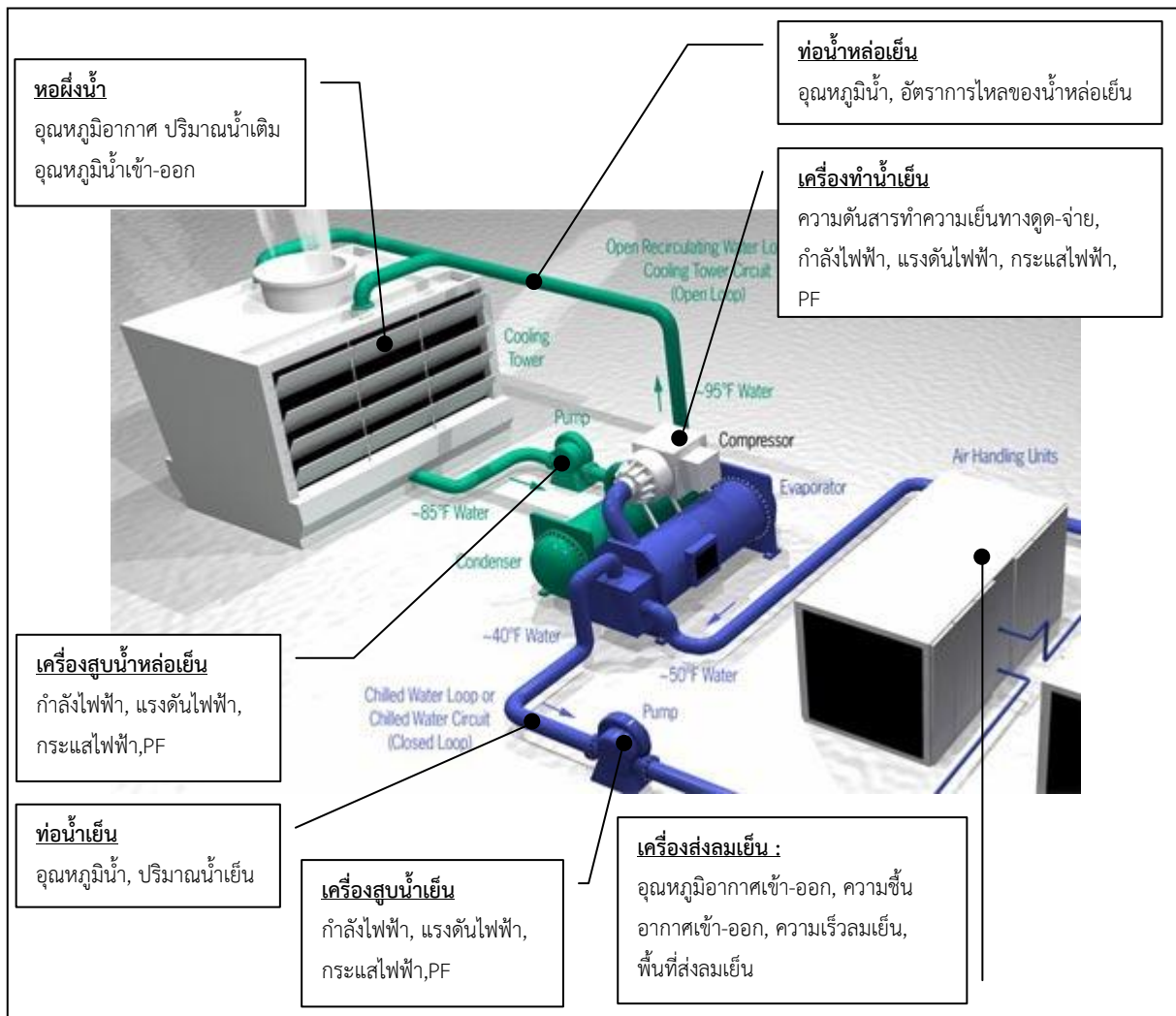
● เครื่องส่งลมเย็น

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัดสำหรับเครื่องส่งลมเย็น ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย (Supply air) และลมกลับ (Return air) รวมทั้งปริมาณลมจ่ายเพื่อคำนวณภาระการทำความเย็น ค่าทางไฟฟ้าของพัดลมของเครื่องส่งลมเย็น ความดันตกคร่อมแผงกรองอากาศเพื่อตรวจสอบสภาพการใช้งานด้านลมจ่าย และความดันตกคร่อมและอัตราการไหลในท่อน้ำเย็นเพื่อตรวจสอบสมดุลน้ำ นอกจากนี้ยังต้องรวบรวมข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นเช่นเดียวกับระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว เช่น ชนิดของเทอร์โมสแตท สภาพของแผงกรองอากาศและเวลาใช้งาน

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องวัดความเร็วลม และเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ

ตารางที่ 4.4 การตรวจวัดเครื่องส่งลมเย็น

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เครื่องส่งลมเย็น	● อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย	● เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า
	● อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ	● เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
	● ความเร็วลมและพื้นที่ช่องจ่ายลมเย็น	● เครื่องวัดความเร็วลม
	● ค่าทางไฟฟ้าของพัดลม	● เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ
	● ความดันตกคร่อมแผงกรองอากาศ	● เกจวัดความดัน
	● ความดันตกคร่อมท่อน้ำเย็น	
	● อัตราการไหลของน้ำเย็น	



รูปที่ 4.8 ตำแหน่งการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์

- **เครื่องทำน้ำเย็น**

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใช้สำหรับผลิตน้ำเย็น ทั้งเพื่อใช้ในระบบปรับอากาศและใช้
ในกระบวนการผลิต

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจสอบสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำเย็นและ
อุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าและด้านออก เพื่อกำหนดภาระการทำความเย็น อัตราการไหล
ของน้ำหล่อเย็น และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าและด้านออก เพื่อกำหนดอัตราการ
ระบายความร้อนทั้งค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์เพื่อใช้ประกอบกับภาระการทำความ
เย็นในการประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบซึ่งไม่ควรใช้พลังงานเกิน 0.7
กิโลวัตต์ต่อตันความเย็นสำหรับระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำและ 1.2 กิโลวัตต์ต่อ
ตันความเย็นสำหรับระบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศตลอดจนการสำรวจเวลาใช้
งานของเครื่องทำน้ำเย็น

นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่ควรตรวจสอบด้วย เช่น กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่ปั๊มน้ำเย็นและปั๊มหล่อเย็น กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่พัดลมระบายความร้อนทั้งที่คอนเดนเซอร์กรณีระบายความร้อนด้วยอากาศและที่หอผึ่งน้ำกรณีระบายความร้อนด้วยน้ำ

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส

ตารางที่ 4.5 การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เครื่องทำน้ำเย็น	● ค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ ● อัตราการไหลของน้ำเย็น ● อุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าและด้านออก ● อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ● อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าและด้านออก ● ค่าทางไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องน้ำหล่อเย็น ● ค่าทางไฟฟ้าของพัดลมระบายความร้อน	● เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า ● เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส ● เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ

4) ระบบแสงสว่าง

ค่าที่จำเป็นต้องสำรวจและตรวจวัดสำหรับระบบแสงสว่าง ได้แก่ ชนิดและจำนวนของหลอดไฟและโคมไฟในแต่ละพื้นที่ตลอดจนค่าทางไฟฟ้าเพื่อคำนวณดัชนีการใช้แสงสว่างซึ่งไม่ควรเกิน 16 วัตต์ต่อตารางเมตรสำหรับพื้นที่สำนักงานทั่วไปและ 23 วัตต์ต่อตารางเมตรสำหรับพื้นที่ทำงานที่ต้องการความสว่างมากขึ้น เช่น พื้นที่ตรวจสอบชิ้นงาน ค่าความส่องสว่าง (Lux) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของจำนวนและตำแหน่งของหลอดไฟและโคมไฟเมื่อเทียบกับลักษณะการใช้งานของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจำเป็นต้องวัดค่าความสว่างในระดับความสูงเดียวกับพื้นที่ใช้งานจริง เช่น บนโต๊ะทำงาน หรือบนพื้นทางเดินภายในโรงงาน นอกจากนี้ ยังต้องสำรวจเวลาใช้งานระบบแสงสว่างในแต่ละพื้นที่อีกด้วย

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและเครื่องวัดค่าความส่องสว่าง(Lux meter)

ตารางที่ 4.6 การตรวจวัดระบบแสงสว่าง

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบแสงสว่าง	● ค่าทางไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง ● ค่าความส่องสว่าง ● ขนาดพื้นที่ของแต่ละส่วน	● เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า ● เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux meter)



รูปที่ 4.9 เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux meter)

5) ระบบอากาศอัด

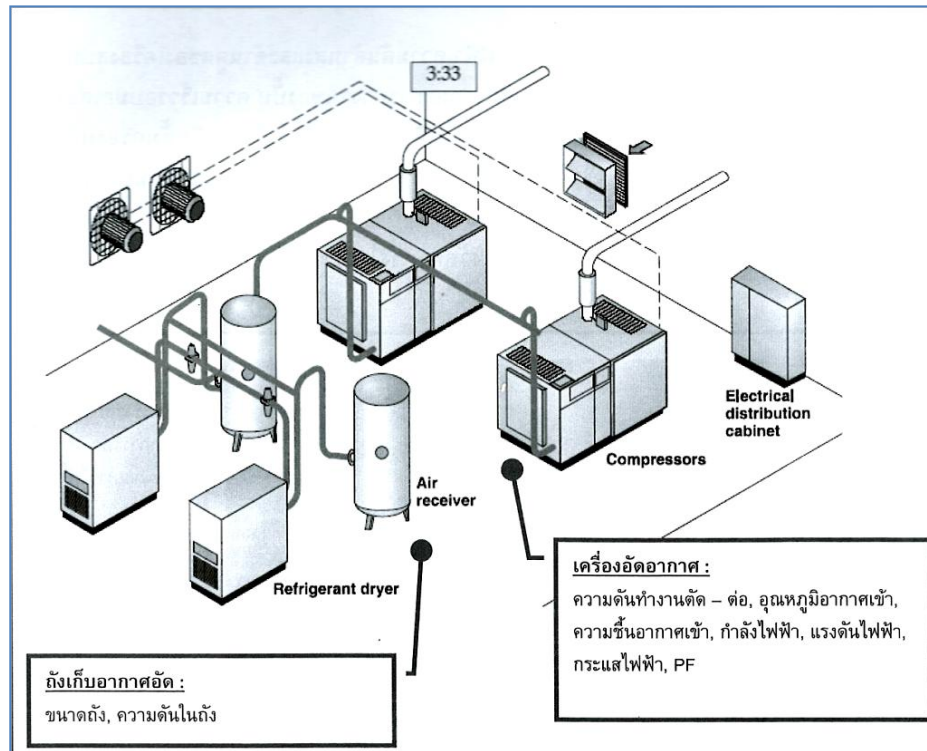
ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัดสำหรับระบบอัดอากาศ ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้า ความดันของอากาศอัด อัตราการไหลของอากาศเข้า รวมทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเข้า เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศทั้งที่เป็นอัตราการผลิตอากาศอัดที่ทำได้ (Free air delivery) และเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่ออากาศอัดที่ผลิตได้ซึ่งไม่ควรเกิน 0.111 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ต้องมีการสำรวจจุดรั่วไหลของระบบส่งจ่ายอากาศอัดภายในโรงงาน และสำรวจเวลาการใช้งานเครื่องอัดอากาศ

สำหรับโรงงานที่มีช่วงเวลาที่สามารถหยุดระบบอัดอากาศได้ จะทำให้การตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศและการตรวจวัดปริมาณอากาศรั่วไหลในระบบทำได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศสามารถทำได้โดยการจับเวลาที่ใช้ในการอัดอากาศเข้าถังเก็บอากาศจากถังเปล่าจนกระทั่งมีความดันเท่ากับค่าที่กำหนด ร่วมกับการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ ส่วนการตรวจวัดปริมาณอากาศรั่วไหลในระบบสามารถทำได้โดยการจับเวลาที่เครื่องเดินและหยุดระหว่างความดันสองระดับที่ตั้งไว้ ร่วมกับการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า

เครื่องมือที่ตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น และนาฬิกาจับเวลา

ตารางที่ 4.7 การตรวจวัดระบบอากาศอัด

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบอากาศอัด	● ค่าทางไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ	● เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า
	● ความเร็วลมและพื้นที่ของช่องอากาศเข้า	● เครื่องวัดความเร็วลม
	● อุณหภูมิและความชื้นของอากาศเข้า	● เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
	● ช่วงเวลาการตัดต่อของเครื่องอัดอากาศ	● นาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 4.10 ตำแหน่งการตรวจวัดระบบอัดอากาศ

6) เครื่องสูบน้ำ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้า ความดันด้านส่งและด้านดูดของเครื่องสูบน้ำเพื่อใช้ประเมินปริมาณพลังงานที่ใช้ ตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของปั๊ม ความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อประเมินปริมาณพลังงานที่ใช้ ตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของปั๊ม ความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ ตลอดจนการประเมินความเป็นไปได้ในการติดตั้งเครื่องปรับลดความเร็วรอบเพื่อประหยัดพลังงานซึ่งต้องใช้ค่าที่ต้องตรวจวัดทั้งหมดมาประกอบกัน นอกจากนี้ยังต้องสำรวจเวลาการทำงานของเครื่องสูบน้ำอีกด้วย

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดความเร็วรอบ และเกจวัดความดัน



รูปที่ 4.11 ตำแหน่งการตรวจวัดระบบปั้มน้ำ

ตารางที่ 4.8 การตรวจวัดเครื่องสูบน้ำ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เครื่องสูบน้ำ	- ค่าทางไฟฟ้าของปั้ม - ความเร็วรอบมอเตอร์ - ความดันด้านส่งและด้านดูดของปั้ม	- เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า - เครื่องวัดความเร็วรอบ - เกจวัดความดัน

7) มอเตอร์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้าต่างๆ และช่วงเวลาการทำงาน ตลอดจนความเร็วรอบในกรณีของมอเตอร์ที่ต้องการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ด้วย

เครื่องมือวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าและเครื่องวัดความเร็วรอบ



รูปที่ 4.12 ตำแหน่งการตรวจวัดมอเตอร์

ตารางที่ 4.9 การตรวจวัดมอเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้า

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
มอเตอร์และอุปกรณ์ ทางไฟฟ้า	- ค่าทางไฟฟ้า - ความเร็วรอบกรณีเป็นมอเตอร์	- เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า - เครื่องวัดความเร็วรอบ

4.6.2 ระบบที่ใช้พลังงานความร้อน

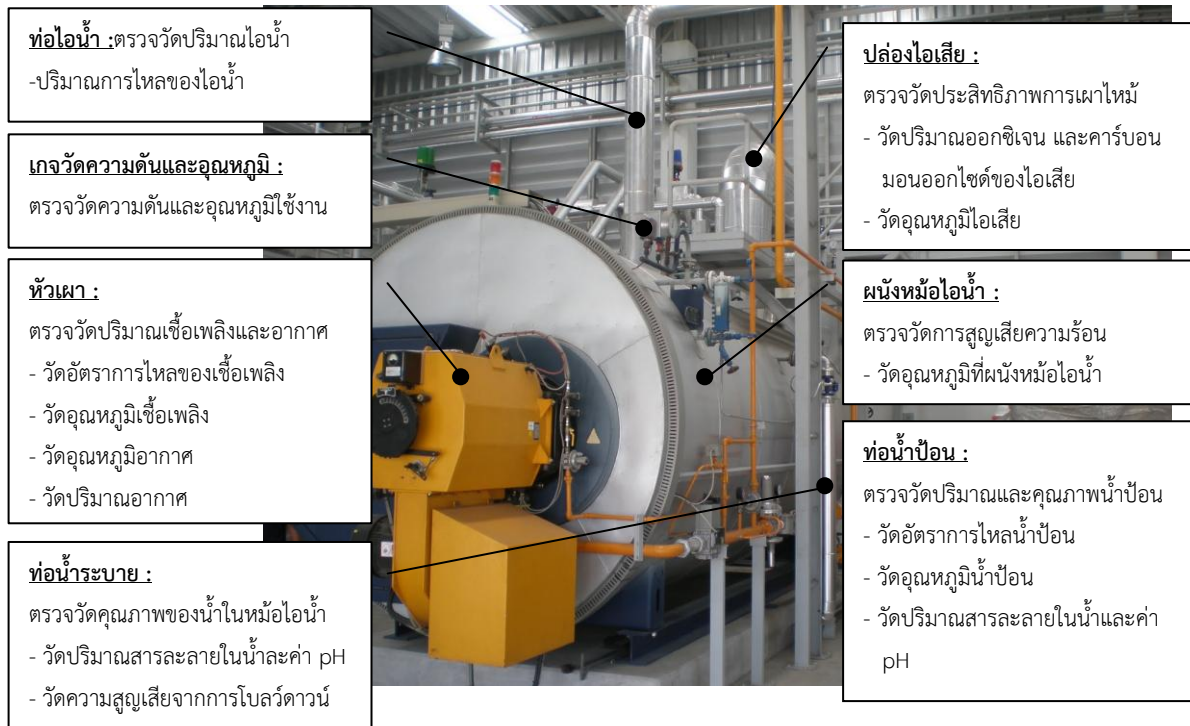
1) หม้อไอน้ำ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในก๊าซเสีย อุณหภูมิก๊าซเสียและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้ อุณหภูมิผิวของหม้อไอน้ำ อุณหภูมิแวดล้อม พื้นที่ผิว และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Emissivity) เพื่อวิเคราะห์ความร้อนสูญเสียทางผิวผนังหม้อไอน้ำ ตลอดจนอัตราการไหลและค่า TDS (Total dissolved solid) ของน้ำโบล์ดวอร์คและน้ำป้อนเพื่อใช้วิเคราะห์ความร้อนสูญเสียจากการโบล์ดวอร์ค นอกจากนี้ต้องสำรวจข้อมูลประกอบอื่นๆ เช่น อัตราการใช้และอุณหภูมิของเชื้อเพลิง อัตราการผลิตไอน้ำ อุณหภูมิและความดันของไอน้ำที่ผลิต อุณหภูมิของน้ำป้อน อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ สภาพฉนวน ระยะเวลาการใช้งาน ฯลฯ

เครื่องมือวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ เครื่องวิเคราะห์สภาพน้ำ เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส

ตารางที่ 4.10 การตรวจวัดหม้อไอน้ำ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
หม้อไอน้ำ	- ปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ และอุณหภูมิของก๊าซเสีย - อุณหภูมิผิวผนังหม้อไอน้ำ อุณหภูมิแวดล้อม และพื้นที่ผิว - อัตราการผลิต อุณหภูมิ และความดันของไอน้ำ - อัตราการใช้ และอุณหภูมิเชื้อเพลิง - อัตราการไหล และอุณหภูมิของน้ำป้อน - อัตราการไหล และอุณหภูมิของอากาศป้อน - อัตราการโบล์ดวอร์ค - ค่า TDS ของน้ำโบล์ดวอร์คและน้ำป้อน - อุณหภูมิแวดล้อม	- เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ - เครื่องวิเคราะห์สภาพน้ำ - เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ - เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส

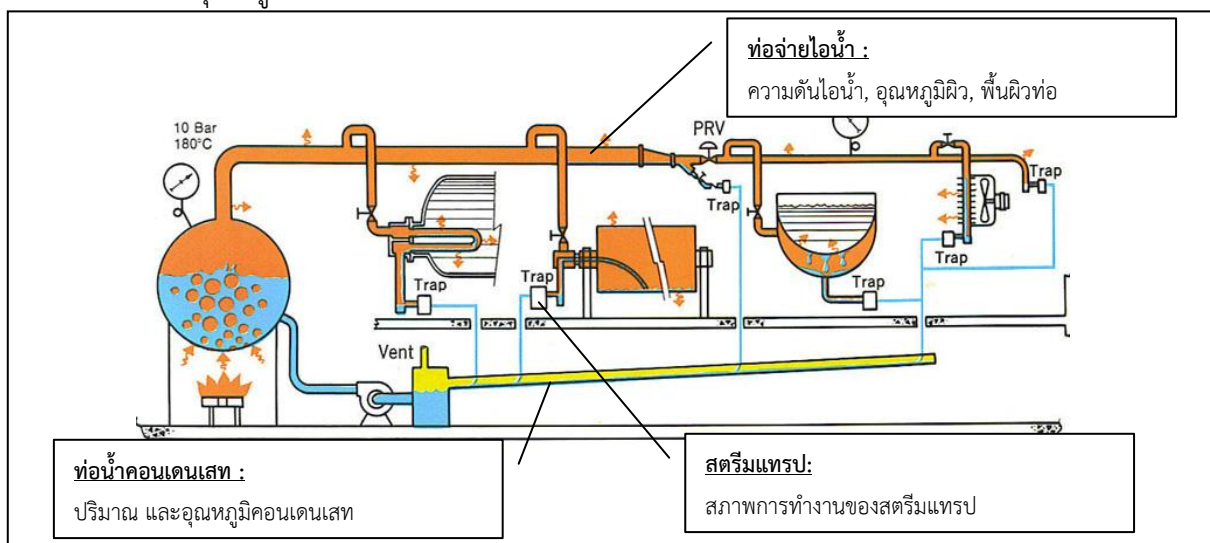


รูปที่ 4.13 ตำแหน่งการตรวจวัดหม้อน้ำ

2) ระบบส่งจ่ายไอน้ำ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิผิวและพื้นที่ผิวของท่อส่งจ่าย วาล์วและหน้าแปลน อุณหภูมิแวดล้อมและค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Emissivity) ของพื้นผิว ตลอดจนสภาพของฉนวน ซึ่งค่าทั้งหมดจะใช้ในการประเมินความร้อนสูญเสียของระบบส่งจ่ายไอน้ำ

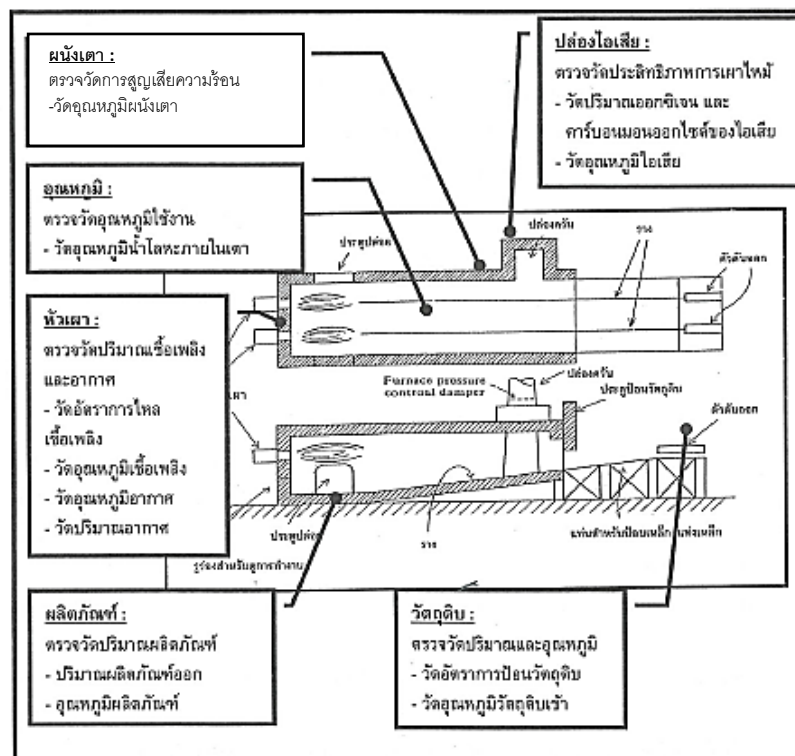
เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส



รูปที่ 4.14 ตำแหน่งการตรวจวัดระบบไอน้ำ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบส่งจ่ายไอน้ำ	- อุณหภูมิผิวและพื้นที่ของท่อวาล์ว และหน้าแปลน - อุณหภูมิแวดล้อม - ตรวจสอบการทำงานของสตรัมแทรป - การรั่วของไอน้ำ - ปริมาณคอนเดนเสท - ความดันไอน้ำ	- เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ - เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส - เครื่องวัดการทำงานของสตรัมแทรป

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในก๊าซเสีย อุณหภูมิก๊าซเสีย และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเพื่อใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของเตาและความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้อุณหภูมิผิวของเตา อุณหภูมิแวดล้อม พื้นที่ผิว และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Emissivity) เพื่อวิเคราะห์ความร้อนสูญเสียทางผิวผนังเตา ตลอดจนอัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นเพื่อใช้วิเคราะห์ความร้อนสูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของวัตถุดิบ ค่าความร้อนที่เกิดจากการ Oxidizing และ Scale เพื่อใช้วิเคราะห์ความร้อนที่เกิดจากวัตถุดิบนอกจากนี้ต้องสำรวจข้อมูลประกอบอื่นๆเช่น อัตราการใช้และอุณหภูมิเชิงเชื้อเพลิง อัตราการผลิต อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ สภาพฉนวน ระยะเวลาการใช้งาน ฯลฯ



4-21

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ เครื่องวิเคราะห์สภาพน้ำ เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบ Pyrometer

ตารางที่ 4.12 การตรวจวัดเตาอุตสาหกรรม

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เตาอุตสาหกรรม	- ปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และอุณหภูมิของก๊าซเสีย - อุณหภูมิผิวผนังเตา อุณหภูมิแวดล้อมและพื้นที่ผิว - อัตราการป้อนวัตถุดิบและอุณหภูมิของวัตถุดิบ - อัตราการผลิต และอุณหภูมิของวัตถุดิบ - อัตราการใช้และอุณหภูมิเชื้อเพลิง - อัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น - อัตราการไหลและอุณหภูมิของอากาศป้อน	- เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ - เครื่องวัดอัตราการไหล - เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ - เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ Pyrometer

4.7 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงาน

หลังจากที่ได้ทำการตรวจวัดการใช้พลังงานในอุปกรณ์ต่างๆ ของโรงงานตามแนวทางทั้งหมดที่ได้กล่าวมาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำข้อมูลทั้งหมดทั้งที่ได้จากการตรวจวัด และข้อมูลที่รวบรวมได้ในระหว่างการเตรียมความพร้อมเพื่อตรวจวัดมาวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ของพลังงานและการผลิตมากขึ้น ให้ทราบถึงปริมาณพลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต ซึ่งการวิเคราะห์ทั้งหมดจะนำไปสู่แนวทางและมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตแบ่งเป็นขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เข้าใจในภาพรวมการใช้พลังงานและกระบวนการผลิตของทั้งโรงงาน

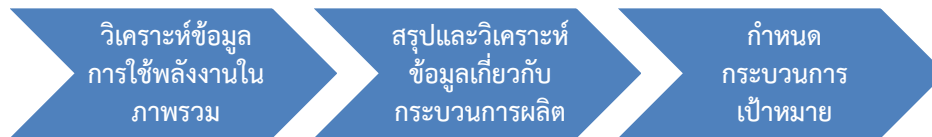
ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อกำหนดมาตรการ

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงาน

4.7.1 การทำความเข้าใจในภาพรวมการใช้พลังงานและกระบวนการผลิตของทั้งโรงงาน

การทำความเข้าใจในภาพรวมการใช้พลังงานและกระบวนการผลิตของทั้งโรงงานมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะได้ทราบว่าผลิตภัณฑ์ออกมาได้อย่างไร ชนิดของพลังงานที่ต้องการใช้ทรัพยากรการผลิตที่เป็นปัจจัยสำคัญ ขั้นตอนไหนของกระบวนการผลิตที่มีแนวโน้มที่จะเกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน หรือขั้นตอนไหนที่กำลังจะเกิดปัญหาอุปสรรคต่อกำลังการผลิตของโรงงาน เพื่อเป็นการตีกรอบและชี้ให้เห็นได้ว่าจุดหรือประเด็นที่น่าสนใจควรสืบค้นต่อไปคือจุดใด ทำให้สามารถกำหนดเป้าหมายที่จะวิเคราะห์ให้ละเอียดเป็นพิเศษได้ วิธีการทำความเข้าใจในภาพรวมการใช้พลังงานและกระบวนการผลิตนั้นพอจะแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในภาพรวม
2. สรุปและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิต
3. กำหนดกระบวนการเป้าหมาย



รูปที่ 4.16 แผนผังวิธีศึกษาทำความเข้าใจการใช้พลังงานและกระบวนการผลิต

1) วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในภาพรวม

ข้อมูลแรกที่ต้องทำการพิจารณาคือ ค่าใช้จ่ายของพลังงาน และสาธารณูปโภคทุกอย่างที่นำเข้าสู่โรงงาน เช่น ไฟฟ้า เชื้อเพลิง น้ำ ฯลฯ เพื่อชี้ให้เห็นว่าพลังงานประเภทใดหรือทรัพยากรใดเป็นค่าใช้จ่ายหลักของโรงงาน เมื่อเราดำเนินการตรวจสอบข้อมูลไปในแต่ละกระบวนการผลิตย่อยจะสามารถเน้นไปที่ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลังงานหรือทรัพยากรหลักดังกล่าว เช่น โรงงานแห่งหนึ่งเมื่อสรุปข้อมูลค่าใช้จ่าย ได้ดังตาราง 4.13 จะเห็นได้ว่า ค่าเชื้อเพลิงน้ำมันเตามีสัดส่วนที่สูงที่สุดและค่าพลังงานไฟฟ้ารองลงมา ดังนั้นควรเน้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง เป็นต้น

ตารางที่ 4.13 สรุปข้อมูลค่าใช้จ่ายของโรงงาน

ลำดับที่	ค่าใช้จ่ายพลังงาน/สาธารณูปโภค	มูลค่า (ล้านบาท/ปี)	อันดับที่
1	ค่าไฟฟ้า	1.6	2
2	ค่าน้ำมันเตา	3.6	1
3	ค่า LPG	0.4	3
4	ค่าน้ำ	0.3	4

นอกจากการสรุปข้อมูลค่าใช้จ่ายแยกประเภทของพลังงานแล้ว การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในภาพรวมนั้นจำเป็นต้องวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานในช่วงเดือนต่างๆ โดยการจัดทำแผนภูมิการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงานรายเดือน รวมถึงการวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานรวมของการผลิตเป็นรายเดือน

- แผนภูมิการใช้พลังงานรวมรายเดือน

แผนภูมินี้จะทำให้เห็นภาพการใช้พลังงานรวมทุกชนิดที่โรงงานใช้ในแต่ละเดือนว่ามี การเปลี่ยนแปลงอย่างไร และมีความผิดปกติจากเดือนเดียวกันของปีก่อนๆ หรือไม่ ถ้า สูงขึ้นกว่าปีก่อนๆ ควรหาสาเหตุว่าเกิดจากอะไร ถ้าเกิดจากปริมาณการผลิตที่มากขึ้น กว่าเดือนเดียวกันในปีก่อนก็ไม่น่าเป็นปัญหานัก แต่ถ้าผลผลิตเท่ากันหรือน้อยกว่าปีก่อน จะต้องไปตรวจสอบการใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ว่าผิดปกติเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งจะต้องไปหาสาเหตุในรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานนั้นๆ

- แผนภูมิค่าใช้จ่ายพลังงานรวมรายเดือน

ค่าใช้จ่ายพลังงานความร้อนรายเดือนอาจมีการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานที่ใช้ถ้าราคา พลังงานชนิดใดชนิดหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นถ้าเส้นกราฟของเดือนใดผิดปกติ จากการใช้พลังงานของเดือนนั้นให้ไปตรวจสอบราคาพลังงานแต่ละชนิดว่ามีการ เปลี่ยนแปลงหรือไม่

- แผนภูมิต้นทุนการใช้พลังงานรวมรายเดือน

แผนภูมินี้จะทำให้ภาพต้นทุนพลังงานต่อผลผลิตที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนว่ามี การเปลี่ยนแปลงอย่างไร และมีความผิดปกติจากเดือนเดียวกันของปีก่อน ๆ หรือไม่ นอกจากนั้นโดยทั่วไปจะใช้เป็นเป้าหมายว่าในแต่ละเดือนลดลงจากค่าเฉลี่ยของปีก่อน ๆ เท่าใด ถ้าไม่ได้ตามเป้าหมายจะต้องหาสาเหตุและแก้ไขปัญหาดังต่อไป ซึ่งดัชนีการใช้ พลังงานอาจใช้ปริมาณพลังงานที่ใช้หารด้วยปริมาณ หรือน้ำหนักผลผลิตหรือวัตถุดิบ หรืออาจใช้มูลค่าการผลผลิต

- แผนภูมิต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงานรวมรายเดือน

แผนภูมินี้จะสัมพันธ์กับแผนภูมิต้นทุนการใช้พลังงานรวมรายเดือน นอกเสียจากราคา พลังงานมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นแผนภูมินี้จะนำไปใช้เพื่อหาค่าใช้จ่ายหรือต้นทุน พลังงานของแต่ละเดือนในภาพรวมได้ เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการปรับราคา ผลผลิตที่จำหน่าย

- แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานรวมกับปริมาณการผลิต

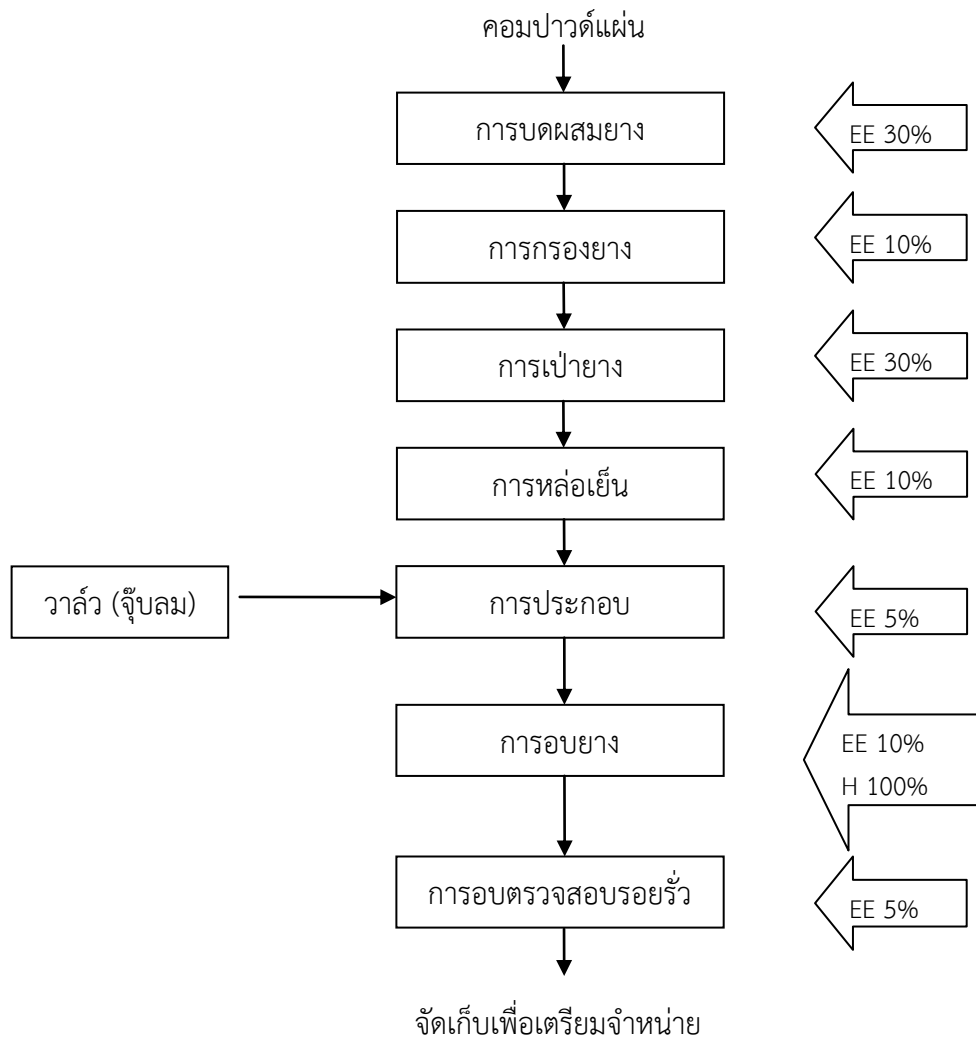
แผนภูมินี้จะทำให้เห็นภาพความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานรวมที่ใช้กับปริมาณการผลิต หรือวัตถุดิบหรือราคาผลิตภัณฑ์ โดยถ้ามีความสัมพันธ์เป็นอย่างดี ค่า R^2 ควรจะ มากกว่า 0.8 และแนวโน้มการใช้พลังงานจะต้องสูงขึ้นตามปริมาณการผลิตที่มากขึ้น เนื่องจากมีการผลิตมากก็จะต้องใช้พลังงานมาก ในกรณีที่สมการที่ได้มีค่า R^2 มากกว่า 0.8 แสดงว่าวิธีการวิเคราะห์หัดดัชนีการใช้พลังงานที่ได้ถูกต้องและมีการควบคุมการใช้ พลังงานได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นสมการที่ได้สามารถนำไปทำนายการใช้พลังงาน

รวมที่ปริมาณการผลิตต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ แต่ถ้าค่า R^2 ต่ำ จะต้องไปตรวจสอบว่า ผลผลิตที่นำมาใช้วิเคราะห์ถูกต้องหรือไม่ หรือมีการใช้พลังงานหรือการผลิตที่ไม่ สม่่าเสมอหรือไม่ นอกจากนั้นเมื่อลากเส้นแนวโน้มลงมาตัดกับแกนตั้งของแผนภูมิ จะ ได้ค่าปริมาณการใช้พลังงานคงที่ (Fixed standing consumption) หมายความว่าไม่ มีการผลิตเลยก็จะมีการใช้พลังงานปริมาณเท่านั้น นอกจากนั้นถ้าเป็นกราฟที่มีความ ชันมากจะบอกให้ทราบว่าเมื่อมีการผลิตมากขึ้นเพียงเล็กน้อย

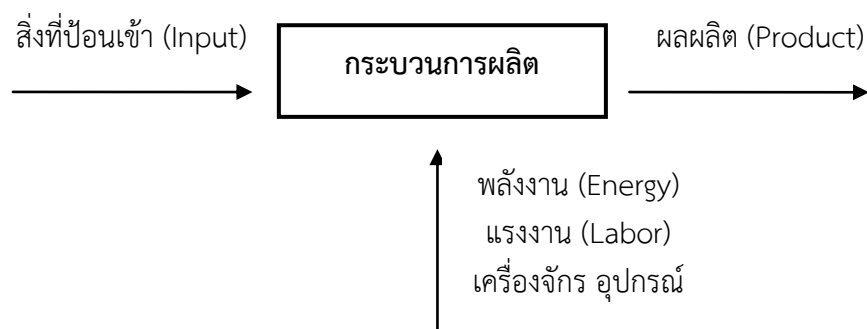
- **แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการใช้พลังงานรวมกับปริมาณการผลิต**

แผนภูมินี้จะทำให้เห็นภาพความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการใช้พลังงานรวมกับปริมาณ การผลิตหรือวัตถุดิบ หรือราคาผลิตภัณฑ์ โดยถ้ามีความสัมพันธ์อย่างดี R^2 ควรจะ มากกว่า 0.8 และแนวโน้มดัชนีการใช้พลังงานจะต้องลดลงตามปริมาณการผลิตที่ สูงขึ้น เนื่องจากสัดส่วนระหว่างพลังงานคงที่ (Fixed consumption) กับพลังงาน แปรเปลี่ยน (Variable of marginal consumption) ลดต่ำลงตามปริมาณการผลิตที่ สูงขึ้น นอกจากนั้นสมการที่ได้สามารถนำไปทำนายดัชนีการใช้พลังงานรวมที่ปริมาณ การผลิตต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ ถ้า R^2 มากกว่า 0.8 แต่ถ้า R^2 มีค่าต่ำจะต้องไป ตรวจสอบว่าปริมาณผลผลิตและพลังงานที่นำมาวิเคราะห์ถูกต้องหรือไม่ นอกจากนั้น ถ้าเส้นกราฟมีความชันมากจะบอกให้ทราบว่าเมื่อมีการเพิ่มผลผลิตเพียงเล็กน้อยจะ ส่งผลให้ดัชนีการใช้พลังงานลดลงได้มาก

- 2) **การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตและการใช้พลังงานเบื้องต้นของแต่ละกระบวนการ**
ระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมก็คือ กระบวนการผลิตที่ดำเนินการเพื่อแปรรูปสิ่งที่ ป้อนเข้า (Input) ในรูปของทรัพยากรในการผลิตหลากหลายรูปแบบผ่านกรรมวิธีต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิต หรือการบริการตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 ระบบการผลิตของ โรงงานจะประกอบด้วย กระบวนการย่อยๆ หลายกระบวนการเชื่อมต่อกัน ดังที่ยกตัวอย่าง แสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.17 กระบวนการยางในรถจักรยานยนต์

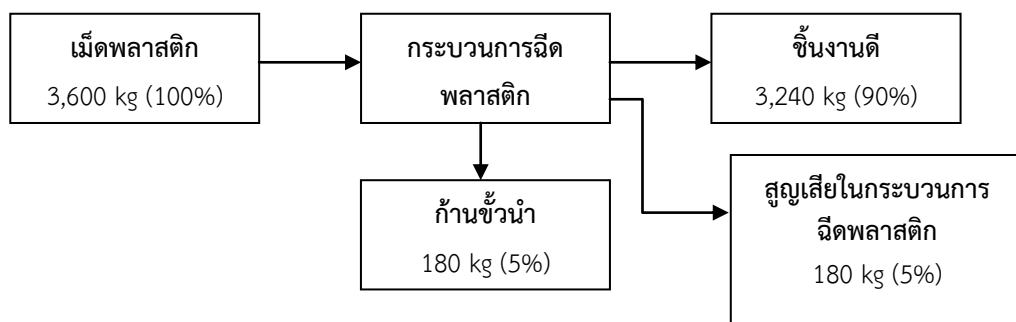


รูปที่ 4.18 กระบวนการผลิต

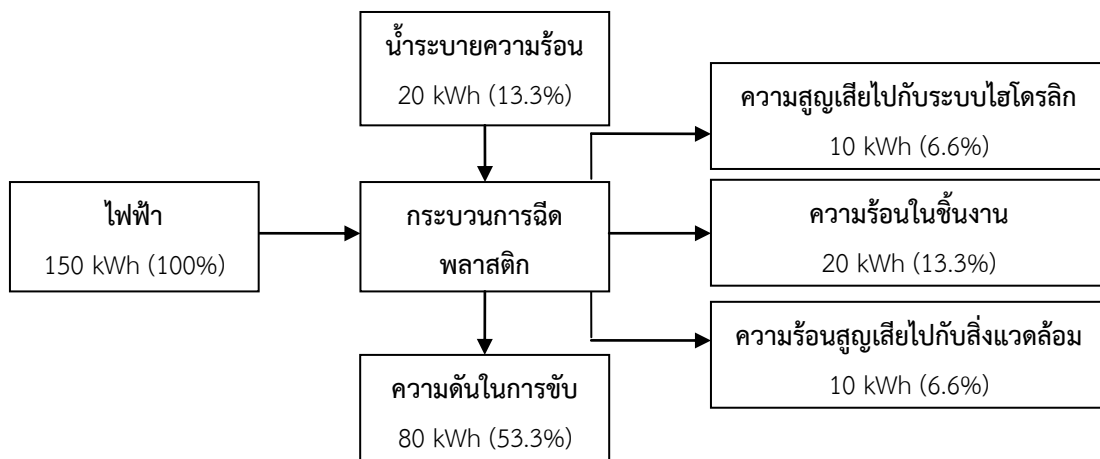
การพิจารณากระบวนการผลิตต้องพิจารณาทำความเข้าใจ วิเคราะห์ปริมาณต่างๆ ทั้งหมดที่
เข้า และออกกระบวนการ เปรียบเทียบปริมาณที่เข้าและออก พิจารณาการเข้าและออกว่า
อยู่ในส่วนไหนบ้าง ขั้นตอนนี้เรียกว่าการทำสมดุล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การทำสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์
2. การทำสมดุลพลังงาน

การทำสมดุลวัตถุดิบและสมดุลพลังงานจะต้องพิจารณากระบวนการผลิตทั้งหมดก่อนเพื่อให้
ได้ภาพรวมของกระบวนการแล้วจึงเข้าไปพิจารณากระบวนการผลิตย่อยที่ละกระบวนการ
แล้วนำกระบวนการย่อยมาเรียงต่อกันเป็นกระบวนการผลิตทั้งหมด



รูปที่ 4.19 ตัวอย่างแผนภูมิแสดงสมดุลวัตถุดิบของกระบวนการฉีดพลาสติก



รูปที่ 4.20 ตัวอย่างแผนภูมิแสดงสมดุลพลังงานของกระบวนการฉีดพลาสติก

3) กำหนดกระบวนการผลิตเป้าหมาย

เนื่องจากในโรงงานจะมีอุปกรณ์ใช้พลังงานอยู่เป็นจำนวนมาก การตรวจสอบทุกอุปกรณ์หรือ
ทุกกระบวนการจะใช้เวลามาก เสียค่าใช้จ่ายมากและมักพบศักยภาพเพียงบางจุดเท่านั้น
ดังนั้นผู้ตรวจวิเคราะห์ควรแบ่งสิ่งที่ต้องปรับปรุงส่วนที่สำคัญมากที่สุดก่อน แล้วค่อยขยาย
ออกไปส่วนที่รองๆ ลงไป ทั้งนี้เราจะต้องรู้อย่างไรว่ากระบวนการผลิตใดที่ควรตั้งเป้าหมายที่จะ
พิจารณาก่อน จึงมีการแนะนำแนวทางหรือประเด็นที่พอจะบ่งชี้ได้ดังนี้

1. พิจารณาจากข้อมูลค่าใช้จ่ายพลังงานของโรงงานที่ทำการพิจารณาในข้อที่ 1 และข้อมูลจากข้อ 2 ที่ได้จัดทำ Energy Flow Diagram ซึ่งพอจะบอกเราได้ว่ากระบวนการใดที่มีการใช้พลังงานมากและเป็นประเภทใด ทั้งนี้เพื่อให้การกำหนดเป้าหมายที่ได้ถูกต้องมากที่สุด จึงควรพิจารณาที่สัดส่วน การใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายพลังงาน
2. พิจารณาจากกระบวนการที่มีการสูญเสียมากๆ ทั้งการสูญเสียในส่วนของวัตถุดิบและการสูญเสียในรูปพลังงาน
3. พิจารณาจากปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตที่ส่งผลต่อปริมาณและประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งข้อมูลอาจได้มาจากการเดินสำรวจในโรงงาน หรือจากการสอบถามจากฝ่ายผลิต รวมไปถึงการสอบถามจากพนักงานที่ควบคุมเครื่องจักรนั้นๆ

ดังนั้นการกำหนดเป้าหมายที่จะวิเคราะห์กระบวนการผลิตและการใช้พลังงานอย่างละเอียดนั้นต้องทำการวิเคราะห์หาสัดส่วนการใช้พลังงาน และสัดส่วนค่าใช้จ่ายพลังงานก่อนเพื่อใช้พิจารณาเปรียบเทียบกำหนดกระบวนการเป้าหมายการวิเคราะห์หาสัดส่วนการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายพลังงานอาจใช้เทคนิคการทำแผนภูมิของพาเรโต มาช่วยในการจัดทำสัดส่วนและเรียงลำดับการใช้พลังงาน มีวิธีและลำดับขั้นตอนดังนี้

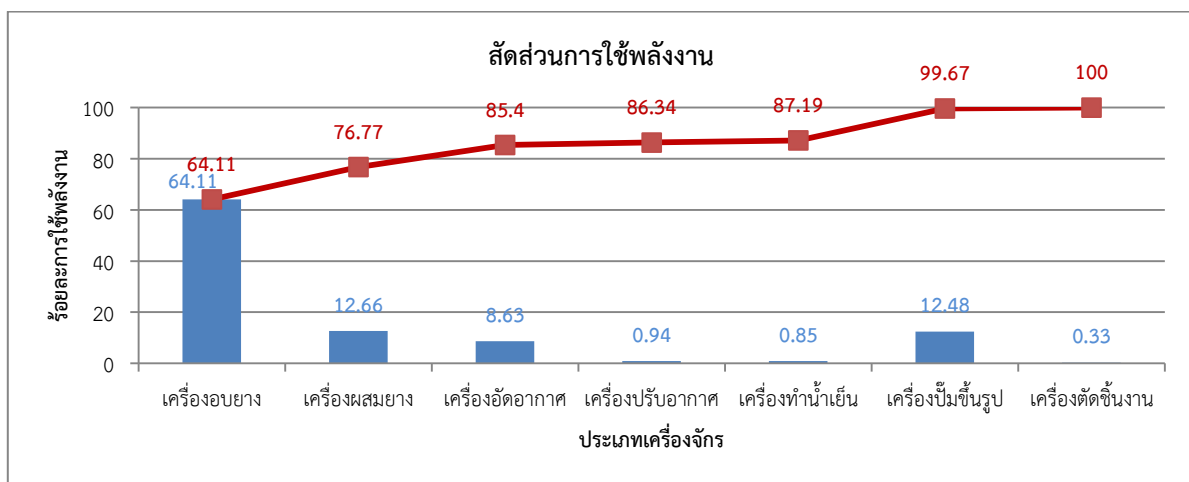
1. ทำการวิเคราะห์หาค่าพลังงานที่ใช้ของแต่ละอุปกรณ์ โดยแบ่งตามประเภทพลังงาน เช่น พลังงานไฟฟ้า นำค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์คูณด้วยจำนวนอุปกรณ์ประเภทเดียวกัน แล้วคูณด้วยระยะเวลาเป็นชั่วโมงทำงานในหนึ่งปี
2. ทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานโดยการคูณราคาพลังงานต่อหน่วยกับค่าพลังงานที่ใช้ทำการจัดกลุ่มประเภทเครื่องจักร
3. เรียงลำดับจากน้อยไปมาก
4. คำนวณหาร้อยละของการใช้พลังงานและร้อยละสะสม
5. เขียนกราฟแท่งระหว่างประเภทกลุ่มเครื่องจักรกับค่าพลังงานที่ใช้และค่าใช้จ่ายพลังงาน

ตารางที่ 4.14 ตารางข้อมูลเครื่องจักรและการใช้พลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ (ผลิตภัณฑ์ยาง)

ลำดับ	ประเภทเครื่องจักร	ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)	จำนวน (เครื่อง)
1	เครื่องผสมยางขนาดใหญ่	190	5
2	เครื่องผสมยาง 2 ลูกกลิ้ง	80	2
3	เครื่องผสมยาง 3 ลูกกลิ้ง	70	2
4	เครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่	220	3
5	เครื่องอัดอากาศขนาดกลาง	95	2
6	เครื่องปรับอากาศในโรงงาน	10	8
7	เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน	2	10
8	เครื่องอบยาง	12	500
9	เครื่องทำน้ำเย็น	10	20
10	เครื่องปั๊มขึ้นรูปขนาดใหญ่	120	5
11	เครื่องปั๊มขึ้นรูปขนาดกลาง	60	15
12	เครื่องตัดชิ้นงาน	1	40

ตารางที่ 4.15 ตารางการวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงาน

ลำดับ	ประเภทเครื่องจักร	ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)	จำนวน (เครื่อง)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	ร้อยละ	ร้อยละ สะสม
1	เครื่องอบยาง	12	500	45,000,000	64.11	64.11
2	เครื่องผสมยาง	340	9	8,877,000	12.66	12.66
3	เครื่องอัดอากาศ	315	5	6,059,600	8.63	8.63
4	เครื่องปรับอากาศ	12	18	658,400	0.94	0.94
5	เครื่องทำน้ำเย็น	10	20	600,000	0.85	0.85
6	เครื่องปั๊มขึ้นรูป	180	20	8,760,000	12.48	12.48
7	เครื่องตัดชิ้นงาน	1	40	233,600	0.33	0.33



รูปที่ 4.21 ตัวอย่างแผนภูมิของพารेटโต

การกำหนดกระบวนการเป้าหมาย ผู้วิเคราะห์ควรสรุปข้อมูลเปรียบเทียบในรูปของตาราง ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ตารางสรุปข้อมูลเปรียบเทียบเพื่อกำหนดกระบวนการเป้าหมาย

ลำดับ	กระบวนการผลิตตามการใช้พลังงาน	กระบวนการผลิตที่มีพลังงานเหลือทิ้ง
1	กระบวนการอบยาง	กระบวนการอบยาง
2	เครื่องผสมยาง	
3	กระบวนการปั๊มขึ้นรูป	
4		
5		
6		

ประเด็นปัญหาในกระบวนการผลิต

1. อากาศอัดไม่พอใช้.....
2. อากาศภายในโรงงานมีอุณหภูมิสูง.....
3. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นจากปีที่ผ่านมา 10%.....

เมื่อสรุปตารางเปรียบเทียบก็สามารถพิจารณากำหนดกระบวนการเป้าหมายได้ เช่น กำหนดกระบวนการอบยาง ประกอบเป็นเป้าหมายแรก เพราะมีการใช้พลังงานสูงสุดและน่าทำให้เกิดปัญหาการมาขึ้นของปริมาณไฟฟ้าของโรงงาน เป็นต้น เมื่อเลือกกำหนดกระบวนการเป้าหมายได้แล้ว ควรทำความเข้าใจกระบวนการผลิตเป้าหมายโดยละเอียดให้เข้าใจกระบวนการอย่างลึกซึ้งเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน สิ่งหนึ่งที่เป็นอุปสรรคสำหรับวิศวกรผู้ดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานที่มีประสบการณ์น้อยก็คือ ความรู้สึกสับสน หวั่นเกรงไม่แน่ใจในความรู้ความสามารถของตนเอง (Cold feet when look into the process) เมื่อพบเห็นเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่มีรูปลักษณะภายนอกที่อาจดูแล้วซับซ้อนยุ่งยาก ทำให้เกิดความไม่มั่นใจว่าจะสามารถวิเคราะห์หรือแก้ปัญหา หากคำตอบวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรนั้นๆ ได้หรือไม่ ซึ่งหากเราพิจารณากระบวนการผลิตในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้กับกระบวนการผลิตเราก็จะสามารถที่จะทำความเข้าใจได้ ไม่ว่ารูปแบบของเครื่องจักรที่ใช้ในในแต่ละขั้นตอนการผลิตจะมีรูปร่างที่แตกต่างกันอย่างไร หากเราพยายามพิจารณาการใช้พลังงานในลักษณะการรับ-ถ่ายเทพลังงาน เพื่อที่จะวิเคราะห์การกระบวนการผลิตย่อยและเครื่องจักรในกระบวนการนั้น ๆ จะส่งผลให้เราสามารถเข้าใจกระบวนการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ เหล่านั้นได้มากขึ้นดังนั้นหากเราพยายามพิจารณากระบวนการผลิต หรือเครื่องจักรอุปกรณ์ในรูปของความสัมพันธ์กับพลังงานที่ใช้ และรูปแบบของการใช้หรือการเปลี่ยนรูปของพลังงาน โดยพยายามที่จะวิเคราะห์ในรูปแบบของการวิเคราะห์กระบวนการผลิตย่อยแล้ว ขั้นตอนการผลิตหรือกระบวนการผลิตต่าง ๆ ภายใต้อุปกรณ์ที่มีรูปร่างหน้าตาที่ต่าง ๆ กันนั้น เราสามารถที่จะทำความเข้าใจถึงกระบวนการทำงานของมันได้ จะช่วยให้เราเริ่มเข้าใจและมองเห็นแนวทางในการปรับปรุงได้ และสามารถที่จะวิเคราะห์หาคักยภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้

4.7.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานซึ่งเป็นขั้นตอนต่อจากที่สามารถทำความเข้าใจกระบวนการผลิตและวิเคราะห์กระบวนการผลิตได้แล้วนั้น คือ การหาปริมาณที่บ่งชี้จุดบกพร่องหรือที่ไม่มีประสิทธิภาพของการใช้พลังงานได้ หลักการพื้นฐานในการวิเคราะห์ คือ การทำสมดุลพลังงานของแต่ละกระบวนการย่อยเพื่อให้ทราบว่าพลังงานที่เข้าได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์มากน้อยเพียงใด และมีการสูญเสียไปทางไหนบ้างมากน้อยเพียงใด เพื่อที่จะนำไปหาทางเพิ่มประสิทธิภาพโดยการลดพลังงานที่สูญเสีย ดังนั้นการวัดผลโดยทั่วไปอาจจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงหรือปริมาณพลังงานที่สูญเสียลดลงก็ได้

$$\text{พลังงานเข้า} = \text{พลังงานที่ใช้ประโยชน์} + \text{พลังงานที่สูญเสีย}$$

$$\text{ประสิทธิภาพ} = (\text{พลังงานที่ใช้ประโยชน์} / \text{พลังงานเข้า}) \times 100$$

จากสมการหลักเบื้องต้นจะเห็นว่า ผู้ประเมินศักยภาพจะต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดเพื่อหาค่าพลังงานเข้า และหาพลังงานที่ใช้ประโยชน์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานจากเชื้อเพลิง พลังงานความร้อนหรือพลังงานกล อีกทั้งต้องหาพลังงานที่สูญเสียที่มากที่สุดเพื่อที่จะหามาตรการดำเนินการให้ลดลง

เหลือน้อยที่สุด นอกจากการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยตรงแล้วยังสามารถที่จะพิจารณาหรือวิเคราะห์ในทางตรงกันข้ามคือ หาส่วนที่ไม่มีประสิทธิภาพเพื่อที่จะบ่งชี้ว่ากระบวนการนั้นๆ ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ซึ่งในภาพรวมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการและการบ่งชี้ส่วนที่ไม่มีประสิทธิภาพสามารถที่จะพิจารณาได้ 6 วิธีดังนี้

1) การเปรียบเทียบสถานะปัจจุบันกับค่าอ้างอิง

อันดับแรก ผู้ตรวจวิเคราะห์ต้องพยายามหาว่ามีเกณฑ์การอ้างอิงใดหรือไม่ของการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตเป้าหมาย เช่น ค่า Benchmark, ค่ามาตรฐานหรือ Specification ของผู้ผลิตหรือระดับเกณฑ์อ้างอิงเดิมที่เครื่องเคยทำได้ หรือค่าการใช้งานที่ดีในอดีตก็อาจเป็นค่าอ้างอิงได้ จุดเหล่านี้จะนำไปสู่การสืบค้นต่อไปว่าจุดใดที่ไม่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

2) การพิจารณาปริมาณพลังงานที่เหมาะสม ณ ที่จุดใช้งาน

พิจารณาว่ากระบวนการต้องการพลังงานและทรัพยากรเท่าใดลดลงได้หรือไม่ จุดแรกที่ควรเน้นพิจารณาก็คือ พลังงานทำหน้าที่อะไรหรือถูกใช้ประโยชน์อย่างไรในกระบวนการผลิต และ ณ จุดนั้นที่แท้จริงแล้ว กระบวนการต้องการพลังงานเท่าใดต้องการทรัพยากรอื่นๆ เท่าใดที่ใช้อยู่เกินความจำเป็นหรือไม่ ถ้ามีการใช้พลังงานหรือทรัพยากรเกินความจำเป็น แสดงว่าเกิดการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพขึ้นในกระบวนการผลิตนั้นๆ ตัวอย่างที่พบเห็นได้บ่อย เช่น การเติมอากาศให้กับบ่อบำบัดน้ำเสียมากเกินไป เครื่องจักรในกระบวนการผลิตที่มีการผลิตต่ำกว่ากำลังการผลิตปกติและไม่ได้มีการปรับแต่งองค์ประกอบอื่นๆ ให้ลดลงตามไปด้วย เป็นต้นกระบวนการผลิตหรือการปฏิบัติการทางอุตสาหกรรมนั้น ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตหรือสิ่งของที่ป้อนเข้า (Input) นอกจากพลังงาน (Energy) แล้ว ยังหมายถึง วัตถุดิบ (Material) อื่น ๆ เช่น น้ำ, สารเคมี และแรงงาน (Labor) ซึ่งต้นทุนการผลิตด้านพลังงานเมื่อเทียบกับต้นทุนด้านอื่นๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมอาจเป็นส่วนไม่สูงมาก ด้วยสาเหตุนี้ในบางครั้งเป้าหมายด้านการประหยัดพลังงานหรือแผนการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานจึงเป็นสิ่งที่เจ้าของโรงงานให้ความสนใจไม่มากหรือหากต้องเลือกจัดลำดับความสำคัญของแผนงานที่จะดำเนินการปรับปรุง แผนการด้านพลังงานอาจเป็นสิ่งที่จะดำเนินการในภายหลังจากการปรับปรุงเทคโนโลยี หรือลงทุนกับอุปกรณ์เครื่องจักรใหม่ในการขยายสายการผลิตได้ ดังนั้นหากต้องการมุ่งเน้นให้เจ้าของโรงงานให้สนับสนุนหรือเห็นชอบในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการใช้พลังงาน ควรพยายามมุ่งประเด็นไปที่การลดปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญเป็นปัจจัยที่เป็นต้นทุนหลักในการผลิตของโรงงาน หรือเป็นทรัพยากรที่อาจก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบอื่น ๆ ต่อโรงงาน อาทิเช่น ปัญหาด้านของเสียที่ต้องกำจัด หรือปัญหาด้านเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในบางครั้งแนวทางในการปรับปรุงเป้าหมายในตอนแรกอาจจะไม่ได้เริ่มจากพลังงานเป็นหลัก จุดประสงค์ในการปรับปรุงอาจจะมุ่งลดทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตอื่น ๆ หรือลดปริมาณของเสียที่ต้องกำจัด แต่อาจแฝงไปด้วยเป้าหมายทางอ้อมเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานก็ได้ นั่นคือสุดท้ายแล้วหากสามารถลดปริมาณปัจจัยการผลิตที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิตลงได้ย่อมจะก่อให้เกิดผลการประหยัดพลังงานได้ด้วยเช่นกัน

3) การพิจารณาการสูญเสียพลังงานของกระบวนการ

วิธีการนี้จะพิจารณาจุดสูญเสียพลังงานของกระบวนการผลิตเป้าหมาย ว่ามีการสูญเสียหรือไม่ ถ้ามีการสูญเสียแสดงว่าการใช้พลังงานอาจอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การพิจารณาควรมุ่งความสนใจที่ตำแหน่งใช้งานแล้วมองย้อนกลับไปตามเส้นทางของพลังงาน ผู้ตรวจวิเคราะห์ต้องพิจารณาว่าพลังงานถูกใช้ประโยชน์อย่างไรในการผลิต จุดที่พลังงานถูกใช้ประโยชน์นี้เอง มักจะเป็นจุดสิ้นเปลืองและมีการสูญเสีย ต้องพิจารณาว่ามีพลังงานที่สูญเสียไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ สูญเสียอย่างไรบ้าง ปริมาณเท่าใด จากนั้นเน้นจุดที่มีความสำคัญและพิจารณาว่าสามารถป้องกันหรือลดการสูญเสียเหล่านั้นได้อย่างไร

หากเราสามารถลดปริมาณพลังงานที่สูญเสียจากจุดที่ใช้งาน หรือพยายามลดปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตลง 1 เปอร์เซ็นต์จะส่งผลให้ประหยัดพลังงานได้มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ต้นทาง เนื่องจากจะช่วยลดปริมาณความร้อนที่สูญเสียได้ตั้งแต่ต้น ดังนั้นการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพควรเริ่มต้นที่จุดที่มีการใช้พลังงาน (End use)

4) การพิจารณาพลังงานหรือผลผลิตที่เหลือทิ้งกลับมาใช้

การนำพลังงานหรือผลผลิตที่เหลือทิ้งกลับมาใช้เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องพิจารณา เพราะการทิ้งพลังงานไปอย่างเปล่าประโยชน์ทั้งที่ยังมีศักยภาพในการใช้งานอยู่ ถือเป็นการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่ง ดังนั้นวิธีการที่มักจะทำให้ผลคุ้มค่าและประหยัดพลังงานได้ค่อนข้างมากก็คือ การนำพลังงานหรือผลผลิตที่เหลือทิ้งนำกลับมาใช้ใหม่ ผู้วิเคราะห์ควรพิจารณาว่ามีพลังงานหรือผลผลิตใดบ้างที่เหลือทิ้งจากกระบวนการ ทั้งนี้หากเราสามารถที่จะดึงเอาพลังงานที่เหลือทิ้งกลับมาได้ แต่หากไม่สามารถหาจุดหรือตำแหน่งที่เราจะนำพลังงานที่ได้นั้นไปใช้ประโยชน์ได้ มาตรการนั้นย่อมไม่เกิดประโยชน์อย่างใด จากจุดนี้เราควรคำนึงถึงตำแหน่งหรือวิธีการที่เราจะนำพลังงานที่ได้นี้กลับไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นผู้วิเคราะห์จึงควรหาข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิตของโรงงานว่าในแต่ละกระบวนการมีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดในการใช้พลังงานอย่างไรบ้าง เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาตำแหน่งหรือกระบวนการที่สามารถรองรับพลังงานที่นำกลับมาใช้ได้

5) การพิจารณาวิธีการบริหารจัดการ

พิจารณาการบริหารจัดการในการผลิตและการบำรุงรักษา ว่ามีการบริหารจัดการที่ดีหรือไม่ สามารถที่พัฒนาเพิ่มระดับการจัดการให้สูงขึ้นได้หรือไม่ เนื่องจากการบริหารจัดการที่ดีจะส่งผลถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีด้วย ซึ่งวิธีการบริหารจัดการเป็นการปรับปรุงการสั่งการใช้งานเครื่องจักรจากคน ซึ่งได้แก่ ผู้ควบคุมหรือผู้บำรุงรักษาเป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายต่ำในบางครั้งสามารถก่อให้เกิดผลประโยชน์ที่สูงมาก วิธีการบริหารจัดการเครื่องจักรในกระบวนการผลิตประกอบด้วย การปรับตั้ง การควบคุมการใช้งาน การบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ การขาดการบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบจะทำให้ประสิทธิภาพพลังงานต่ำลง สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น ความเชื่อถือได้ของเครื่องจักรอุปกรณ์ลดลง การผลิตลดลง คุณภาพผลผลิตลดลง และนำไปสู่ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการหยุดการผลิต

6) เทคโนโลยี/วิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง

พิจารณาว่ากระบวนการผลิตเป้าหมายที่กำลังพิจารณาว่ามีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าหรือไม่ นั่นคือ ถ้ามีเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแสดงว่ากระบวนการผลิตที่กำลังพิจารณานั้นมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีแล้วในปัจจุบัน จึงต้องทำการพิจารณาปรับเปลี่ยน ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีนั้นส่วนใหญ่ใช้งบประมาณปรับปรุงมากจึงควรพิจารณาการคุ้มค่าการลงทุนอย่างระมัดระวัง

4.7.3 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

หลังจากที่สามารถบ่งชี้หรือประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตเป้าหมายได้แล้ว จะดำเนินการประเมินศักยภาพหามาตรการแนวทางที่เป็นไปได้ โดยละเอียดถึงความคุ้มค่าในการลงทุนปรับปรุง โดยประเมินผลประโยชน์ เงินลงทุน และระยะเวลาคืนทุน

ศักยภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต อาจกระทำได้ตั้งแต่วิธีการง่ายๆ ตั้งแต่การบริหารจัดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่ใช้ในการผลิตหรือวิธีการใช้งานหรือดูแลบำรุงรักษาเครื่อง ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนหรือลงทุนน้อย ไปจนถึงการลงทุนปรับปรุงเพิ่มเติมอุปกรณ์ควบคุมบางส่วน ซึ่งเป็นการลงทุนปานกลาง หรือจนกระทั่งทำการปรับปรุงปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องจักรใหม่ที่มีเทคโนโลยีที่สูงขึ้น ใช้พลังงานน้อยลงแต่ต้องใช้เงินทุนที่สูง ซึ่งวิธีการปรับปรุงหรือมาตรการการอนุรักษ์พลังงานสามารถกำหนดได้จากการพิจารณาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตทั้ง 6 วิธี ที่ได้นำเสนอในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่งเราสามารถจะหามาตรการที่มีศักยภาพได้อย่างเป็นระบบได้โดยใช้ตารางตรวจสอบในแต่ละกระบวนการที่วิเคราะห์ดังนี้

กระบวนการผลิต.....

ลำดับ	ประเด็นพิจารณาประสิทธิภาพ	ศักยภาพ		หมายเหตุ
1	เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง	☐ ได้	☐ ไม่ได้	
2	ปริมาณพลังงานที่เหมาะสม	☐ ได้	☐ ไม่ได้	
3	การสูญเสียพลังงานของกระบวนการผลิต	☐ ได้	☐ ไม่ได้	
4	พลังงานหรือผลผลิตที่เหลือทิ้งกลับมาใช้	☐ ได้	☐ ไม่ได้	
5	การบริหารจัดการ	☐ ได้	☐ ไม่ได้	
6	เทคโนโลยี/วิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง	☐ ได้	☐ ไม่ได้	

ทั้งนี้แนวทางและเทคนิคการสำรวจหาแนวทางอนุรักษ์พลังงานในรายอุปกรณ์โดยละเอียดจะนำเสนอในบทที่ 5 ต่อไป หลังจากที่สามารถหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานได้แล้ว การกำหนดเป้าหมายมาตรการอนุรักษ์พลังงานจะต้องวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในมาตรการดำเนินการที่ไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตหรือถ้ามีต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ความคุ้มค่าในการลงทุน ระยะเวลาคืนทุนในการดำเนินการนั้น ๆ ในการวิเคราะห์ผลประโยชน์ของมาตรการจำเป็นต้องทำโดยวิศวกรที่ความเข้าใจในกระบวนการผลิต เพื่อที่จะประเมินผลประโยชน์ได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงมากที่สุดหลักการพื้นฐานในการวิเคราะห์คือ การเปรียบเทียบ

ผลต่างปริมาณพลังงาน ผลต่างของประสิทธิภาพหรือผลต่างดัชนีชี้วัดกระบวนการผลิตนั้น ๆ แต่โดยทั่วไป อุปกรณ์หลักต่าง ๆ จะมีรูปแบบของประสิทธิภาพหรือดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเฉพาะที่ใช้ในการเปรียบเทียบ เช่น เครื่องทำน้ำเย็น จะใช้ค่า kW/TR, เครื่องอัดอากาศจะใช้ kW/m³/min, ปั๊มน้ำใช้ GPM/kW และพัดลมใช้ CFM/kW เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์ผลประหยัดพอจะสรุปเป็นแนวทางตามประเด็นที่เกิดการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงและใช้ในการเปรียบเทียบผลต่างที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุง ได้แก่

1. การประเมินศักยภาพจากการเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์
2. การประเมินศักยภาพจากการสูญเสียพลังงาน
3. การประเมินศักยภาพจากการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต

รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงาน

อุปกรณ์		ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพ		พลังงานที่ประหยัด
1. การเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์หลัก	เครื่องทำน้ำเย็น	= กำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งระบบ (รวมทั้งปั๊ม คอมเพรสเซอร์ พัดลมระบายความร้อนและอื่นๆ)/ปริมาณความเย็นที่ผลิตทั้งหมด	= kW/TR	= (kW/TR เดิม - kW/TR ที่ประเมิน) x ต้นความเย็นที่ใช้ (TR) x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี (hr) x ตัวประกอบการใช้งาน (OF)
	เครื่องอัดอากาศ	= กำลังไฟฟ้าที่ใช้/อัตราการผลิตลมอัด	= kW/m ³ /min	= (kW/m ³ /min เดิม - kW/m ³ /min ที่ประเมิน) x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี (hr) x ตัวประกอบการใช้งาน (OF)
	ปั๊มน้ำ	= อัตราการสูบน้ำ/กำลังไฟฟ้าที่ใช้	= GPM/kW	= (อัตราการไหลของน้ำที่ใช้ (GPM)/(GPM/kW ที่ประเมิน - GPM/kW เดิม) x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี (hr) x ตัวประกอบการใช้งาน (OF)
	พัดลม	= อัตราการไหลอากาศ/กำลังไฟฟ้าที่ใช้	= CFM/kW	= (อัตราการไหลที่ใช้ (CFM)/(CFM/kW ที่ประเมิน - CFM/kW เดิม) x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี (hr) x ตัวประกอบการใช้งาน (OF)
	หม้อไอน้ำ	= ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ทั้งระบบ/ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งระบบ	= kg ไอน้ำ/ kg เชื้อเพลิง	= (ปริมาณไอน้ำที่ใช้ (ตัน)/((ปริมาณไอน้ำต่อเชื้อเพลิงประเมิน - ปริมาณไอน้ำต่อเชื้อเพลิงเดิม)) x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี (hr) x ตัวประกอบการใช้งาน (OF)
2. การลดการสูญเสียพลังงาน	การสูญเสียในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า	ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	= PF	= (กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ประเมิน - กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียเดิม) x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี (hr) x ตัวประกอบการใช้งาน (OF)
	การสูญเสียในระบบความร้อน	ปริมาณความร้อนไหลออกจากระบบ	= MJ/hr	= (ปริมาณความร้อนสูญเสียต่อชั่วโมงที่ประเมิน-ปริมาณความร้อนสูญเสียต่อชั่วโมงที่ประเมินเดิม) x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี (hr) x ตัวประกอบการใช้งาน (OF) เมื่อ
	ความร้อนแฝง (Latent Heat)	= อัตราการไหลเชิงมวล (m) x ค่าความร้อนแฝงของสารทำงาน (h _{fg})	= MJ/hr	m = อัตราการไหลเชิงมวล kg/hr
	ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat)	= อัตราการไหลเชิงมวล (m) x ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Cp) x อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ΔT)	= MJ/hr	h _{fg} = ค่าความร้อนแฝงของสารทำงาน kJ/kg Cp = ความจุความร้อนจำเพาะ kJ/kg.K ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง K
3. การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต	กระบวนการผลิต (การเพิ่มผลผลิตพลังงานไฟฟ้า)	= พลังงานไฟฟ้าที่ใช้/ปริมาณผลผลิตของกระบวนการนั้นๆ	= kWh/หน่วยผลิต	= (พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิตเดิม - พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิตใหม่) x จำนวนหน่วยผลผลิตทั้งปี x ตัวประกอบการทำงาน
	กระบวนการผลิต (การเพิ่มผลผลิตพลังงานความร้อน)	= พลังงานความร้อนที่ใช้/ปริมาณผลผลิตของกระบวนการนั้นๆ	= MJ/หน่วยผลิต	= (พลังงานความร้อนที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิตเดิม - พลังงานความร้อนที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิตใหม่) x จำนวนหน่วยผลผลิตทั้งปี x ตัวประกอบการทำงาน
	กระบวนการผลิต(การลดของเสียพลังงานไฟฟ้า)	= พลังงานไฟฟ้าที่ใช้/ปริมาณผลผลิตของกระบวนการนั้นๆ	= kWh/หน่วยผลิต	= จำนวนหรือปริมาณของเสียที่ลดลงต่อชั่วโมง x ดัชนีพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนกระบวนการนั้น x ชั่วโมงการผลิตต่อปี x ตัวประกอบการทำงาน
	กระบวนการผลิต (การลดของเสียพลังงานความร้อน)	= พลังงานความร้อนที่ใช้/ปริมาณผลผลิตของกระบวนการนั้นๆ	= MJ/หน่วยผลิต	= จำนวนหรือปริมาณของเสียที่ลดลงต่อชั่วโมง x ดัชนีพลังงานความร้อนที่ใช้ในขั้นตอนกระบวนการนั้น x ชั่วโมงการผลิตต่อปี x ตัวประกอบการทำงาน

หมายเหตุ OF = ตัวประกอบการใช้งาน Operating factor, GPM = แกลลอนต่อนาที, CFM = ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

4.8 การประเมินการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากผลการอนุรักษ์

วิธีการประเมินปริมาณ CO₂ ให้พิจารณาตามข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมของ IPCC โดยค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะแยกตามชนิดของเชื้อเพลิงดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 คำนวนการปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แยกตามชนิดเชื้อเพลิง¹

ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณ CO ₂ ที่ปลดปล่อย (Mg CO ₂ /TJ)
น้ำมันดีเซล	74.07
น้ำมันดิบ	70.26
น้ำมันเตา	71.64
LPG	63.07
NG	56.10
ไม้	110.07
ถ่านไม้	110.44
แกลบข้าว	114.58
กากอ้อย	219.12
ไฟฟ้า	201.81

ตารางที่ 4.19 ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ²

ประเภท	ชนิด	หน่วย	ค่าความร้อนเฉลี่ย (MJ/หน่วย)
ไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง	3.60
ก๊าซ	ก๊าซธรรมชาติ	ล้านบีทียู/ลูกบาศก์ฟุต	10.55
	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	กิโลกรัม	50.23
	(LPG)	ลิตร	26.62
เชื้อเพลิงเหลว	น้ำมันเตา เกรด A	ลิตร	37.78
	น้ำมันเตา เกรด C	ลิตร	40.64
	น้ำมันดีเซล	ลิตร	36.42
เชื้อเพลิงแข็ง	ถ่านหินลิกไนท์	กิโลกรัม	10.47
	แกลบ	กิโลกรัม	14.4
	ขานอ้อย	กิโลกรัม	7.53
	ขี้เลื่อย	กิโลกรัม	10.88

หมายเหตุ เนื่องจากข้อกำหนดของ IPCC ระบุว่า เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นรูปแบบของพลังงานหมุนเวียน ซึ่งปลูกทดแทนได้และสามารถดูดซับ CO₂ ที่ปล่อยออกมาได้ทั้งหมด ดังนั้น เมื่อมองถึงภาพโดยรวมแล้ว การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลจะถือว่าไม่มีผลต่อการปล่อยปริมาณ CO₂ ออกสู่บรรยากาศ ดังนั้น ในการพิจารณามาตรการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ได้กำหนดเป็นแนวทาง ดังนี้

กรณีที่ 1 การลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงชนิดชีวมวล จะคิดถึงผลกระทบจากการลดการปลดปล่อย CO₂

กรณีที่ 2 การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงจากฟอสซิลเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล จะคิดถึงผลกระทบจากการปลดปล่อย CO₂ จากเชื้อเพลิงฟอสซิลเท่านั้น

กรณีที่ 3 การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล จะคิดถึงผลกระทบจากการปลดปล่อย CO₂ จากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีการใช้เพิ่มขึ้น

¹ ที่มา : IPCC Reference Approach for Estimating CO₂ Emission from Fossil Fuel Combustion

Mega (M) = 10⁶ Mg = Megagrams

Tera (T) = 10¹² TJ = TeraJoule

² ที่มาข้อมูล : ฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงาน 2545 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตัวอย่าง การคำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน
แห่งหนึ่งทางโรงงานสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 100 kWh/ปี ลดการใช้น้ำมันเตา C ได้ 100 ลิตร/ปี
พลังงานไฟฟ้า 100 kWh/ปี ลดการใช้แกลบข้าว 1,000 kg/ปี และเปลี่ยนจากเชื้อเพลิงซีล้อยปริมาณ 100 kg/
ปี เป็นน้ำมันเตา 30 ลิตร/ปี

ปริมาณ CO₂ ที่ลดลงจากการลดการใช้ไฟฟ้า 100 kWh/ปี

- | | |
|---|--|
| 1) ทำการแปลงหน่วยพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูป TJ | = $100 \times 3.6 = 360 \text{ MJ} = 360 \times 10^{-6} \text{ TJ}$ |
| 2) CO ₂ Emission Coefficient ของพลังงานไฟฟ้า | = 201.81 Mg CO ₂ /TJ |
| 3) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ ที่ลดลงจากพลังงานไฟฟ้า | = $360 \times 10^{-6} \times 201.81$
= 72.65 kg CO ₂ /ปี |

ปริมาณ CO₂ ที่ลดลงจากการลดการใช้น้ำมันเตา C ได้ 100 ลิตร/ปี

- | | |
|--|---|
| 1) ทำการแปลงหน่วยพลังงานให้อยู่ในรูป TJ | = $100 \times 40.64 = 4,064 \text{ MJ} = 4,064 \times 10^{-6} \text{ TJ}$ |
| 2) CO ₂ Emission Coefficient ของน้ำมันเตา | = 71.64 MgCO ₂ /TJ |
| 3) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ ที่ลดลงจากน้ำมันเตา | = $4,064 \times 10^{-6} \times 71.64$
= 291.14 kgCO ₂ /ปี |

ปริมาณ CO₂ ที่ลดลงจากปริมาณแกลบข้าวที่ลดลง 1,000 kg/ปี

- | | |
|--|---------------------------|
| 1) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ ที่ลดลง | = 0 kgCO ₂ /ปี |
| * ลดการใช้เชื้อเพลิงชนิดชีวมวล จะไม่คิดถึงผลกระทบจากการลด
การปลดปล่อย CO ₂ | = 0 kgCO ₂ /ปี |

ปริมาณ CO₂ ที่ลดลงจากปริมาณซีล้อยที่ลดลง 100 kg/ปี

- | | |
|--|---------------------------|
| 2) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ ที่ลดลง | = 0 kgCO ₂ /ปี |
| * ลดการใช้เชื้อเพลิงชนิดชีวมวล จะไม่คิดถึงผลกระทบจากการลด
การปลดปล่อย CO ₂ | = 0 kgCO ₂ /ปี |

ปริมาณ CO₂ ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำมันเตา C ได้ 30 ลิตร/ปี

- | | |
|--|--|
| 4) ทำการแปลงหน่วยพลังงานให้อยู่ในรูป TJ | = $30 \times 40.64 = 1,219.2 \text{ MJ} = 1,219.2 \times 10^{-6} \text{ TJ}$ |
| 5) CO ₂ Emission Coefficient ของน้ำมันเตา | = 71.64 MgCO ₂ /TJ |
| 6) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ ที่ลดลงจากน้ำมันเตา | = $1,219.2 \times 10^{-6} \times 71.64$
= 87.34 kgCO ₂ /ปี |

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ที่ลดลงรวม

$$= 72.65 + 291.14 + 0 + 0 - 87.34$$

$$= 276.45 \text{ kg CO}_2/\text{ปี}$$

ตารางที่ 4.20 ตัวอย่างค่า Emission factor ของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติกวัสดุ
อุปกรณ์และสารเคมีในอุตสาหกรรม

ลำดับที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
วัสดุ				
1	Glass	kg	1.1870	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
2	เข็มถักผ้า (เครื่องจักร)	kg	5.3669	Stainless steel, wire rod จาก JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
3	Wood domestic	kg	0.0619	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
4	Wood chip	kg	0.0735	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
5	จาระบี	kg	1.0547	อ้างอิงจาก Grease ใน CFP EF data V.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น
6	ถุงมือ (ผ้าฝ้าย)	kg	2.1100	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007 GWP 100A
7	ทินเนอร์	kg	2.1222	อ้างอิงจาก Grease ใน CFP EF data V.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น
8	น้ำมันเกียร์	kg	1.0700	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
9	น้ำมันป็นด้าย	kg	0.6157	Lubricant oil (due to mineral oil, animal, and plant purchased) ใน CFP EF Data data V.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น, density 0.99
10	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	kg	0.6157	
11	แว็กซ์ (เทียน) สำหรับปั่นด้าย	kg	0.8500	Paraffin, at plant/RER S, Ecoinvent 2.0
12	เศษผ้าทำความสะอาด	kg	2.1100	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
13	อุปกรณ์ป้องกันเสียง (Ear plug)	kg	2.1000	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
14	แอลกอฮอล์ทำความสะอาด	kg	1.2600	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
น้ำอุตสาหกรรม				
1	น้ำประปา	kg	0.0003	Ecoinvent 2.0
2	น้ำประปา	kg	0.0264	Metropolitan waterworks Authority (Thailand)
3	น้ำอ่อน (Softening, use resin and ion exchange)	kg	0.0000258	Ecoinvent 2.0
4	น้ำอ่อน (Tap water m3)	kg	0.2416	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
5	น้ำหล่อเย็น	kg	0.0003	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007 GWP 100A
6	การบำบัดน้ำเสีย	kg	0.0012	JEMAI
7	Industrial water	kg	0.1359	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
ก๊าซอุตสาหกรรม				
1	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (น้ำอัดลม)	kg	0.2600	SimaPro
2	CO2	kg	0.1605	Thai LCI data
3	ก๊าซแอมโมเนีย	kg	0.3000	SimaPro
4	H ₂	kg	0.5502	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
5	Hydrogen	kg	0.1355	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
6	Nitrogen	kg	0.1705	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
7	Oxygen	kg	0.4206	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
สารเคมี				
1	เบนซิน	kg	1.0103	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
2	เพนเทน	kg	1.9627	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
3	โพรเพน	kg	0.1021	Thai LCI data
4	มีเทน	kg	0.2377	Thai LCI data
5	อีเทน	kg	0.3403	Thai LCI data

ลำดับที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
อุตสาหกรรมพลังงาน				
1	LNG	kg	0.4826	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
2	LPG _{mix}	kg	0.4116	Thai LCI data
3	Naphtha (น้ำมันจำพวกปิโตรเลียม)	kg	0.3451	Thai LCI data
4	NGL	kg	0.4645	Thai LCI data
5	ก๊าซหุงต้ม(LPG) จากกระบวนการกลั่น	kg	0.3851	Thai LCI data
6	ก๊าซหุงต้ม (LPG) จากก๊าซธรรมชาติ	kg	0.4980	Thai LCI data
7	แก๊สโซลีน (Gasoline)	kg	0.3409	Thai LCI data
8	เบนซิน – การเผาไหม้	L	2.1896	IPCC 2007 (use calorific value from DEDE)
9	ดีเซล (Diesel) น้ำมันโซลาร์	kg	0.3215	Thai LCI data
10	ดีเซล – การเผาไหม้	L	2.7080	IPCC 2007
11	ถ่านหิน (Cooking coal) การเผาไหม้	kg	2.6268	IPCC 2007
12	ถ่านหิน – การผลิต	kg	0.0243	JEMAI, coal (electricity, IDN)
13	น้ำมันก๊าด (Kerosene)/Jet oil	kg	0.3119	Thai LCI data
14	น้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil)	kg	0.3041	Thai LCI data
15	ไฟฟ้า	kWh	0.5610	TC common data
ยาง				
1	Natural rubber, latex foam	kg	0.6160	TH-Research
2	Natural rubber	kg	0.4419	TH-Research
3	Synthetic rubber	kg	2.1700	Ecoinvent 2.0
4	Reclaim rubber	kg	0.7197	TH-Research
5	ยางยูเรเทน	kg	4.8500	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
6	ยาง	kg	2.6300	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
7	Styrene butadiene rubber	kg	3.3993	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
8	Olefins C6	kg	2.2663	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
อุตสาหกรรมพลาสติก				
1	ABS	kg	3.8700	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007 GWP 100A
2	ABS resin	kg	2.6379	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
3	ABS + Fiber glass	kg	1.5200	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007 GWP 100A
4	CPP	kg	1.8900	BUWAL 250 (PP granulate average B250)
5	Epoxy resin	kg	5.4523	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
6	EPS	kg	4.2425	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
7	Film AUL	kg	11.6000	BUWAL 250
8	Film LLDPE	kg	2.2300	Frankin US 98
9	Film PET	kg	0.0055	Industry data 2.0
10	Film PP	kg	0.0020	Industry data 2.0 (Polypropylene resin E)
11	GPPS	kg	2.9187	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
12	HDPE	kg	1.6170	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
13	HDPE bag	kg	1.5200	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
14	HIPS	kg	3.1699	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
15	LLDPE	kg	1.6894	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
16	LDPE Sheet	kg	2.6360	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
17	Magnetite	kg	0.8250	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
18	Mat. OP/LLDPE	kg	0.0366	TRF Rice Project

ลำดับที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
อุตสาหกรรมพลาสติก				
19	Nylon	kg	1.9100	LCA Food DK
20	PE Foam	kg	2.100	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007 GWP 100A
21	PET	kg	3.7700	ETH-ESU 96 (PET ETH S)
22	Polybutadiene	kg	5.5210	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
23	Polycarbonate	kg	6.7364	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
24	Polycrylonitrile	kg	3.7107	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
25	Polyester polyol	kg	1.2391	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
26	Polyester resin	kg	7.5400	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
27	Polypropylene	kg	1.6862	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
28	Polystyrene	kg	2.2971	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
29	Polyurethane (flexible polyurethane)	kg	3.9736	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
30	Polyurethane (regid urethane board)	kg	3.3284	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
31	PS (fire retardancy)	kg	2.7408	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
32	PS film for laminating of tray	kg	3.0259	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
33	PU foam	kg	4.3100	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007
34	PVC	kg	1.1983	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
35	P-xylene	kg	1.4076	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
36	Styrene	kg	2.1909	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
37	Vinyl chloride monomer	kg	1.0218	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
38	Xylene	kg	1.0103	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
39	ถุงพลาสติก PP	kg	2.3990	Ecoinvent 2.0 IPCC 2007 GWP 100a(PP granulate+extrusion of plastic film)
40	ถุงพลาสติก PE	kg	1.5200	HDPE bag จาก JEMAI Pro ด้วยไฟฟ้าของประเทศไทย
41	ฟิล์มพลาสติก PE	kg	2.6360	LDPE sheet จาก JEMAI Pro ด้วยไฟฟ้าของประเทศไทย

หมายเหตุ ค่า Emission Factor ของผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ และกิจกรรมเช่นสามารถค้นหาได้จาก
<http://www.thaieei.com/eei2009/pdf/article>

4.9 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินมาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่มีการลงทุน มีความจำเป็นต้องใช้วิธีการทางการเงินเพื่อประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่จะได้จากการที่จะลงทุน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดลำดับความสำคัญของมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน และใช้งบประมาณและทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดอย่างคุ้มค่า วิธีการทางการเงินที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินผลตอบแทนของมาตรการได้แก่

4.9.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple payback period)

4.9.2 การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value)

4.9.3 การหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return)

4.9.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple payback period)

ระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย หมายถึง ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการที่มาตรการจะให้มูลค่าผลตอบแทนคืนมูลค่าของการลงทุนที่ใช้ไป การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่ายของมาตรการอนุรักษ์พลังงานจะใช้เป็นหน่วยของจำนวนปี โดยผลตอบแทนที่ได้คือ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีนั่นเอง

$$\text{ระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย(ปี)} = \text{มูลค่าการลงทุน (บาท)} / \text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)}$$

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย เป็นวิธีการที่ง่ายที่ทำให้คำนวณผลตอบแทนของโครงการได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมักใช้ทั่วไปกับมาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่มีเงินลงทุนไม่มากนัก ข้อเสียของการคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่ายคือ ไม่ได้พิจารณามูลค่าทางการเงินที่เปลี่ยนไปตามระยะเวลา ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราเงินเฟ้อต่างๆ ดังนั้นในมาตรการที่มีจำนวนเงินลงทุนสูงๆ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทางการเงินอื่นๆประกอบด้วย

ระยะเวลาคืนทุนของมาตรการ

- น้อยกว่า 3 ปี เป็นมาตรการที่มีผลตอบแทนสูงและสนใจในการดำเนินการ
- ระหว่าง 3 ถึง 7 ปี เป็นมาตรการที่มีผลตอบแทนไม่สูงนัก แต่อยู่ในข่ายในการที่จะพิจารณาลงทุนได้โดยอาจจะต้องคำนึงถึงผลประโยชน์อื่นๆ ร่วมด้วย
- มากกว่า 7 ปี เป็นมาตรการที่มีผลตอบแทนต่ำ ซึ่งมักจะไม่น่านำมาพิจารณาในการลงทุน ยกเว้นแต่ว่าโครงการนั้นมีความจำเป็นจริงๆ

4.9.2 การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value)

เนื่องจากมูลค่าของเงินเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการนำผลของช่วงเวลามาพิจารณา เพื่อประเมินมูลค่าหรือผลตอบแทนของมาตรการอนุรักษ์พลังงาน วิธีคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิคือการแปลงมูลค่าเงินลงทุน ค่าใช้จ่ายต่างๆ รวมทั้งผลตอบแทนที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานมาเป็นมูลค่าของเงินในปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบบนฐานเวลาเดียวกัน

การคำนวณจะใช้อัตราคิดลด (Discount factor) เพื่อแปลงมูลค่าทางการเงินในช่วงระยะเวลาต่างๆ มาเป็นมูลค่าในปัจจุบัน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

$$= - \text{มูลค่าการลงทุน} + \frac{(\text{ผลการประหยัด}-\text{ค่าใช้จ่าย})}{(1+\frac{i}{100})} + \frac{(\text{ผลการประหยัด}-\text{ค่าใช้จ่าย})}{(1+\frac{i}{100})^2} + \dots + \frac{(\text{ผลการประหยัด}-\text{ค่าใช้จ่าย})}{(1+\frac{i}{100})^n}$$

โดยที่ i = อัตราคิดลด (%)

n = ระยะเวลามาตรการ (ปี)

โดยปกติ เราจะพิจารณาลงทุนเฉพาะมาตรการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่านั้น โดยมาตรการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกมาก จะเป็นมาตรการที่มีผลตอบแทนในการลงทุนสูง

4.9.3 การหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return)

อัตราผลตอบแทนภายใน เป็นวิธีการทางการเงินที่อยู่บนพื้นฐานของการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ การหาอัตราผลตอบแทนภายในของมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ทำได้โดยการหาอัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของมาตรการที่มีค่าเท่ากับศูนย์ การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในจะต้องกำหนดระยะเวลาของมาตรการ ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดตามอายุการใช้งานของระบบหรืออุปกรณ์ที่ติดตั้ง อัตราผลตอบแทนภายในจะคำนวณได้จากสูตร

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = 0

$$0 = - \text{มูลค่าการลงทุน} + \frac{(\text{ผลการประหยัด}-\text{ค่าใช้จ่าย})}{(1+\frac{irr}{100})} + \frac{(\text{ผลการประหยัด}-\text{ค่าใช้จ่าย})}{(1+\frac{irr}{100})^2} + \dots + \frac{(\text{ผลการประหยัด}-\text{ค่าใช้จ่าย})}{(1+\frac{irr}{100})^n}$$

โดยที่ irr = อัตราคิดลด Discount rate (%)

n = ระยะเวลามาตรการ (ปี)

เกณฑ์ในการใช้อัตราผลตอบแทนภายใน ในการประเมินมาตรการการอนุรักษ์พลังงานก็คือ มาตรการใดก็ตามที่มีอัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่า อัตราผลตอบแทนที่องค์กรสามารถหาได้จากลงทุนประเภทอื่นๆ หรือเกณฑ์ต่ำสุดขององค์กร มาตรการนั้นก็ควรจะได้รับการพิจารณา

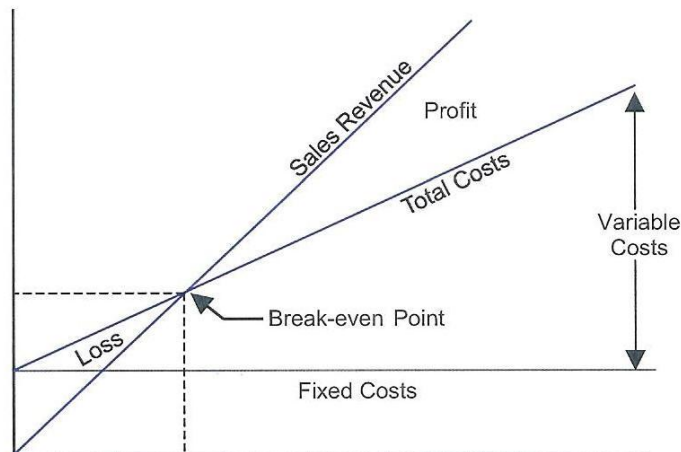
ตัวอย่างการพิจารณาต่างๆ ก็คือ ถ้ามาตรการอนุรักษ์พลังงานมีอัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ได้จากการนำเงินที่มีอยู่ไปฝากธนาคาร มาตรการนั้นก็ควรจะถูกพิจารณาในการลงทุน

ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนแบบต่างๆ

แบบที่ 1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple payback period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่โครงการจะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาคุ้มกับค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไป ตัวอย่างเช่น

- โครงการหนึ่งต้องการเงินลงทุน 100,000 บาท
- ผลประโยชน์ที่ได้ของโครงการมีมูลค่า 50,000 บาทต่อปี
- ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ ค่าใช้จ่ายที่ลงทุน/ผลตอบแทนต่อปี (หรือผลประหยัด)
- ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2 ปี



รูปที่ 4.22 การหาจุดคุ้มทุน

แบบที่ 2 การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value)

ขายสินค้า A โดยไม่มีการหักค่าเสื่อมราคา ให้คำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินที่ท่านได้รับหลังจากขายสินค้า A ในอีก 4 ปีข้างหน้า

- สินค้า A ที่ต้องการขายเมื่ออายุการใช้งานครบ 4 ปี อัตราส่วนลดมีค่า 8% ถ้าท่านจะขายสินค้า A ใน อีก 4 ปีข้างหน้า
- จะได้รับเงินจากผู้ซื้อ = 160,000 บาท
- อัตราส่วนลด = 8%
- ค่าส่วนลด = $\frac{1}{(1+0.08)^4} = 0.735$
- มูลค่าในอีก 4 ปีข้างหน้า คิดจาก $160,000 \times 0.735 = 117,600$ บาท

แบบที่ 3 การหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return)

สำหรับตัวอย่างการหุ้มฉนวน ถ้าหากค่าอัตราส่วนลดเพิ่มขึ้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะเป็นอย่างไร พิจารณาจากตารางข้างล่าง

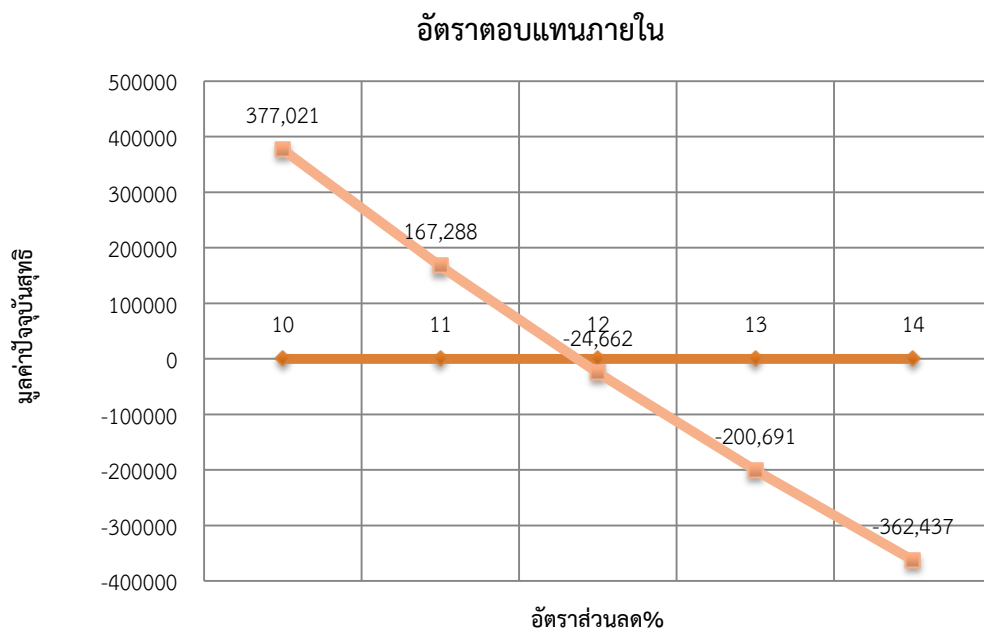
จากมาตรการประหยัดพลังงานของการหุ้มฉนวนเครื่อง Injection molding ตลอดอายุโครงการ ให้คำนวณค่าใช้จ่ายสุทธิโดย

- ค่าใช้จ่ายลงทุน = 3,456,000 บาท
- ผลประหยัดที่ได้ = 505,125 บาท/ปี
- อายุของฉนวน = 15 ปี
- อัตราส่วนลด = 11 %

ตารางที่ 4.21 แสดงสัดส่วนลดกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

อัตราส่วนลด	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
10	377,021
11	167,288
12	-24,662
13	-200,691
14	-362,437

การหาอัตราผลตอบแทนภายในที่แน่นอน (ตัวเลขที่กราฟตัดแกน x) สามารถเขียนกราฟได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.23 การแสดงสัดส่วนลดกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

จากกราฟ จะพบว่าค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 11.8 %

บทที่ 5

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม เคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก

5.1 การวัดเปรียบเทียบสมรรถนะการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต (Benchmarking energy use in processing)

การวัดเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking) เป็นกระบวนการในการประเมินและตั้งเป้าหมาย เพื่อให้เกิดการปรับปรุงและผลสำเร็จ ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงการทำงานที่ผ่านการพิสูจน์มาแล้วในหลายธุรกิจ และใช้ได้ผลดีเป็นอย่างยิ่งในการบริหารพลังงาน

การวัดเปรียบเทียบสมรรถนะนั้นว่าด้วยการตั้งเป้าหมายขึ้นมาเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและปรับปรุงการทำงาน โดยจะเป็นตัวผลักดันในการลดต้นทุน

การเริ่มต้นกระบวนการวัดเปรียบเทียบสมรรถนะจำเป็นต้องประมาณการถึงสภาพความเป็นไปของทั้งภาคอุตสาหกรรมและประมาณการถึงสถานภาพของบริษัทเมื่อเปรียบเทียบกับทั้งภาคอุตสาหกรรมเป็นการเปิดโอกาสให้บริษัทได้รับรู้ถึงสัดส่วนการใช้พลังงานของตนเองโดยเปรียบเทียบกับภายในภาคอุตสาหกรรมนั้น

ในการบริหารพลังงานจะต้องมีการจัดตั้งโครงสร้างการบริหารพลังงานซึ่งจะนำไปใช้ตั้งเป้าหมายต่าง ๆ และนำโครงสร้างดังกล่าวไปใช้งานจริงกับโครงการต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายเหล่านั้นซึ่งในแง่ของการวัดเปรียบเทียบสมรรถนะแล้วจะเป็นเป้าหมายในการประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากกระบวนการนี้เป็นตัวผลักดันในการลดต้นทุนนั่นเอง โดยสิ่งที่จะนำมาเป็นตัวชี้วัดนั้นจะต้องวัดได้ง่าย รวดเร็ว และแม่นยำ เพื่อความประหยัด ซึ่งจะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

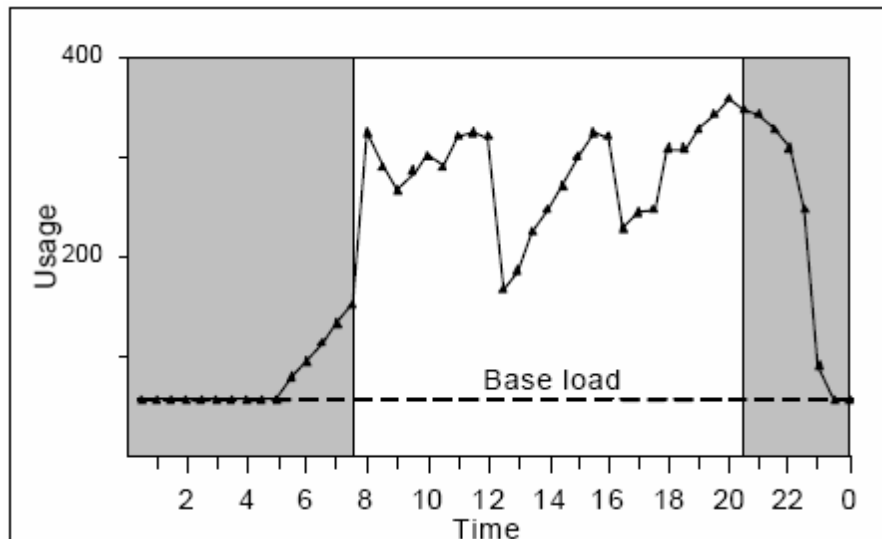
พลังงานทั้งหมดที่โรงงานใช้ประกอบด้วย (1) พลังงานส่วนกลางที่ระบบสนับสนุนการผลิตใช้ เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบบริการกลางฯ พลังงานส่วนนี้ค่อนข้างคงที่แม้ผลผลิตจะเพิ่มหรือลดลง

ต่อไปจะเรียกพลังงานส่วนนี้ว่า ภาระฐาน (Base load) และ (2) พลังงานส่วนผันแปรกับปริมาณผลผลิต ดังนั้นพลังงานที่โรงงานใช้แสดงได้ด้วยสมการ

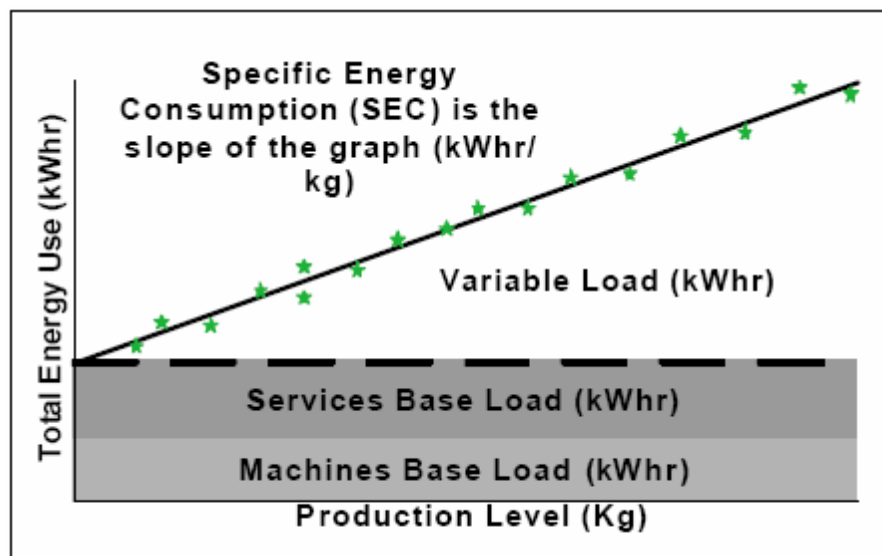
$$\text{พลังงานทั้งหมดที่ใช้ไป} = \text{ภาระฐาน} + (\text{ปริมาณการผลิต} \times \text{ดัชนีการบริโภคพลังงานจำเพาะ}) \text{ หรือ}$$

$$\text{The totals energy used} = \text{Base load} + (\text{Production volume} \times \text{SEC})$$

โดยความหมายของภาระฐาน (Base load) และสมการข้างต้นนี้อธิบายได้ดังรูปที่ 5.1 และ รูปที่ 5.2 ตามลำดับ



รูปที่ 5.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ณ เวลาต่างๆ ซึ่งจะเพิ่มจากค่าภาระฐานขึ้นไปตามปริมาณการผลิต



รูปที่ 5.2 พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ซึ่งจะเพิ่มจากค่าภาระฐานขึ้นไปตามปริมาณการผลิต โดยความชันของเส้นกราฟนี้คือ ค่าดัชนีการบริโภคพลังงานจำเพาะ (SEC) ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม

โดยกลยุทธ์ที่จะช่วยทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ก็คือ

1. การลดภาระฐาน (Base load) ซึ่งเป็นการลดต้นทุนคงที่ (fixed cost)
2. การลดค่าดัชนีการบริโภคพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption: SEC) ซึ่งเป็นการลดต้นทุนแปรผัน (Variable cost)

ค่าที่จะนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดในการวัดเปรียบเทียบสมรรถนะนั้นได้แก่ ภาระของโรงงาน (Site load) ซึ่งรวมภาระฐาน (Base load) และภาระแปรผัน (Variable load) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต และค่าดัชนีการบริโภคพลังงานจำเพาะของโรงงาน (site SEC) วิธีปฏิบัติที่จะใช้ต่อไป ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน หรือ SEC (Specific energy consumption) จะหมายถึงพลังงานรวม (พลังงานใช้ที่ภาระฐานและใช้ที่ภาระผันแปร) หารด้วยผลผลิต

5.1.1 การวัดค่าตัวชี้วัดต่างๆ ที่สามารถทำได้โดยโรงงานเอง

สำหรับการหาค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน SEC ของโรงงานต้องอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณจัดซื้อวัตถุดิบ ผลิต และใบแจ้งปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยจะนำไปคำนวณหาค่าประมาณขั้นต้นของ SEC โดยรวมของโรงงาน (site SEC) ได้ ซึ่งค่านี้จะสูงกว่าค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของ SEC ของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เนื่องจากผลของการใช้พลังงานแปรผันไปกับการสร้างความร้อน แสงสว่างและสิ่งอื่น ๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดผลผลิต

ค่าประมาณ SEC โดยรวมของโรงงานที่มีกระบวนการผลิตเดียวจะเท่ากับปริมาณพลังงานโดยรวมรายเดือน หรือรายปีที่โรงงานใช้หารด้วยผลผลิตของช่วงเวลาเดียวกับการใช้พลังงาน ในรายโรงงานที่มีหลายกระบวนการผลิตให้จำแนกปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตของแต่ละกระบวนการผลิต แล้วนำผลผลิตไปหารปริมาณพลังงานที่กระบวนการผลิตนั้นใช้ที่ระยะเวลาเดียวกัน จะได้ SEC ของกระบวนการผลิตนั้น

สำหรับการหาค่าสมรรถนะรายเครื่องจักรในกระบวนการฯ เช่น กระบวนการ Injection molding สามารถทำได้โดยใช้มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า (Power meter) เพื่อทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องจักรนั้นใช้ขณะกำลังผลิตอยู่ ภาระหรือกำลังไฟฟ้าของเครื่องฉีดพลาสติกนั้นจะมีค่าที่แกว่งมากในแต่ละรอบการทำงาน (Cycle) การประมาณค่าภาระเฉลี่ยให้มีความแม่นยำนั้นจำเป็นต้องใช้ดุลยพินิจของพนักงานที่ควบคุมเครื่องจักรนั้น ในส่วนพลังงานที่ใช้ทำความร้อนจะมีค่าเปลี่ยนไปตามการตัดต่อของ Heater แต่ละเครื่องซึ่งควบคุมโดยเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) แต่สามารถที่จะหาค่าเฉลี่ยได้จากการวัดค่าในช่วง 10 ถึง 15 นาทีโดยทั่วไปแล้วจะมีการจ่ายไฟฟ้าไปยังตู้ควบคุมของเครื่องจักรจากนั้นค่อยแยกจ่ายไปยังส่วนอื่น ๆ ได้แก่ Hydraulics, Extruder และส่วนต่างๆ ที่ทำหน้าที่สนับสนุนการทำงานของเครื่องฉีด เช่น Hopper, Granulator และ Conveyor เป็นต้น การวัดค่าแยกในแต่ละส่วนนั้นมักจะวัดที่ตู้ควบคุม ส่วนการวัดค่าโดยรวมของเครื่องฉีดพลาสติกนั้นให้วัดที่แผงจ่ายไฟย่อย (Sub-station distribution board) จะทำได้สะดวกกว่า ซึ่งการวัดในตำแหน่งดังกล่าวจะเป็นการวัดรวมไปถึงส่วนต่าง ๆ ที่สนับสนุนการทำงาน ที่อยู่ปลายน้ำอีกด้วย การใช้พลังงานของระบบไฮดรอลิกจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแต่ก็ค่อนข้างที่จะคงที่ สำหรับเครื่องฉีดพลาสติก พลังงานใช้ที่ระบบอากาศอัดและน้ำหล่อเย็น ต้องจัดสรรการใช้พลังงานให้กับแต่ละเครื่องนำไปรวมกับพลังงานที่ใช้ในส่วนอื่นของกระบวนการผลิต รวมเป็นพลังงานรวมที่ใช้ทั้งหมดในการการผลิตของเครื่องฉีดพลาสติก แล้วจึงคำนวณเป็นค่า SEC ของกระบวนการผลิต เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า Energy benchmarking ของกระบวนการผลิตที่ต้องการเปรียบเทียบ

5.1.2 ค่า Energy benchmarking ของผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติก

ในส่วนนี้ขอแนะนำค่า Energy benchmarking เฉพาะในส่วนของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติก เท่านั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้ ด้วย SEC ของผลิตภัณฑ์ที่ตรวจวัดได้จากเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นกับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ระยะเวลาของ Cycle และ Load factor ของเครื่องจักร หรือ Production rate (kg/hr/machine) การประเมินว่าโรงงานใดมีค่า SEC เหมาะสมหรือไม่ ให้เปรียบเทียบ SEC ของโรงงานนั้นกับค่า SEC มาตรฐาน จากการได้ประมวผลผลงานจัดทำค่า SEC (Benchmarking energy) ของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกประเทศสหรัฐอเมริกาของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ (1) Injection molding (2) Blown molding และ (3) Extrusion โรงงานที่ประสงค์จะทราบสภาพของตนเอง ให้ประเมิน Production rate ของโรงงานเอง และ SEC ของโรงงานแล้วเปรียบเทียบกับ SEC (Benchmarking) ถ้า SEC ของโรงงานใดสูงกว่า โรงงานนั้นใช้พลังงานเกินค่ามาตรฐาน สมควรดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ในประเทศไทยเองกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้จัดทำโครงการสำรวจและตรวจวัดค่า SEC ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง และอุตสาหกรรมพลาสติกมาแล้ว ซึ่งน่าจะยังคงสามารถใช้เป็นค่าเป้าหมาย (Energy benchmarking) ของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง และอุตสาหกรรมพลาสติกได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ถึง 5.3

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) ไฟฟ้าของอุตสาหกรรมพลาสติกแต่ละประเภท

ลำดับ	ประเภทกระบวนการผลิต	วัตถุดิบที่ใช้ผลิตส่วนใหญ่	ผลิตภัณฑ์	SEC ตรวจวัด* kWh/kg		SEC avg** kWh/kg
				min	max	
1	Blown Film Extrusion	HDPE, LLDPE, PE, PA	ถุงพลาสติกหิ้ว, ถุงขยะ, ถุงบรรจุภัณฑ์, ถุงในของกระสอบ, ฯลฯ	0.596	0.975	0.715
2	Sheet Extrusion + Thermoforming			1.028	2.663	2.479
2.1	Sheet Extrusion	PP, PS, PE, PMMA	พลาสติกแผ่น, แพคเกจพลาสติก, แผ่นพลาสติกที่นำไปใช้ในการขึ้นรูปต่อไป	0.617	1.868	0.867
2.2	Thermoforming	Plastics sheet (PP, PS, PE)	ภาชนะใส่อาหาร, ถาดบรรจุภัณฑ์, เครื่องสำอาง, หลักระเบาะรถ, ฯลฯ	0.411	0.795	0.612
3	Film Extrusion	PP, PE, PET, PS, HDPE, PC, PA	ฟิล์มใช้ในงานเขียน, ฟิล์มถ่ายรูป/ถ่ายเอกสาร, เทปกาว, ฟิล์มห่ออาหาร, ฯลฯ	0.666	0.85	0.732
4	การถลุงพลาสติกสำเร็จรูป			0.952	2.196	1.382
4.1	Type/Yarn filament	PP, PE, PET, PA6 (Nylon6)	เส้นเทปทำกระสอบ, เอ็นตกปลา, ด้ายนำไปถักแกว/อวน, เชือก, ฯลฯ	0.631	1.091	0.835
4.2	การทอ	Plastics type (PP, HDPE, PE)	กระสอบพลาสติก, ถุงปุ๋ย, กระสอบข้าวสาร, ถุงจัมโบ้, ฯลฯ	0.181	0.675	0.348
4.3	Laminating	PE, PP	ซองขนมอบกรอบ, พลาสติกแผ่นที่ต้องการกันความชื้น/ใช้ในการเคลือบสี, ฯลฯ	0.14	0.43	0.199

ลำดับ	ประเภทกระบวนการผลิต	วัตถุดิบที่ใช้ผลิตส่วนใหญ่	ผลิตภัณฑ์	SEC ตรวจวัด* kWh/kg		SEC avg** kWh/kg
				min	max	
5	Pipe/Tube extrusion	PVC, HDPE, PP	ท่อน้ำประปา, ท่อน้ำทิ้ง, ท่อร้อยสายไฟ, ท่อสายยาง, ท่อพลาสติก, ฯลฯ	0.512	1.172	0.688
6	Profile extrusion	PVC (rigid), HDPE	รางน้ำ, วงกบประตู, ประตูห้องน้ำ, รางสายไฟ, ราวบันได, ยางลบ, ฯลฯ	0.569	1.243	0.732
7	Blow molding	HDPE, PP, PE, PVC	ขวดน้ำมันเครื่อง, ขวดแกลลอน, ขวดนม, ขวดน้ำยาล้างจาน, ฯลฯ	1.178	2.848	1.716
8	Stretch blpwn molding	PET, PC, PP	ขวดน้ำดื่ม, ขวดน้ำอัดลม, ขวดยา, ขวดปากกว้าง, ฯลฯ	1.396	3.437	2.53
9	Roto molding	PVC compound, LDPE, PP	ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่, ถังใส่เครื่องมือ, ถังใส่ผลไม้, ถังขยะ, เรือบดทิ้งล่า, ฯลฯ	0.104	0.47	0.24
10	Compressed molding	Melamine compound	จาน, ชาม, ถ้วย, ช้อน, ทัพพี, ถาดใส่อาหาร, ที่เขี่ยบุหรี่, เครื่องใช้ในครัวเรือนต่าง ๆ	1.952	2.33	2.14
11	Injection molding	Thermoplastics (PP, PE, PS, ABS, etc)	ชิ้นส่วนยานยนต์, ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า, ข้อต่อท่อประปา, ฝาปิดขวด/ถัง, ฯลฯ	0.474	4.449	2.039
12	Calendering	PVC compound	แผ่นพลาสติก PVC, แผ่นรองพื้น, เสื้อน้ำมัน, หนังเทียม, ฯลฯ	0.433	1.144	0.77

*SEC ตรวจวัด = ประเมินได้จากการตรวจวัดที่โรงงานตัวอย่างใช้พลังงานกระบวนการผลิตหารด้วยปริมาณผลผลิตของกระบวนการนั้น

**SEC avg. = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล SEC จากกระบวนการผลิตประเภทเดียวกัน เป็นจำนวนไม่ต่ำกว่า 10 ข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง

ที่มา : โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมพลาสติก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) ความร้อนของอุตสาหกรรมพลาสติกแต่ละประเภท

ลำดับ	ประเภทกระบวนการผลิต	วัตถุดิบที่ใช้ผลิตส่วนใหญ่	ขั้นตอนการผลิตที่ใช้ความร้อนเชื้อเพลิง	SEC ตรวจวัด* MJ/kg		SEC avg** MJ/kg
				min	max	
1	Calendering	PVC compund	ใช้ในการผสมไม้ต้ม และลูกกลิ้ง (Roll mill) เพื่อรีดเนื้อพลาสติกให้เป็นแผ่น	4.33	8.04	6.18
2	Film extrusion	PP, PE, PET, PS, HDPE, PC, PA	ใช้ในการผลิตถุงขนมที่มีการใช้ความร้อนในการเคลือบแผ่นพลาสติกฟิล์ม	7.69	10.85	9.448
3	Rotational molding	PVC compund	ให้ความร้อนกับแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปมี 2 แบบ คือปิดและเปิดสู่บรรยากาศ	1.61	5.05	4.56

*SEC ตรวจวัด = ประเมินได้จากการตรวจวัดที่โรงงานตัวอย่างใช้พลังงานกระบวนการผลิตหารด้วยปริมาณผลผลิตของกระบวนการนั้น

**SEC avg. = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล SEC จากกระบวนการผลิตประเภทเดียวกัน เป็นจำนวนไม่ต่ำกว่า 10 ข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง

ที่มา : โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมพลาสติก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) ความร้อนของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

Rubber sector	Stage	Product Proportion (Material)	Number of Factories			SEC MJ/kg	Benchmark MJ/kg	Delta MJ/kg	Potential
			Total	Data	Data Proportion				
Block	Middle	40.00%	34	34	100%	2.77	1.92	0.85	30.58%
Sheet	Middle	40.00%	96	18	18.75%	3.82	2.24	1.59	41.47%
Concentrated	Middle	20.00%	59	31	52.54%	1.05	0.68	0.37	35.08%
Tire	Final	50.00%	120	25	20.83%	19.92	14.26	5.66	28.42%
Dipping	Final	20.00%	89	29	32.58%	105.81	86.77	19.04	17.99%
Extruding	Final	10.00%	59	17	28.81%	15.92	10.42	5.49	34.52%
Forming	Final	10.00%	361	35	9.70%	61.44	36.31	25.13	40.90%
miscellaneous	Final	10.00%	100	11	11.00%	18.59	11.74	6.85	36.83%
Average value						21.78	16.07	-	16.22%

ที่มา : Project studying of energy efficiency index in rubber industry กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

หลังจากเข้าใจถึงขั้นตอนของกระบวนการผลิต และการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต รวมทั้งการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน เทียบค่ามาตรฐาน ต่อไปเป็นขั้นตอนการหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และลดการใช้พลังงานและทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต อาจทำได้ตั้งแต่วิธีง่าย ๆ ตั้งแต่การบริหารจัดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่ใช้ในการผลิตหรือวิธีการใช้งานหรือดูแลบำรุงรักษาเครื่อง ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนหรือมีการลงทุนน้อย ไปจนถึงการลงทุนปรับปรุงเพิ่มเติมอุปกรณ์ควบคุมบางส่วน ซึ่งเป็นการลงทุนปานกลาง หรือจนกระทั่งทำการปรับปรุงปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องจักรใหม่ที่มีเทคโนโลยีที่สูงขึ้น ใช้พลังงานน้อยลงแต่ต้องใช้เงินลงทุนที่สูง และต้องวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินการว่าไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตหรือมีในระดับที่ยอมรับได้ ความคุ้มค่าในการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนในการดำเนินการมาตรการนั้น ๆ

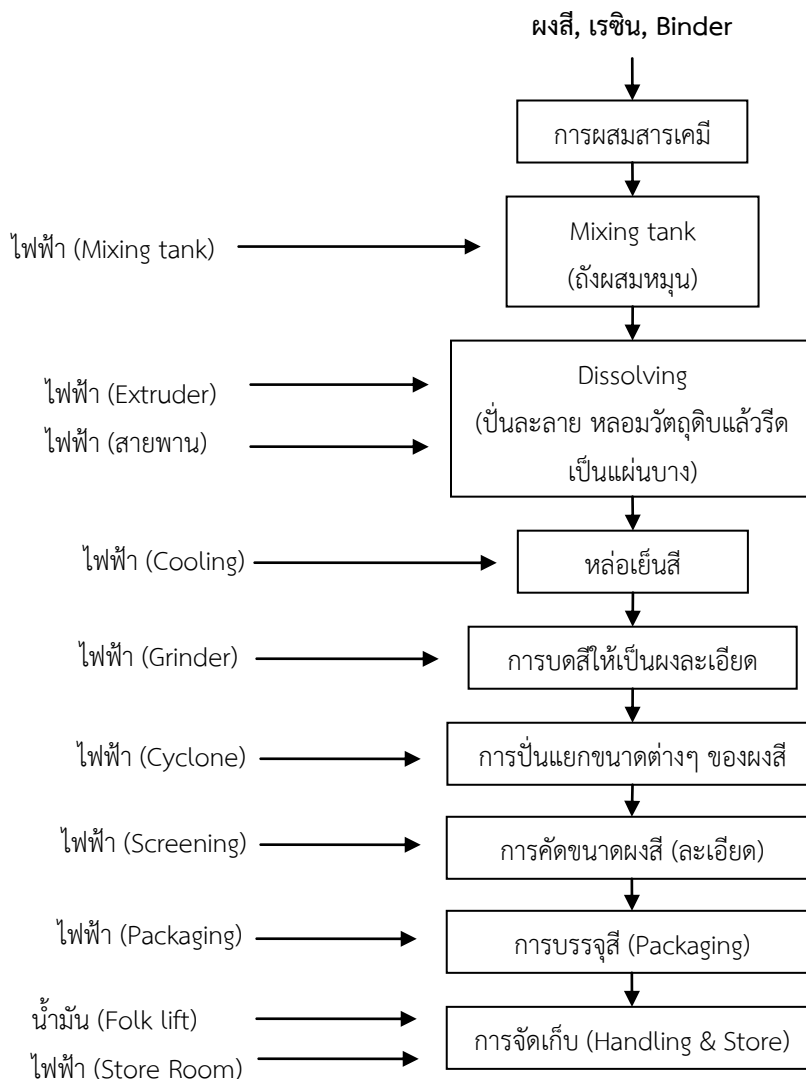
ลำดับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยาง และพลาสติก ในภาพรวมเท่านั้น จากนั้นจะเป็นตารางกำหนดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 5.6, 5.10 และ 5.13

5.2 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตสี

5.2.1 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสี

ลักษณะการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสีผง และ ผลิตสีเคลือบจะเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้า ในอุปกรณ์หลักที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ซึ่งในแต่ละกระบวนการผลิตจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ดังต่อไปนี้

5.2.1.1 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสีผง (Powder paint)



รูปที่ 5.3 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสีผง

ภาพรวมของการใช้พลังงานและลักษณะการสูญเสียพลังงานของอุตสาหกรรมสีผง โดยขั้นตอนของการบดสีในเครื่อง Grinding machine จะเป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 50 % ขั้นตอน

mixing ประมาณ 20% การปรับแต่งสี 15% และการบรรจุประมาณ 10% อื่น ๆ 5 % อุปกรณ์ไฟฟ้าหลัก ๆ ของอุตสาหกรรมผลิตสี ได้แก่

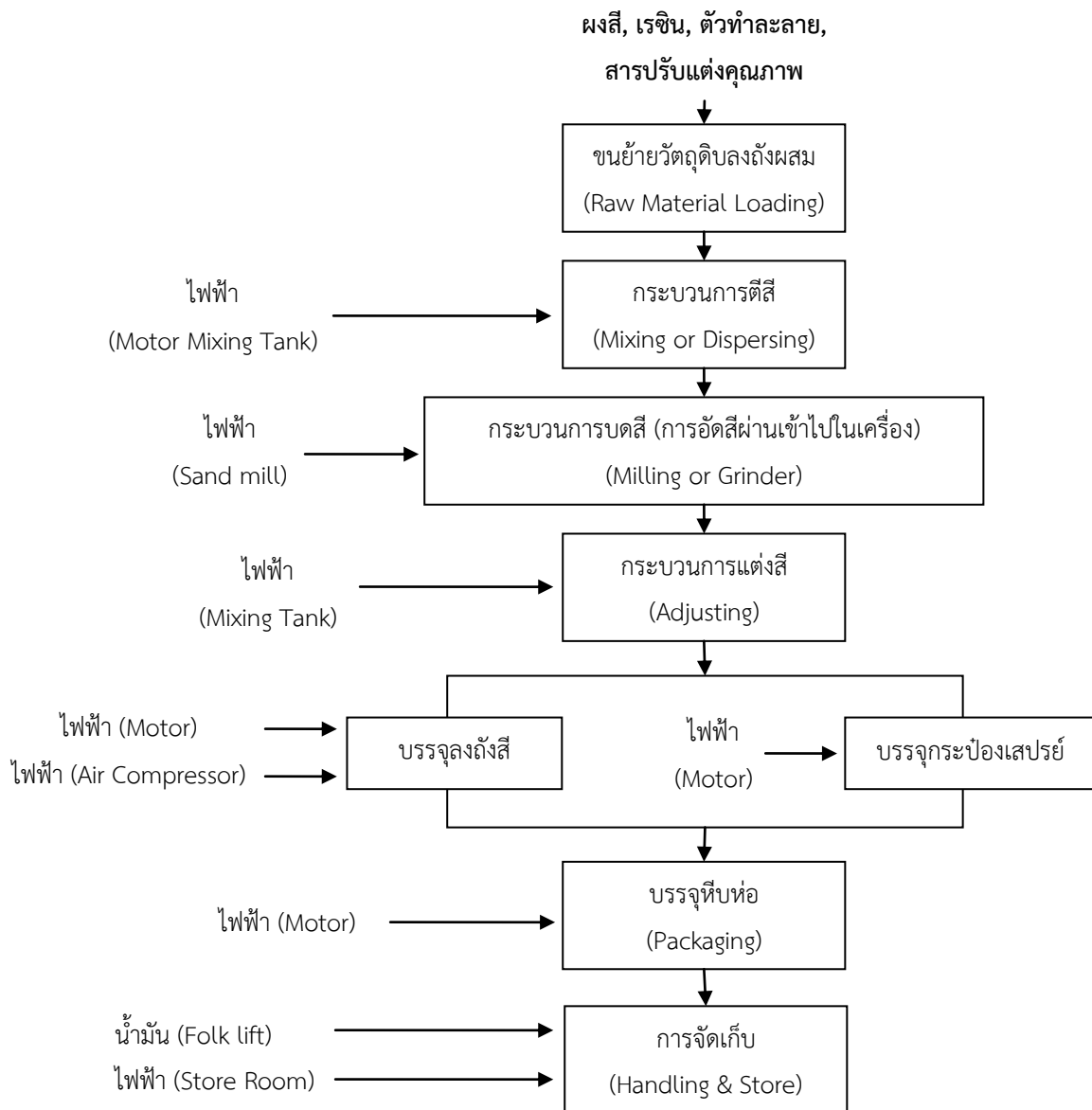
- มอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งใน Mixing tank, Grinding machine, Cyclone, Screening machine
- เครื่องรีด (Extruder)
- Blower ที่ติดตั้งเพื่อทำหน้าที่ดูดผงเคมีและกลั่นภายในถัง Mixing ที่
- เครื่องอัดอากาศ มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการรั่วไหลของอากาศอัดจากระบบอัดอากาศ
- หอผึ่งน้ำ มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น

ตารางที่ 5.4 สัดส่วนการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตสีผง

กระบวนการ	เครื่องจักรหลัก	พลังงาน	สัดส่วนการใช้พลังงาน
การบดสี	Grinding machine, Cyclone separator	พลังงานไฟฟ้า	50%
การผสม	Mixing machine	พลังงานไฟฟ้า	20%
การปรับแต่งสี	Extruder, Coling Tower	พลังงานไฟฟ้า	15%
การบรรจุ	Packing, Aircompressor	พลังงานไฟฟ้า	10%
อื่น ๆ	Handling and storing	พลังงานไฟฟ้า	5%

รายละเอียดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในตารางที่ 5.6

5.2.1.2 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสีเคลือบ (Enamel paint)



รูปที่ 5.4 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสีเคลือบ

เช่นเดียวกันภาพรวมของการใช้พลังงานและลักษณะการสูญเสียพลังงานของอุตสาหกรรมสีเคลือบก็คล้ายคลึงกับกระบวนการผลิตสีผง โดยขั้นตอนของการบดสีในเครื่อง Grinding Machine จะเป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 40-50 % ขั้นตอน mixing ประมาณ 15-35% การปรับแต่งสี 15% และการบรรจุประมาณ 10% อุปกรณ์ไฟฟ้าหลักๆ ของอุตสาหกรรมผลิตสี ได้แก่

- มอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งใน Mixing tank, Grinding machine, Cyclone, Screening machine
- Extruder
- Blower ที่ติดตั้งเพื่อทำหน้าที่ดูดผงเคมีและกลั่นภายในถัง Mixing
- เครื่องอัดอากาศ มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการรั่วไหลของอากาศอัดจากระบบอัดอากาศ

- หอผึ่งน้ำ มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น

ตารางที่ 5.5 สัดส่วนการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตสีเคลือบ

กระบวนการ	เครื่องจักรหลัก	พลังงาน	สัดส่วนการใช้พลังงาน
การบดสี	Grinding machine	พลังงานไฟฟ้า	40-50%
การผสม	Mixing machine	พลังงานไฟฟ้า	15-35%
การปรับแต่งสี	Mixing tank	พลังงานไฟฟ้า	15%
การบรรจุ	Packing,Aircompressor	พลังงานไฟฟ้า	10%
อื่น ๆ	Handling and storing	พลังงานไฟฟ้า	5%

รายละเอียดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานแสดงในตารางที่ 5.6

5.2.2 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมสี

ตารางที่ 5.6 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมสี

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
1	กระบวนการผสมสี (Mixing)	ได้	ไม่ได้
ถังผสม(Mixing Tank)			
 ที่มา : http://www.p-wholesale.com/subcat/19/742/crushing-culling-machine-p10.html ถังผสมการใช้พลังงานส่วนใหญ่เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 15-35% ของกระบวนการผลิต			
ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
1.1	มาตรการด้านการจัดการเดินเครื่องให้เต็มกำลังผลิต การเดินเครื่องเต็มกำลังการผลิตและหยุดเมื่อไม่มีการผลิต จะสูญเสียน้อยกว่าการเดินครวละน้อยๆ แต่หลายครั้ง		
1.2	มาตรการเลือกเดินเครื่องจักรที่มีสมรรถนะสูงใช้พลังงานต่ำเป็นหลักเป็นการจัดการง่ายๆ แต่ลดการใช้พลังงานได้ ในขั้นตอนนี้ต้องมีการตรวจวัดการใช้พลังงานสำหรับอุปกรณ์/เครื่องจักรแต่ละตัว กระบวนการผสมสีจะเป็น มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่		
1.3	มาตรการลดการเดินเครื่องหรือทิ้งเครื่องเดินตัวเปล่า ก่อนเดินเครื่องจะต้องเตรียมให้พร้อม เนื่องจากเครื่องจักรในการผสมวัตถุดิบ (มอเตอร์) ใช้พลังไฟฟ้าค่อนข้างสูง		
1.4	มาตรการควบคุมการตั้งเวลาทำงานใน Mixing tank ให้เหมาะสมขึ้นอยู่กับ Product การตั้งเวลาเผื่อมากเกินไป อัตราการผลิตจะลดลง ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน		
1.5	มาตรการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะมอเตอร์ที่รับภาระค่อนข้างมาก และทำงาน 24 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง มีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ 3% และมีราคาสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ 25-30% ในกรณีที่เป็นการจัดหามอเตอร์ใหม่ หรือมอเตอร์เดิมชำรุด การเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะคืนทุนภายในประมาณ 2 ปี ในกรณีนี้ จึงมีความคุ้มค่ามาก		
1.6	มาตรการเลือกใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระ เช่น มอเตอร์ในขั้นตอนการผสมให้เข้ากัน ใน Mixing Tank จะใช้ความเร็วรอบของใบกวนไม่สูง หรือ มอเตอร์การตีให้แตกตัวหรือกระจายตัวจะใช้ความเร็วรอบของใบกวนสูง		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
1.7	มาตรการควบคุมการดูดผงเคมีภายใน Mixing tank ที่ให้เหมาะสมสอดคล้องกับปริมาณสารเคมีที่ผสมในถัง (ควรปรึกษาผู้ผลิตถึงเงื่อนไขที่เหมาะสมดังกล่าว) เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในมอเตอร์พัดลมดูด		
1.8	มาตรการปรับตั้ง Extruder ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด		
1.9	มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์ในขั้นตอนการปั่นละลายให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์โดยประมาณ 80°C การใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปนอกจากสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าแล้วยังมีผลต่อคุณภาพของสีด้วย		
1.9	มาตรการลดการสูญเสียความร้อนทางด้านข้างของผนังถังปั่นละลาย โดยการติดตั้งฉนวน		
1.10	มาตรการลดการเดินสายพานลำเลียงตัวเปล่าในการลำเลียงแผ่นสีไปยังถังเก็บ		
1.11	มาตรการหยุดฮีตเตอร์และมอเตอร์ในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผสมสีเมื่อไม่ใช้งาน		
1.12	มาตรการลดปริมาณวัตถุดิบ ได้แก่ ผงสี, Resin, Binder และ Additive แต่ยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้		

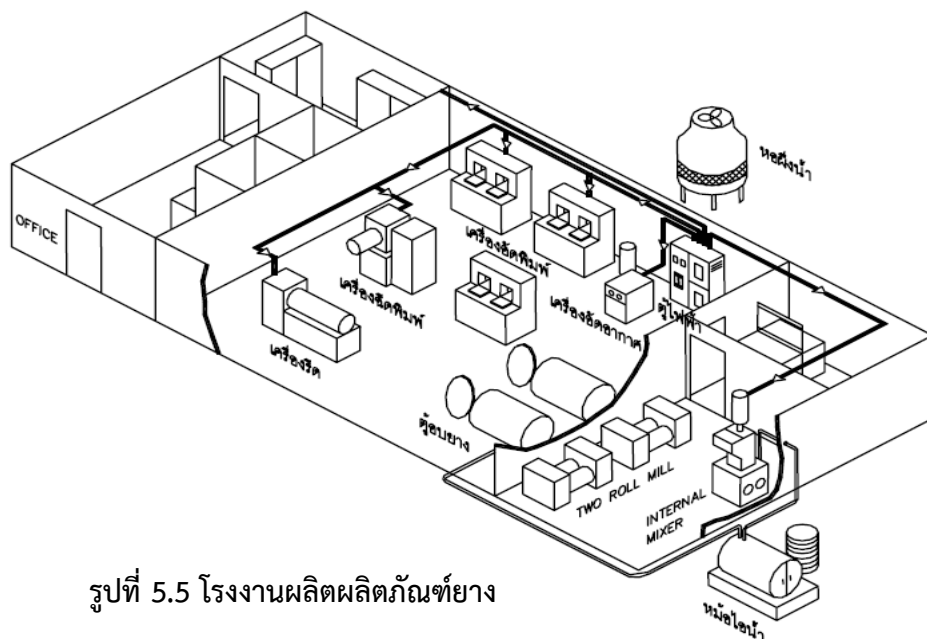
ลำดับ แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน			
2 กระบวนการโม่หรือบดสี			
เครื่องบด (Grinding Machine)  ที่มา : http://www.made-in-china.com/ เครื่องบดพลังงานส่วนใหญ่เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้าในการบด Blower และ Cyclone ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 40-50% ของกระบวนการผลิต			
ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
2.1	มาตรการใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระ เช่น มอเตอร์ของลูกกลิ้ง (ขั้นตอนการบดด้วยลูกกลิ้ง) อาจจะมีภาระของการทำงานไม่เท่ากัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการเปลี่ยนการต่อสายจากเดลต้าเป็นวาย หรืออาจติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ (Motor load control)		
2.2	มาตรการควบคุมการตั้งเวลาการทำงานในเครื่องจักรให้เหมาะสมกับ Product การตั้งเวลาเผื่อมากเกินไป อัตราการผลิตจะลดลง ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน		
2.3	มาตรการเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์ที่ใช้อยู่ในเครื่องจักรสำหรับกระบวนการบดสี		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	ได้	
		ได้	ไม่ได้
2.4	มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่นำไปใช้ลดอุณหภูมิในถังบดสีให้เหมาะสมเพื่อให้อุณหภูมิสีได้ตามข้อกำหนด ควรตรวจสอบกับฝ่ายผลิตว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ต้องการมีค่าเท่าใด แล้วปรับตั้งไปที่ค่าดังกล่าวหรือต่ำกว่าเล็กน้อย		
2.5	มาตรการใช้การหล่อเย็นโดยธรรมชาติ ถ้าเรามีบ่อหรือถังเก็บน้ำที่ใหญ่พอ เราสามารถใช้การระบายความร้อนตามธรรมชาติให้กับสิ่งแวดล้อม หรืออุณหภูมิที่ลดลงในช่วงกลางคืน ระบายความร้อนออกจากน้ำโดยไม่มีความจำเป็นต้องเดิน หอผึ่งน้ำและปั๊มน้ำของหอผึ่งน้ำ		
2.6	มาตรการตรวจสอบระดับแรงดันอากาศอัดที่ใช้ในเครื่องอบสี ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามมาตรฐานของการผลิตแต่ละประเภท เพื่อให้สามารถตั้งความดันเครื่องอัดอากาศให้ต่ำลง ลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้		
2.7	มาตรการแยก line ระบบอากาศอัดที่ใช้แรงดันต่ำ เช่น การเป่าทำความสะอาดที่ไม่ต้องการอากาศอัดแรงดันสูงออกจาก line แรงดันสูง เช่น แรงดันอากาศอัดที่ใช้ในเครื่องอบสี เพื่อให้สามารถตั้งความดันเครื่องอัดอากาศให้ต่ำลง ลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ทั้งนี้อาจติดตั้งเครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก ความดันไม่สูงมากเพื่องานดังกล่าว		

5.3 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

5.3.1 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

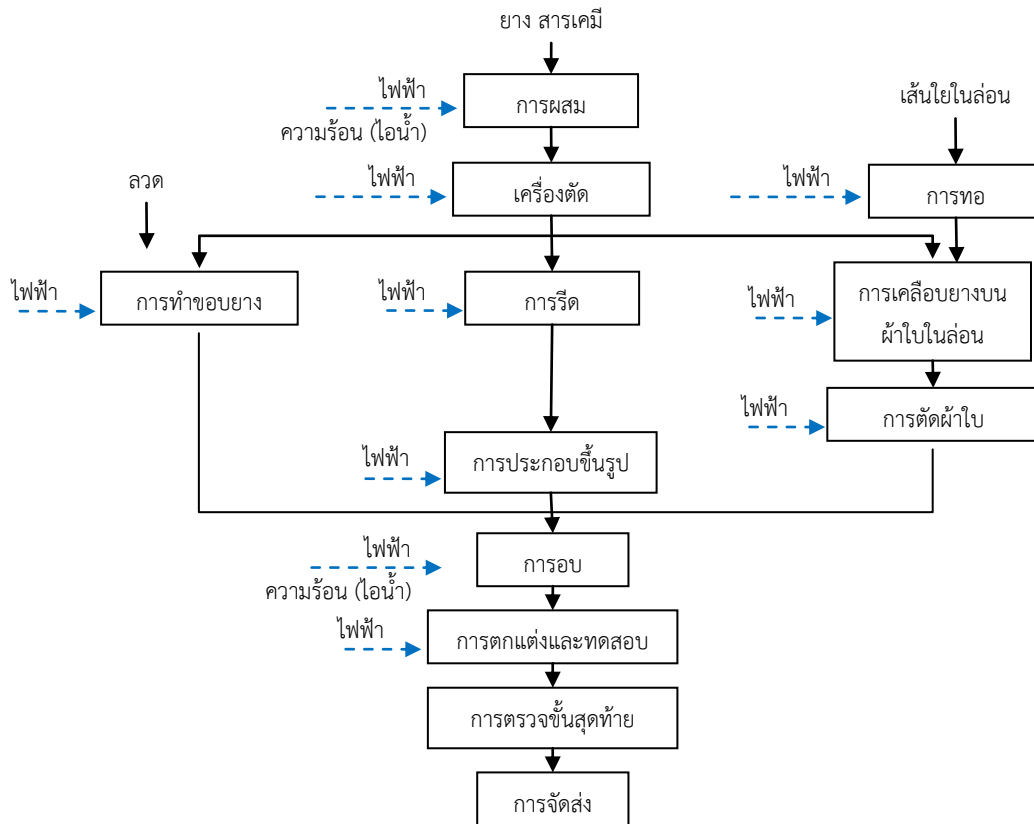
เนื่องจากอุตสาหกรรมยางมีผลิตภัณฑ์มากมาย ทั้งนี้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง มีการใช้พลังงานในส่วนของการบดผสมยางประมาณ 10% และเป็นการขึ้นรูปและคงรูปซึ่งได้แก่ มอเตอร์และฮีตเตอร์ไฟฟ้าถึง 80% ส่วนที่เหลือได้แก่ เครื่องอัดอากาศ ปั๊มน้ำ ส่วนสำนักงานและอื่น ๆ



รูปที่ 5.5 โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

ในหัวข้อนี้จะนำกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางบางส่วนมากล่าวถึงได้แก่ ยางรถยนต์ ยางรัดของ และชิ้นส่วนยาง

5.3.1.1 กระบวนการผลิตยางรถยนต์



รูปที่ 5.6 การใช้พลังงานในการกระบวนการผลิตยางรถยนต์

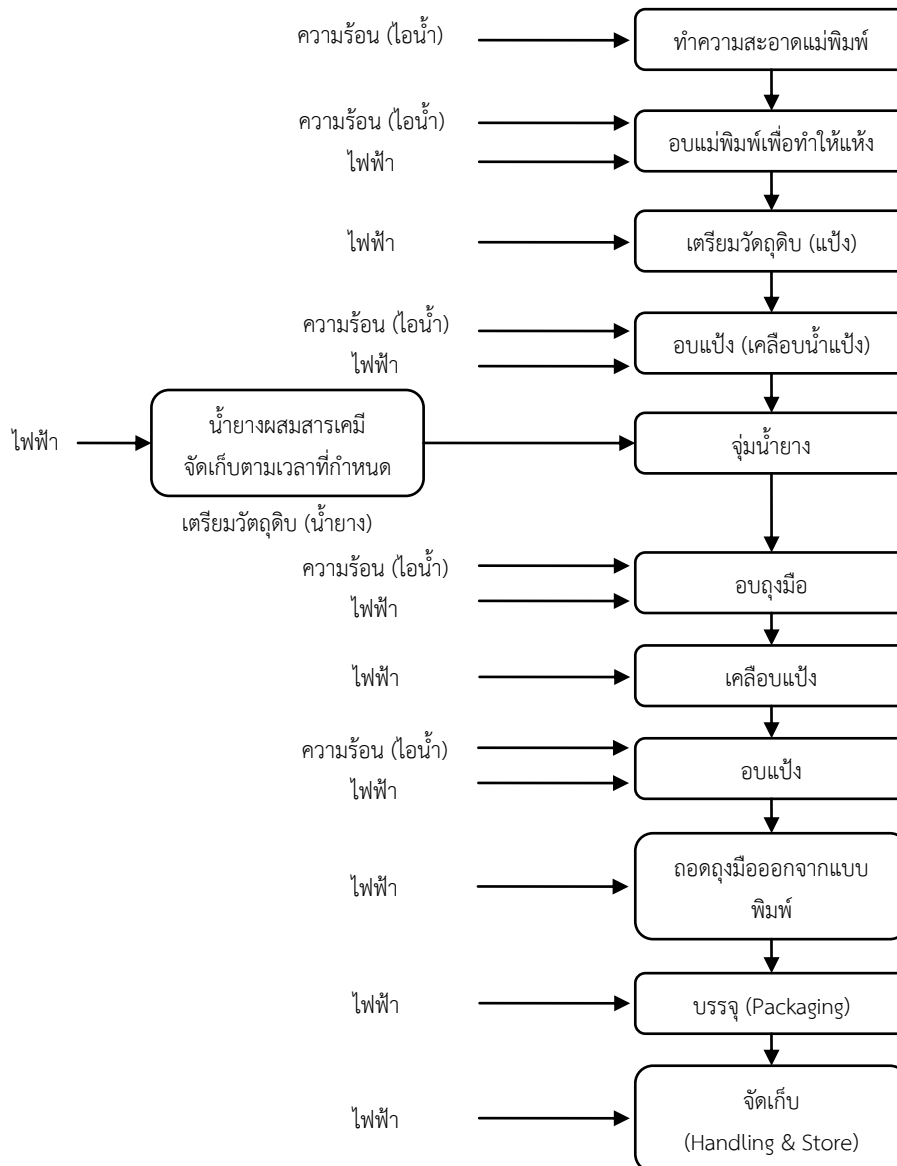
อุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์จัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดในกลุ่มอุตสาหกรรมยาง มีการใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อนในกระบวนการผลิต พลังงานไฟฟ้าถูกใช้มากถึง 32% ในขั้นตอนการบดผสม ซึ่งเป็นเครื่องผสมแบบ Banbury รองลงมาได้แก่ ขั้นตอนการรีดหน้ายาง และระบบสนับสนุนการผลิต (Utility) ใกล้เคียงกันประมาณ 17% ระบบสนับสนุนการผลิตได้แก่ การผลิตอากาศอัด การผลิตไอน้ำ ระบบน้ำหล่อเย็น อุปกรณ์ในระบบก๊าซไนโตรเจน เป็นต้น สำหรับพลังงานความร้อน จะใช้ไอน้ำเป็นตัวกลางในการให้ความร้อน ความดันไอน้ำที่ผลิตประมาณ 10 บาร์ 80% ใช้ให้ความร้อนกับแม่พิมพ์ และประมาณ 10% ใช้ในการรักษาอุณหภูมิในขั้นตอนบดผสมยาง และในขั้นตอนอื่นๆ อีกเล็กน้อย

ตารางที่ 5.7 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์

กระบวนการ	เครื่องจักรหลัก	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
การบดผสม	เครื่องบดผสม (Mill Mixer), เครื่องบดสองลูกกลิ้ง	32%	10%
การรีดหน้ายาง	Extruding machine	17%	-
การขึ้น/และอบยาง	เครื่องอบยาง	-	80%
การเคลือบและตัดผ้าใบ	เครื่องเคลือบผ้าใบ และเครื่องตัดผ้าใบ	14%	-
ระบบสนับสนุน	Chiller, Air compressor	20%	-
อื่น ๆ	การประกอบ การทดสอบ จัดเก็บ	10%	10%

ที่มา : SEMINAR ON ENERGY CONSERVATION IN RUBBER INDUSTRY, Energy Conservation Center of JAPAN, VIETNAM, 1998

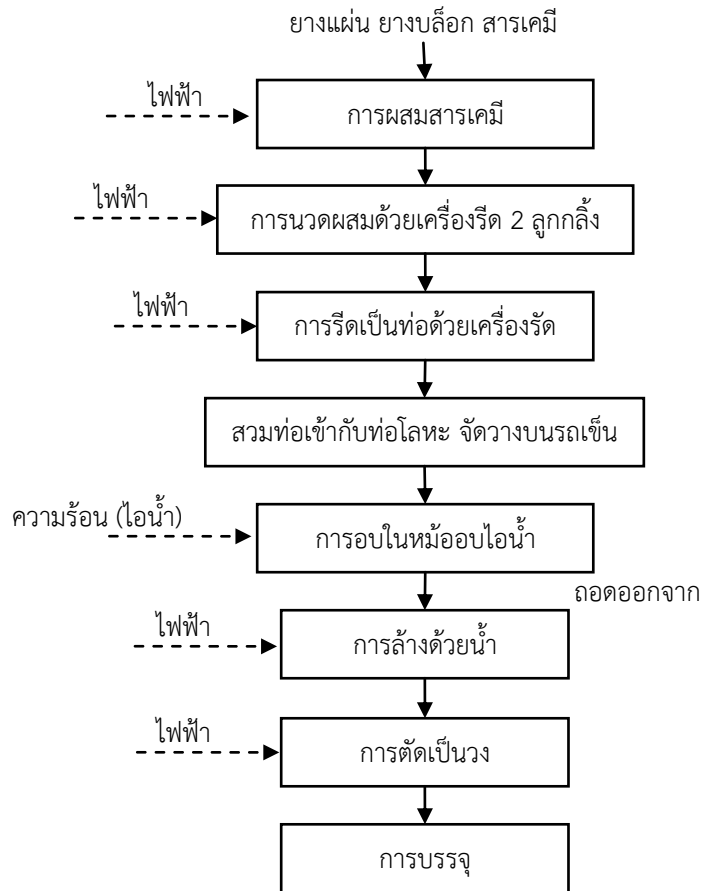
5.3.1.2 กระบวนการผลิตถุงมือยาง



รูปที่ 5.7 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือแป้ง

กระบวนการผลิตถุงมือ มีการใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อนในกระบวนการผลิต โดยพลังงานความร้อนถูกใช้มากถึง 96% ความร้อนที่ใช้ทั้งหมดอยู่ในรูปไอน้ำ ในขั้นตอนการอบถุงมือจะใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนมากกว่า 50% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดของกระบวนการผลิต

5.3.1.3 กระบวนการผลิตยางรัดของ



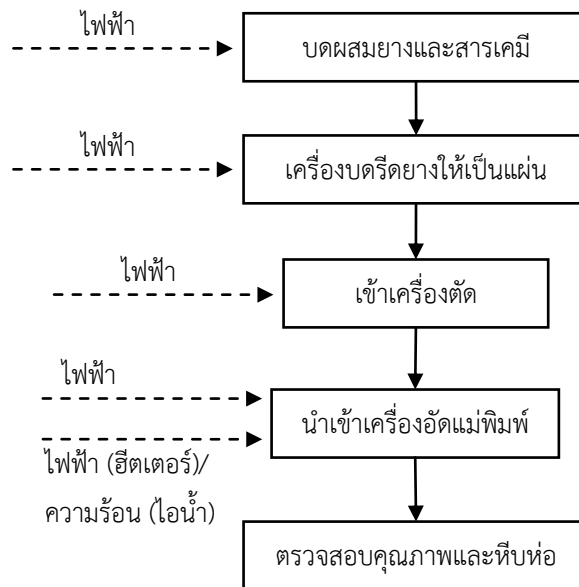
รูปที่ 5.8 การใช้พลังงานในการกระบวนการผลิตยางรัดของ

กระบวนการผลิตยางรัดของ ประกอบด้วย การบดผสมยาง การรีดผสมเป็นเส้นยาง การรีดเป็นท่อ การอบ และการตัด มีทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 45% และความร้อน 55% พลังงานไฟฟ้ามีใช้ในทุกระยะ โดยขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดได้แก่ มอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องรีดยางออกมาเป็นวงประมาณ 25% รองลงมาได้แก่ เครื่องรีดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง เครื่องผสมแบบปิด เครื่องอัดอากาศ เป็นต้น พลังงานความร้อนใช้ในรูปไอน้ำจะใช้ในขั้นตอนการอบยาง

ตารางที่ 5.8 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในอุตสาหกรรมผลิตยางรัดของ

กระบวนการ	เครื่องจักรหลัก	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
การบดผสม	เครื่องบดผสม(Mill mixer), เครื่องบดสองลูกกลิ้ง	40%	10%
การรีดยาง	Extruding machine	25%	-
การอบยาง	เครื่องอบยาง	-	90%
ระบบอากาศอัด	Air compressor	20%	-
เครื่องตัด	เครื่องตัดยาง	3%	-
อื่น ๆ	Cooling Tower	12%	-

5.3.1.4 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง



รูปที่ 5.9 การใช้พลังงานในการกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง เช่น อะไหล่รถยนต์ ยางขอบกระจก ฯลฯ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก มีส่วนน้อยที่ใช้เชื้อเพลิงผลิตไอน้ำและนำมาให้ความร้อน โดยวิธีการบดผสมยางก็เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้แก่ เครื่องบดผสมแบบปิด (Kneader) และเครื่องรีดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง ในขั้นตอนนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ถ้าเป็นชิ้น ๆ จะใช้การอัดพิมพ์ (Compression molding) ถ้าเป็นเส้นยาว ๆ จะใช้เครื่องรีด (Extrusion molding) พลังงานที่ใช้ในการขึ้นรูปนี้รวมประมาณ 80% (ใช้ในมอเตอร์ขับเคลื่อน 56-72% ขึ้นกับขนาดของเครื่องและฮีตเตอร์ไฟฟ้า 8-32%) ส่วนที่เหลือจะใช้ในไฟฟ้าแสงสว่าง ปั๊มลม ปั๊มน้ำเย็น หอผึ่งน้ำเย็น เป็นต้น

ตารางที่ 5.9 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยาง

กระบวนการ	เครื่องจักรหลัก	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
การบดผสม	เครื่องบดผสม (Mill mixer), เครื่องรีดสองลูกกลิ้ง	10%	-
การขึ้นรูป	Compression molding, Extrusion molding	80%	100% (ถ้าไม่ใช้ไฟฟ้า)
อื่น ๆ	Cooling tower, Aircompressor	10%	-

5.3.2 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตยางและผลิตภัณฑ์ยาง

ตารางที่ 5.10 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการผลิตยางและผลิตภัณฑ์ยาง

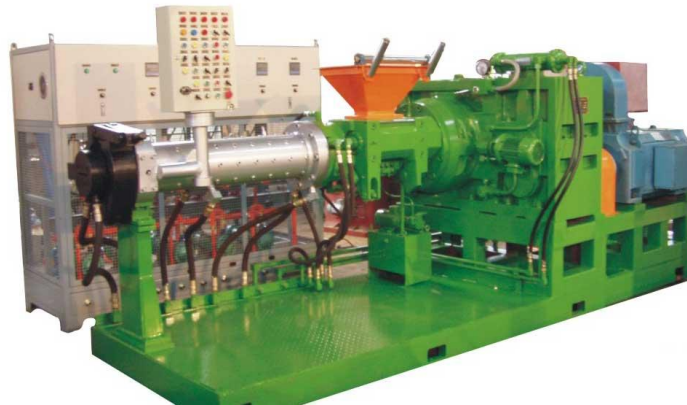
ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
1.กระบวนการผลิตน้ำยางชั้น			
1.1	มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเครื่องแยกน้ำยางความเร็ว เพื่อสามารถควบคุมความเร็วรอบได้อย่างสม่ำเสมอ และเพิ่มความสามารถในการเริ่มต้นและหยุดอย่างนิ่มนวล (Soft start) ซึ่งจะช่วยทำให้การใช้งานอุปกรณ์ยืนยาวขึ้น		
1.2	มาตรการด้านการจัดการการเลือกเดินเครื่องจักรที่มีสมรรถนะสูงเป็นหลัก เนื่องจากในโรงงานมักมีเครื่องจักรเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงควรมีการวัดเปรียบเทียบสมรรถนะในแง่ของอัตราการผลิตที่ได้กำลังไฟฟ้าที่ใช้และเดินชุดที่มีสมรรถนะสูงกว่าเป็นหลัก		
1.3	มาตรการลดการใช้น้ำ เนื่องจากน้ำจะถูกใช้ในการเจือจางน้ำยาง และการล้างทำความสะอาด ดังนั้นการใช้น้ำนอกจากจะมีต้นทุนค่าน้ำ แล้วยังมีต้นทุนไฟฟ้าในการสูบน้ำมาใช้ และต้นทุนในการบำบัดและปรับสภาพ		
1.4	มาตรการการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้ น้ำที่บำบัดแล้วสามารถนำมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการล้างได้ หรือแยกน้ำล้างให้เป็นน้ำไม่สะอาดก่อน แล้วตามด้วยน้ำสะอาด		
1.5	มาตรการลดแรงดันน้ำที่สูงเกินไป คอยปรับลดแรงดันน้ำลง ปริมาณการใช้จะลดลง		
1.6	มาตรการด้านการจัดการ การใช้งานเครื่องจักรต้องเดินให้เต็มพิกัดและต่อเนื่อง		
1.7	ยางที่จะเข้าอบควรตัดให้เป็นชิ้นเล็กที่สุด แห้งที่สุดเพื่อลดภาระการทำงานของกระบวนการอบแห้งโดยพัดลมเป่า หรือใช้การบีบอัดทางกล เพื่อไล่น้ำออกก่อนเข้าอบ ควรมีการวัดความชื้นก่อนเข้าอบด้วย		
1.8	มาตรการปรับปรุงฉนวนเครื่องอบยาง อุณหภูมิภายในเครื่องอบยางประมาณ 120°C จึงจำเป็นต้องมีฉนวนความร้อนหุ้ม ซึ่งมักใช้ ฉนวนประเภทใยหิน ซึ่งหากฉนวนเสื่อมสภาพจะทำให้มีการสูญเสียความร้อน ทั้งนี้ผิวเครื่องอบควรสัมผัสได้มีอุณหภูมิไม่เกิน 50°C หากพบว่าบางจุดอุณหภูมิสูงควรตรวจสอบและซ่อมแซม นอกจากจะลดความร้อนสูญเสียแล้วยังทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น		
1.9	มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพของการอบแห้งในเครื่องอบยาง โดยการทำทำความสะอาดหัวเผาตามระยะเวลาเพื่อให้สามารถฉีดน้ำมันได้เป็นฝอยละเอียด สัมผัสกับอากาศได้ดี เผาไหม้ได้สมบูรณ์		
1.10	ควบคุมการดูดอากาศทั้งในเครื่องอบยางให้เหมาะสม โดยตรวจสอบความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศที่ปล่อยทิ้ง เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อน ทั้งนี้ถ้าอุณหภูมิอากาศที่ปล่อยทิ้งค่อนข้างสูง และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ควรปรับวาล์วลมที่ดูดอากาศออกให้ลดลง เพื่อให้อากาศหมุนเวียนได้รับความชื้นได้มากขึ้นก่อนปล่อยทิ้ง แต่จะเริ่มปล่อยอากาศทิ้งเมื่อพบว่าอุณหภูมิอากาศเริ่มไม่ลดลง		
1.11	มาตรการด้านการจัดการการเดินเครื่องอบยางควรเดินต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จ ไม่เดินเครื่องแล้วหยุดรอ เนื่องจากจะทำให้สูญเสียความร้อนสะสมในตัวเครื่อง การเดินเครื่องขึ้นมาใหม่หลังหยุดจะต้องสะสมความร้อนขึ้นอีกครั้ง		
1.12	มาตรการการนำอากาศร้อนที่ปล่อยทิ้งมาอุ่นยาง โดยนำมาแลกเปลี่ยนกับอากาศใหม่ ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เช่น Heat exchanger หรือ Heat pipe แล้วนำอากาศร้อนไปอุ่นให้ความร้อนยางที่รออบ		
1.13	มาตรการด้านการจัดการ การย้ายเวลาทำงานในหลายโรงงานปริมาณการผลิตไม่เต็มพิกัดตลอด 24 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ และพนักงานมักอยู่ประจำที่โรงงาน โรงงานลักษณะยืดหยุ่นดังกล่าวสามารถจะย้ายเวลาการผลิตให้สอดคล้องกับอัตราค่าไฟฟ้าได้		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
2.1	มาตรการพิจารณาติดตั้ง Motor load control กับเครื่องรีดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง เนื่องจากมอเตอร์ขับเคลื่อนของเครื่องผสมมักมีภาระต่ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ต่ำลงสามารถปรับปรุงได้โดยใช้อุปกรณ์ประเภท Motor load control		
2.2	มาตรการลดการเดินตัวเปล่าของเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรในการบดผสมยางมักจะมีเดินเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาดใหญ่เพราะต้องการแรงบิดที่สูงเนื่องจากเป็นขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบ จึงเดินไม่ต่อเนื่องตลอดทั้งวัน แต่มักจะพบว่ามอเตอร์ขับเคลื่อนอยู่ขณะที่ไม่มีงาน หมายเหตุ : แสดงกรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จใน กรณีศึกษาที่ 6.13, 6.14		
2.3	มาตรการด้านการจัดการเดินเครื่องให้เต็มกำลังผลิต การเดินเครื่องเต็มกำลังการผลิตและหยุดเมื่อไม่มีการผลิต จะสูญเสียน้อยกว่าการเดินครวละน้อย ๆ แต่หลายครั้ง		
2.4	มาตรการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะมอเตอร์ที่รับภาระค่อนข้างมาก และทำงาน 24 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง มีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ 3% และมีราคาสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ 25-30% ในกรณีที่เป็นการจัดหามอเตอร์ใหม่ หรือมอเตอร์เดิมชำรุด การเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะคืนทุนภายในประมาณ 2 ปี ในกรณีนี้ จึงมีความคุ้มค่ามาก		

ลำดับ

แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

3.กระบวนการขึ้นรูป



เครื่องรีดยาง

ที่มา : <http://www.rubberimpex.com/RubberMachinery/GXRM08.htm>



เครื่องขึ้นรูปยาง

ที่มา: <http://news.thomasnet.com/>



เครื่องอบยาง

กระบวนการขึ้นรูปเป็นกระบวนการที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด และมีเครื่องจักรในการขึ้นรูปหลายประเภท ทั้งการรีด การอัด และการอบ โดยใช้ความร้อนจาก Heater ไฟฟ้า หรือ ไอน้ำจาก Boiler หรือ น้ำมันร้อนจาก Hot oil boiler

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
3.1	มาตรการหุ้มฉนวนเพลทให้ความร้อน กระบวนการขึ้นรูปโดยการอัดพิมพ์จะใช้พลังงานความร้อนกับแม่พิมพ์ประมาณ 40% และสูญเสียผ่านผิวของเพลทโดยการพาและการแผ่รังสีความร้อน 50% ทั้งนี้สามารถลดการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการหุ้มฉนวนเพลทให้ความร้อน เพื่อลดพื้นที่สูญเสียความร้อนและส่วนที่หุ้มให้ได้แก่ ด้านข้างและขอบๆ ที่ไม่กีดขวางแม่พิมพ์ โดยใช้ฉนวนเซรามิกไฟเบอร์		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
3.1 (ต่อ)	 <u>ตัวอย่าง</u> : การหุ้มฉนวนเพลทความร้อนของเครื่องอัดขึ้นรูปของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ยาง สามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 10-15 % <u>หมายเหตุ</u> : แสดงกรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จใน กรณีศึกษาที่ 6.10		
3.2	มาตรการหยุดฮีตเตอร์และมอเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน		
3.3	มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์แต่ละชุดให้สอดคล้องกับข้อกำหนดที่ชิ้นงานต้องการทุกครั้งถ้าอุณหภูมิที่ตั้งไม่เพียงพอ ให้หาสาเหตุที่แท้จริงก่อนที่จะปรับตั้งอุณหภูมิสูงขึ้น		
3.4	มาตรการตรวจสอบการทำงานของฮีตเตอร์ดังนี้ - ตรวจสอบความแน่นของสกรู ยึดหรือรัดฮีตเตอร์ และข้อเข้าสายทุก 6 เดือน - ตรวจสอบกระแสของฮีตเตอร์แต่ละชุดให้ทำงานให้ครบทุกตัว เพื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และไม่กระทบต่อการทำงานของฮีตเตอร์ตัวที่เหลือ - ควรติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลแสดงอุณหภูมิของเพลทด้วย - ควรมีการเปรียบเทียบเทอร์โมคัปเปิ้ล อย่างน้อยปีละครั้งเพื่อให้ทราบว่าอุณหภูมิที่ควบคุมถูกต้องหรือไม่		
3.5	มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติในฮีตเตอร์แทนการใช้ความชำนาญของคน เพื่อให้ฮีตเตอร์ตัดและต่อตามอุณหภูมิของเพลท จะช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานและทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น		
3.6	มาตรการหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และอุปกรณ์ใช้น้ำ เช่น เครื่องอบ ในโรงงานยาง มีวาล์ว ท่อ และเครื่องอบจำนวนมากที่ไม่มีฉนวนหุ้ม อุณหภูมิผิวจึงสูงมาก นับได้ว่าเป็นจุดที่สิ้นเปลืองพลังงานความร้อนมากที่สุด และพบเป็นส่วนใหญ่ในโรงงานขนาดเล็ก และขนาดกลาง นอกจากนี้จะสูญเสียพลังงานแล้วยังทำให้อากาศโรงงานร้อนขึ้นอย่างมาก ควรตรวจสอบและทำการหุ้มฉนวน การหุ้มฉนวนถือเป็นวิธีการลดความสูญเสียความร้อนพื้นฐาน		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
3.6 (ต่อ)	 ตัวอย่าง มาตรการการหุ้มฉนวนเครื่องอบยางนอกรถจักรยานยนต์เพื่อลดการสูญเสียความร้อน (ความร้อนจากไอน้ำ) ในการอบยางนอกรถจักรยานยนต์ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อีกด้วยเนื่องจากสามารถลดช่วงเวลาในการอบ (Cycle time) ลงได้เนื่องจากสามารถทำอุณหภูมิในการอบได้รวดเร็วขึ้น		
3.7	มาตรการปิดวาล์วท่อไอน้ำ ท่อลมที่ไม่ใช้งาน หรือกรณีเดินเพื่อสำหรับติดตั้งเครื่องจักรในอนาคต หรือเครื่องจักรที่อยู่ในเส้นท่อนั้นหยุด หรือ จ่ายให้กับเครื่องจักรที่ทำงานบางช่วงควรมีการติดตั้งวาล์วไว้ที่ต้นทางและปิดเมื่อไม่ใช้งาน		
3.8	มาตรการติดตั้งกักเก็บไอน้ำกับท่อเมนจ่ายไอน้ำ ท่อแยกและท่อเข้าหม้ออบเพื่อป้องกันการเกิดน้ำในระบบส่งจ่าย		
3.9	มาตรการตรวจสอบการทำงานของกักเก็บไอน้ำในโรงงานทุก ๆ 6 เดือน		
3.10	มาตรการวางแผนการเดินหม้ออบและหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปหม้ออบไอน้ำไม่เดินทั้งวัน จะเดินเป็นบางช่วงๆ ต้องรอขั้นตอนขึ้นรูปเมื่ออบแล้วเสร็จก็จะเปิดฝาทิ้งไว้ ทำให้สูญเสียความร้อนที่สะสมในผนังโลหะ ซึ่งจะต้องให้ความร้อนอีกครั้งในการอบรอบต่อไป ในบางขณะที่เตรียมยางไม่ทัน หม้ออบทุกชุดไม่มียางอบอยู่ ทำให้ต้องเดินและหม้อไอน้ำอยู่ โดยไม่มีภาระซึ่งจะมีความร้อนสูญเสียผ่านผิวหม้อไอน้ำ และท่อส่งไอน้ำ ดังนั้นควรเดินวางแผนการผลิตให้เดินหม้ออบน้อยชุดและให้ทำงานต่อเนื่องไม่ต้องรอ ไม่ต้องอุ่นเตาบ่อยๆ ทำให้หม้อไอน้ำมีภาระตลอด		
3.11	มาตรการนำความร้อนทิ้งจากไอน้ำกลับมาใช้ ปกติการใช้ไอน้ำในอุตสาหกรรมยางมักเป็นแบบใช้โดยตรง คือพ่นลงบนยางที่อบ ดังนั้นคอนเดนเสทที่เกิดขึ้นจึงมีความสกปรกไม่สามารถนำกลับเข้าสู่หม้อไอน้ำได้โดยตรง แต่ก็ไอน้ำร้อนที่ยังมีพลังงานอยู่สูงอุณหภูมิที่ทิ้งจากเครื่องอบไอน้ำประมาณ 80-90 °C ไอน้ำร้อนส่วนนี้สามารถนำมาเพิ่มอุณหภูมิให้น้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำได้ โดยอาจทำเป็นชุดท่อผ่านถังน้ำป้อนก่อนทิ้ง ซึ่งลงทุนไม่มาก หมายเหตุ : แสดงกรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จใน กรณีศึกษาที่ 6.1		
3.12	มาตรการลดความดันของการผลิตไอน้ำ การผลิตไอน้ำที่ความดันสูงจะใช้พลังงานมากขึ้น และความร้อนสูญเสียผ่านผิวอุปกรณ์ก็มากขึ้น ดังนั้นควรตรวจสอบว่าเครื่องอบใช้อุณหภูมิเท่าใดต้องการไอน้ำความดันเท่าใด แล้วผลิตที่ความดันที่สูงกว่าเพียงเล็กน้อย แทนที่จะผลิตด้วยความดันที่สูงแล้วติดอุปกรณ์ลดความดันที่จุดใช้งาน หมายเหตุ : แสดงกรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จใน กรณีศึกษาที่ 6.27		
3.13	มาตรการแยก line ระบบอากาศอัดที่ใช้แรงดันต่ำออกจาก line แรงดันสูง เช่น การเป่าทำความสะอาดและถอดชิ้นงานที่ไม่ต้องการอากาศอัดแรงดันสูงเพื่อให้สามารถตั้งความดันเครื่องอัดอากาศให้ต่ำลง ลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ทั้งนี้อาจติดตั้งเครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก ความดันไม่สูงมากเพื่องานดังกล่าว		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
3.14	มาตรการลดขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระ มอเตอร์บางชุดในโรงงาน เช่น ปัมไฮดรอลิก เครื่องรีด 2 ลูกกลิ้ง ฯลฯ อาจถูกเลือกมาใหญ่เกินกว่าภาระที่ใช้งานจริง ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงอย่างมาก หากพบว่ามอเตอร์เข้าข่ายนี้ควรพิจารณาขนาด โดยนำมอเตอร์สำรองที่ขนาดเหมาะสมมาติดตั้งใช้งาน		
3.15	มาตรการใช้ Motor load control กับมอเตอร์ปัมไฮดรอลิกที่เดินต่อเนื่อง		
3.16	มาตรการต่อมอเตอร์แบบสตาร์ (Y) สำหรับมอเตอร์ที่ภาระต่ำ สำหรับมอเตอร์ใดที่มีภาระต่ำกว่าร้อยละ 45 ตลอดเวลา มีวิธีประหยัดพลังงานง่ายๆ วิธีหนึ่งที่ไม่ต้องลงทุน ก็คือการแก้ไขวงจรให้มอเตอร์ทำงานในแบบสตาร์ถาวร ผลก็คือแรงดันที่จ่ายเข้ามอเตอร์จะลดลงเป็น 1/3 ซึ่งทำให้แรงบิดของมอเตอร์ลดลงเล็กน้อยความเร็วรอบลดลง และประสิทธิภาพสูงขึ้น เป็นวิธีการหนึ่งที่ทำได้โดยไม่ต้องลงทุน แต่สามารถลดการใช้พลังงานมอเตอร์ได้		
3.17	มาตรการใช้การหล่อเย็นโดยธรรมชาติ ถ้าเรามีบ่อหรือถังเก็บน้ำที่ใหญ่พอ เราสามารถใช้การระบายความร้อนตามธรรมชาติให้กับสิ่งแวดล้อม หรืออุณหภูมิที่ลดลงในช่วงกลางคืน ระบายความร้อนออกจากน้ำโดยไม่มีค่าใช้จ่ายต้องเดิน หอผึ่งน้ำและปั้มน้ำของหอผึ่งน้ำ		
3.18	มาตรการด้านการจัดการผลิตโดยการเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก โดยพิจารณาถึงการประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่ายรวมตลอดอายุการใช้งานของเครื่องจักร แล้วคัดเลือกชุดที่มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด เป็นประโยชน์กับโรงงานในระยะยาว		
3.19	มาตรการด้านการจัดการผลิตโดยลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงหรือปรับตั้งเครื่อง เนื่องจากเครื่องจักรที่ต้องซ่อมบำรุงหรือปรับตั้งเป็นเวลานาน หมายถึง ค่าใช้จ่ายและพลังงานที่ต้องใช้ที่สูญเสียโดยปราศจากผลผลิต ดังนั้นวิธีการเหล่านี้จะช่วยลดเวลาดังกล่าวลงได้ - ระบบการสั่งงานที่ชัดเจนว่าจบเมื่อไหร่ และมีขั้นตอนอะไรต่อไป - เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุดิบ และเจ้าหน้าที่ ต้องพร้อมอยู่ที่เครื่องจักรควรตรวจสอบค่าปรับตั้งเดิมเพื่อลดเวลาในการทดลองค่าปรับตั้งเดิม - จัดเตรียมเครื่องมือสำหรับเครื่องจักรให้อยู่ใกล้เครื่องจักร ค่าปรับตั้งให้ทำเป็นป้ายถาวรติดอยู่ที่เครื่องและทำการบันทึกเพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงานร่วมกัน		
3.20	มาตรการด้านการจัดการผลิตโดยลดของเสียมากที่สุดแล้วจะนำผลิตใช้ใหม่ไม่ได้ ซึ่งหมายถึง ของเสียที่เกิดขึ้นจะสูญเสียทั้งวัตถุดิบ และพลังงาน ค่าแรงที่ใช้ ยางที่ยังไม่ผ่านการให้ความร้อนนำมาใช้ใหม่ได้ แต่ทุกครั้งที่มีการนำมาผลิตใหม่ (Reprocess) หมายถึง ชิ้นงานนั้นต้องใช้พลังงานเป็น 2 เท่า		

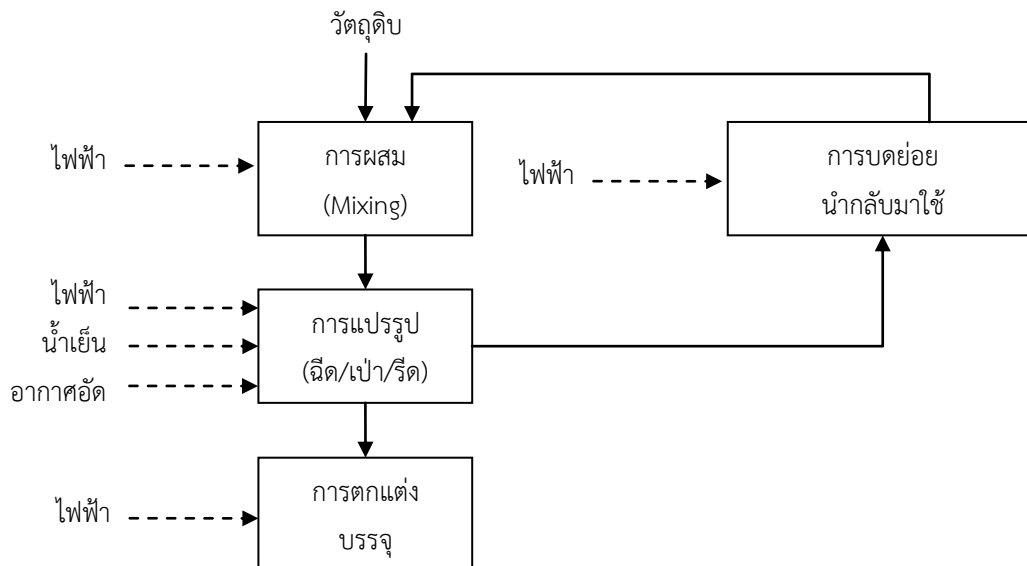
5.4 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

5.4.1 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

หัวข้อนี้จะได้แสดงการใช้พลังงานในภาพรวมของโรงงานพลาสติกทั่วไป และการใช้พลังงานย่อยในแต่ละกระบวนการผลิต พลังงานที่ใช้ในโรงงานพลาสติกได้แก่ พลังงานไฟฟ้า โรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนหลักๆดังนี้

- ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ไฟฟ้าจ่ายให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อน หรือมัลติเพล็กซ์พลาสติกคิดเป็น 2-5% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด

- ขั้นตอนแปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก (กระบวนการรีด/ฉีด/เป่า) โดยพลังงานไฟฟ้าจะถูกจ่ายให้กับฮีตเตอร์ไฟฟ้าในการหลอมพลาสติก ชุดมอเตอร์ปั๊มไฮดรอลิก มอเตอร์ขับเคลื่อน (ในกรณีที่ไม่ใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์) รวมคิดเป็น 50-70% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดในโรงงาน นอกจากนี้ยังมีการใช้เครื่องอัดอากาศสำหรับระบบนิวเมติกโดยโรงงานฉีดพลาสติกประมาณ 1-2% โรงงานเป่าพลาสติก 15%
- ขั้นตอนการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ พลังงานไฟฟ้าจะจ่ายให้กับเครื่องทำน้ำเย็น ผลิตน้ำเย็นสำหรับหล่อเย็นแม่พิมพ์ และน้ำมันไฮดรอลิกประมาณ 17-20%
- ขั้นตอนการบรรจุและตกแต่งจะใช้แรงงานคน นอกจากนี้เป็นการใช้ ไฟฟ้าแสงสว่าง และปรับอากาศในสำนักงานอีกประมาณ 2-5% แผนผังการใช้พลังงานในโรงงานพลาสติก แสดงในรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.10 แผนผังการใช้พลังงานในโรงงานพลาสติก

ตารางที่ 5.11 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก

กระบวนการ	เครื่องจักรหลัก	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
การเตรียมเม็ดพลาสติก	เครื่องโม่พลาสติก, เครื่องผสม	2- 5%	-
เครื่องฉีดพลาสติก	Injection molding	60-70%	-
เครื่องทำน้ำเย็น	Chiller or Cooling tower	10-18%	-
ระบบอากาศอัด	Air compressor	8-12%	-
สำนักงานและอื่น ๆ	ระบบปรับอากาศ แสงสว่าง	4-8%	-

ตารางที่ 5.12 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในอุตสาหกรรมเป่าพลาสติก

กระบวนการ	เครื่องจักรหลัก	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
การเตรียมเม็ดพลาสติก	การอุ่นเม็ดพลาสติก, เครื่องผสม	4- 6%	-
เครื่องเป่าพลาสติก	Blow molding	40-50%	-
เครื่องทำน้ำเย็น	Chiller or Cooling tower	15-23%	-
ระบบอากาศอัด	Air compressor	10-17%	-
สำนักงานและอื่น ๆ	ระบบปรับอากาศ แสงสว่าง	4-8%	-

แม้ว่าเครื่องจักรที่แปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก ซึ่งได้แก่ เครื่องรีด เครื่องฉีด เครื่องเป่า จะมีรูปแบบแตกต่างกันบ้าง แต่โดยกระบวนการใช้พลังงานพื้นฐานไม่แตกต่างกัน จึงได้พิจารณามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานในการแปรรูปออกเป็นมาตรการในส่วนการให้ความร้อน มาตรการในส่วนการขึ้นรูป มาตรการในส่วนการหล่อเย็น และมาตรการอื่นๆ โดยทำสรุปในตารางที่ 5.13

5.4.2 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

ตารางที่ 5.13 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

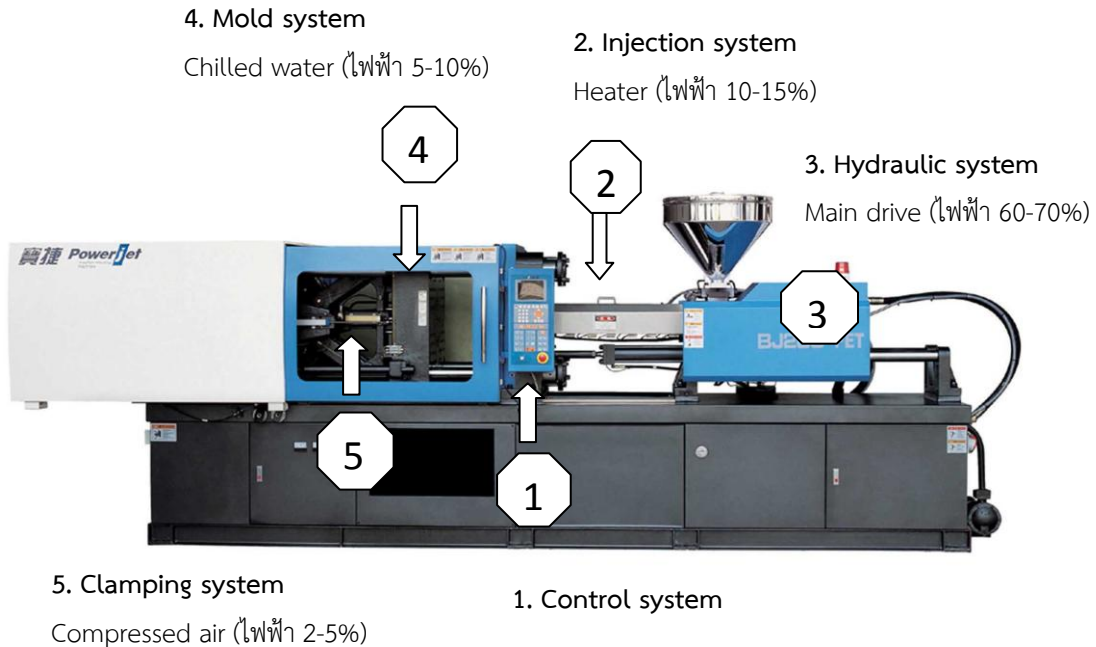
ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
1. กระบวนการเตรียมเม็ดพลาสติก	
	
Hopper อบเม็ดพลาสติก	เครื่องโม่พลาสติก
กระบวนการเตรียมพลาสติกใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบพลาสติกความร้อนประมาณ 60-80 องศาเซลเซียส และในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าในการผสมและโม่พลาสติกโดยมีสัดส่วนการใช้พลังงาน ประมาณ 4-6% ของกระบวนการผลิต	

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
1.1	การบันทึกปริมาณเม็ดพลาสติกเข้าผลิต เม็ดพลาสติกเข้าเครื่องแปรรูป และน้ำหนักชิ้นงานที่ได้ เพื่อประเมินอัตราผลผลิตที่ได้ (Yield) การทำซ้ำ (Reprocess) เพื่อตรวจสอบความสูญเสียที่มองไม่เห็นอยู่		
1.2	มาตรการการจัดการเดินเครื่องจักร เช่น เครื่องผสม เครื่องอบ เครื่องโมให้ใกล้เคียงกัน ถ้ายังมีปริมาณที่ใช้น้อย ก็รวมเป็นล็อตใหญ่ก่อน การผสม หรือไม่ครั้งละน้อยๆ ประสิทธิภาพจะต่ำเนื่องจากมอเตอร์ยังต้องใช้พลังงานระดับหนึ่งในการเดินเครื่องแม้ว่าจะลดอัตราการผลิตลงก็ตาม		
1.3	มาตรการลดการเดินเครื่องหรือทิ้งเครื่องเดินตัวเปล่า ก่อนเดินเครื่องจะต้องเตรียมให้พร้อมเนื่องจากเครื่องจักรในการผสม ใช้ไฟฟ้าค่อนข้างสูง		
1.4	การจัดการด้านผังการกระบวนการผลิต ควรจะไม่กีดขวางการขนย้ายวัตถุดิบเพื่อให้เกิดความสะดวก ประหยัดเวลา และแรงงาน		
1.5	ระยะเวลาในการเดินเครื่องให้ตั้งตามชนิดของเม็ดพลาสติก ตามที่ผู้ผลิตกำหนด การเดินเครื่องผสมนานเกินไปจะสิ้นเปลืองพลังงาน เสียเวลา และมีผลต่อคุณภาพเม็ดพลาสติกได้		
1.6	การอบพลาสติก ควรเฉพาะชนิดที่จำเป็นต้องอบไล่ความชื้นเท่านั้น และอบในปริมาณที่จะใช้ไม่ครบรอบไว้ เมื่ออบเสร็จก็ส่งเข้าเครื่องแปรรูปเลย โดยพยายามไม่ให้เกิดการสะสมความชื้นระหว่างขนถ่าย ในการอบให้ตั้งอุณหภูมิ และช่วงเวลาตามที่ผู้ผลิตกำหนด		
1.7	ควรลดขั้นตอนการอบเม็ดพลาสติกที่อุณหภูมิอบไม่สูงและใช้เวลาไม่นาน เช่น PVC, PP, PE ให้รวมกับเครื่องฉีดเลย เพื่อลดเวลาและพลังงาน โดยขนาดถังป้อนประกอบด้วย โดยให้เม็ดพลาสติกอยู่ในถังไม่น้อยกว่าเวลาที่กำหนด		
1.8	มาตรการหุ้มฉนวนถังอบและท่อลมร้อน  ตัวอย่าง การหุ้มฉนวน Hopper อบเม็ดพลาสติก ซึ่งจะได้ประโยชน์ 2 ด้าน คือ 1) ลดการใช้พลังงานในส่วน of Heater ไฟฟ้า 2) ลดการใช้พลังงานในส่วน of ระบบปรับอากาศในโรงงานที่ผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ต้องผลิตในห้องปรับอากาศเนื่องจากการควบคุมความสะอาด เช่น การผลิตบรรจุภัณฑ์ของยา และเครื่องสำอางค์ เป็นต้น		
1.9	มาตรการเปลี่ยนรูปแบบการขนถ่ายเม็ดพลาสติกจากระบบอากาศอัดเป็น วิธีอื่น ซึ่งใช้พลังงานน้อยกว่า และควรเดินระบบเฉพาะเมื่อใช้งานเท่านั้น		
1.10	มาตรการเปลี่ยนลดขนาดมอเตอร์หรือใช้อุปกรณ์ควบคุมประเภท Motor load control สำหรับเครื่องผสมหรือเครื่องโมที่ภาระต่ำ		

ลำดับ

แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

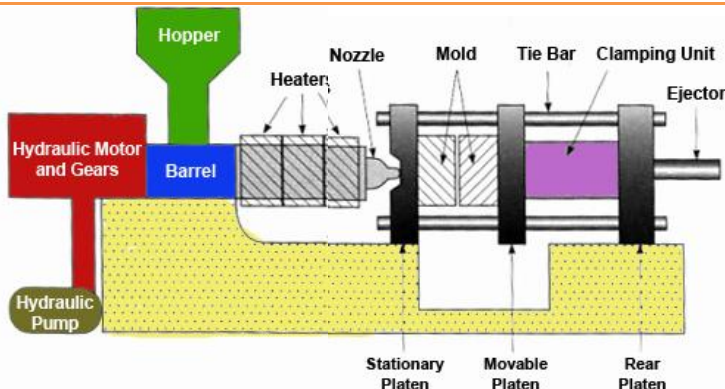
2.กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection system)

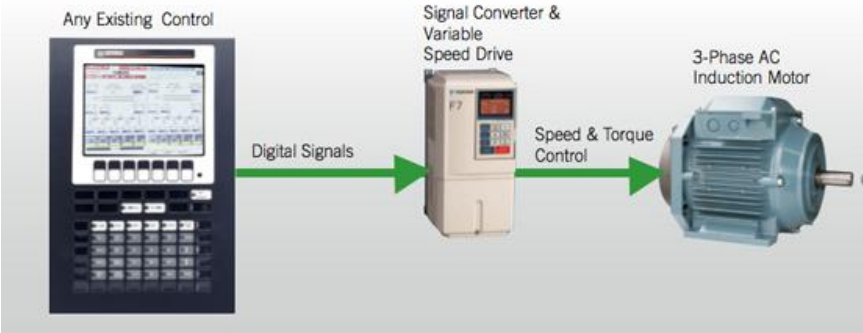


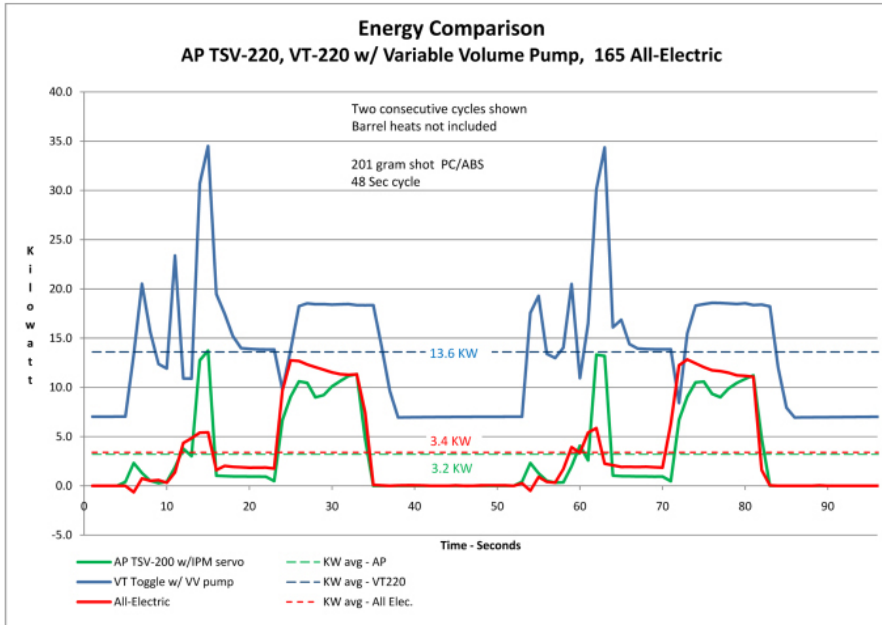
เครื่องฉีดพลาสติก (Injection molding) เป็นเครื่องจักรที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดในกระบวนการผลิตพลาสติกมีสัดส่วนประมาณ 40-70 % ขึ้นอยู่กับชนิดของ วัสดุดิบ และประเภทของผลิตภัณฑ์โดยพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่กว่า 60-70% ใช้ในการขับเคลื่อนชุดเครื่องฉีดพลาสติก ส่วนอีกประมาณ 10-15% ใช้ในการให้ความร้อนของบารเรล

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
2.1	มาตรการหุ้มฉนวนฮีตเตอร์บารเรลของเครื่องฉีด เครื่องเป่า และเครื่องรีด  ตัวอย่าง มาตรการหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนสูญเสียของบารเรล (Heater) ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในส่วนของ Heater ได้ประมาณ 20-40% ข้อควรระวัง : การหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนสูญเสียเหมาะสมสำหรับเครื่องฉีดบางประเภทเท่านั้น และเมื่อหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนแล้วจำเป็นต้องมีการปรับตั้งอุณหภูมิของแต่ละบารเรลใหม่ทั้งหมดเนื่องจากการหุ้มฉนวนจะเกิดความร้อนสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆหากไม่ปรับลดอุณหภูมิลง 5-10 °C		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
2.2	มาตรการตรวจสอบการทำงานของฮีตเตอร์ดังนี้ - ตรวจสอบความแน่นของสกรู ยึดหรือรัดฮีตเตอร์ และข้อเข้าสายทุก 6 เดือน - ตรวจสอบกระแสของฮีตเตอร์แต่ละชุดให้ทำงานให้ครบทุกตัว เพื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และไม่กระทบต่อการทำงานของฮีตเตอร์ตัวที่เหลือ - ควรติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลแสดงอุณหภูมิของเพลทด้วย - ควรมีการเปรียบเทียบเทอร์โมคัปเปิ้ล อย่างน้อยปีละครั้งเพื่อให้ทราบว่าอุณหภูมิที่ควบคุมถูกต้องหรือไม่		
2.3	มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์ ให้สอดคล้องกับเม็ดพลาสติกที่ใช้ และชิ้นงานทุกครั้งถ้าอุณหภูมิที่ตั้งไม่เพียงพอให้หาสาเหตุที่แท้จริงก่อนที่จะปรับตั้งอุณหภูมิสูงขึ้น		
2.4	มาตรการหุ้มฉนวนฮีตเตอร์เครื่องพ่นกึ่ง ฮีตเตอร์ที่ใช้กับเครื่องฉีด 1 ชุด ใช้ฮีตเตอร์ 2 แผ่นขนาดประมาณแผ่นละ 1.3 kW อุณหภูมิผิวประมาณ 130 °C มีความร้อนสูญเสียประมาณ 1,500 W/m² ซึ่งสามารถลดความร้อนสูญเสียได้ถึงร้อยละ 80 โดยการติดตั้งแผ่นฉนวนประกอบทั้งสองด้าน ใช้ฉนวนประเภทเซรามิกไฟเบอร์  ตัวอย่าง มาตรการหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนสูญเสีย Heater เครื่องพ่นกึ่ง ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในส่วนของ Heater ได้ประมาณ 20-30%		
2.5	มาตรการลดการสูญเสียความร้อนขณะขึ้นรูปเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตแบบ Rotational molding โดยการใช้ห้องอบ		
2.6	มาตรการใช้ MLC ควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน Extruder สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Injection molding		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ
3.ระบบขับเคลื่อนหลัก (Main drive and hydraulic system)		
		
ระบบขับเคลื่อน (Main drive and hydraulic system) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากถึง 60-70% ของเครื่องฉีดพลาสติก โดยในปัจจุบันได้มีการให้ความสำคัญอย่างมากในการเลือกใช้ หรือการปรับปรุง เพื่อเกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุดในส่วนนี้		

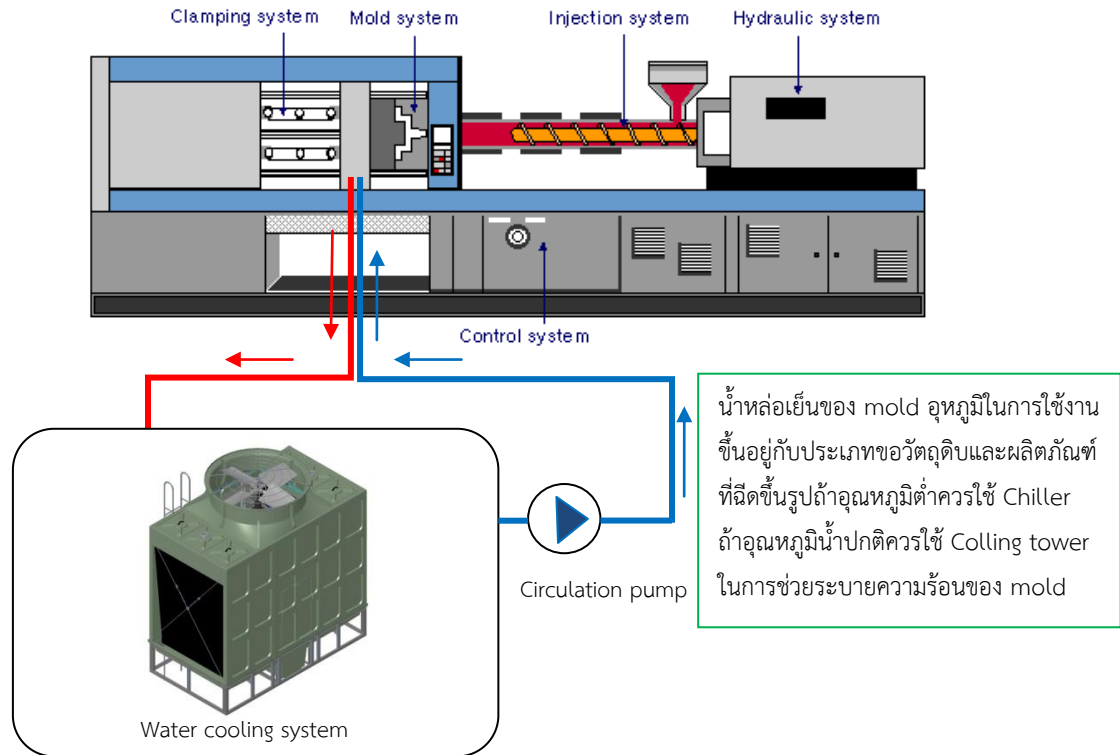
ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ																																					
		ได้	ไม่ได้																																				
3.1	มาตรการเปลี่ยน VS Motor (Variable speed motor) มาใช้ VSD Motor เช่น มอเตอร์ที่ขับเคลื่อนของเครื่องรีดในโรงงานเป่าพลาสติก  ที่มา: http://www.cinprotech.com/ap-machines.html																																						
3.2	มาตรการลดขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระ มอเตอร์ที่รับภาระต่ำกว่าปกติมาก ประสิทธิภาพจะตกลงอย่างรวดเร็วหากพบว่ามอเตอร์เข้าข่ายนี้ควรพิจารณาในการลดขนาดมอเตอร์ โดยนำมอเตอร์สำรองที่มีขนาดเหมาะสมมาติดตั้งใช้งาน																																						
3.3	มาตรการใช้อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ (Motor load control) สำหรับมอเตอร์ปั๊มไฮดรอลิกของเครื่องฉีด และเครื่องเป่าซึ่งมักมีภาระสูงช่วงสั้นๆ ขณะฉีด แต่ในช่วงปกติภาระจะต่ำมาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ทั้งนี้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของมอเตอร์ได้ โดยใช้อุปกรณ์ Motor load control ซึ่งในท้องตลาดมีทั้งในรูป Motor load control เลย และแบบที่อยู่ในรูปของ Soft starter ซึ่งมีฟังก์ชันประหยัดพลังงาน																																						
3.4	มาตรการการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง โดยเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง จะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ 3% และมีราคาสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ 25-30% ในกรณีที่เป็นการจัดหามอเตอร์ใหม่ หรือมอเตอร์เดิมชำรุด การเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะคุ้มค่าภายในระยะเวลาประมาณ 2 ปี จึงมีความคุ้มค่ามาก																																						
3.5	มาตรการเลือกซื้อเครื่องจักร (Motor and drive system) ที่มีสมรรถนะสูงใช้พลังงานต่ำ เช่น Injection molding แบบ All electric และ แบบ IPM (Interior permanent synchronized motor) ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้ 50- 60% Hydraulic v. Electric <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>All Electric</th><th>Electric Screw Drive</th><th>Full Hydraulic</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Machine size</td><td>NT550B</td><td>MM550E</td><td>550</td></tr> <tr> <td>Shot Size</td><td>33</td><td>32</td><td>32.66</td></tr> <tr> <td>Cycle Time</td><td>15.8</td><td>18.1</td><td>17.67</td></tr> <tr> <td>Lbs/hr</td><td>470</td><td>398</td><td>416</td></tr> <tr> <td>Kilowatts</td><td>63.6</td><td>84.2</td><td>130.57</td></tr> <tr> <td>kW/lb./hr</td><td>0.14</td><td>0.212</td><td>0.31</td></tr> <tr> <td>Material</td><td>HDPE</td><td>HDPE</td><td>HDPE</td></tr> <tr> <td></td><td>5 gal bucket</td><td>5 gal bucket</td><td>5 gal bucket</td></tr> </tbody> </table>		All Electric	Electric Screw Drive	Full Hydraulic	Machine size	NT550B	MM550E	550	Shot Size	33	32	32.66	Cycle Time	15.8	18.1	17.67	Lbs/hr	470	398	416	Kilowatts	63.6	84.2	130.57	kW/lb./hr	0.14	0.212	0.31	Material	HDPE	HDPE	HDPE		5 gal bucket	5 gal bucket	5 gal bucket		
	All Electric	Electric Screw Drive	Full Hydraulic																																				
Machine size	NT550B	MM550E	550																																				
Shot Size	33	32	32.66																																				
Cycle Time	15.8	18.1	17.67																																				
Lbs/hr	470	398	416																																				
Kilowatts	63.6	84.2	130.57																																				
kW/lb./hr	0.14	0.212	0.31																																				
Material	HDPE	HDPE	HDPE																																				
	5 gal bucket	5 gal bucket	5 gal bucket																																				

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
3.5 (ต่อ)	IPM (Interior permanent synchronized motor) Energy Efficiency  Daikin pump, motor and drive system for quality and response IPM Interior Permanent Magnet Synchronized Motor Quiet operation max 68dba 60% Energy Savings compared to variable displacement pumps (refer to Energy Comparison graph) Comparable Energy Savings to all electric without costly ball screws, belts, bearings etc. (refer to Energy Comparison graph)  ที่มา: http://www.cinprotech.com/ap-machines.html		
3.6	มอเตอร์ในขั้นตอนแปรรูปที่มีภาระต่ำกว่าร้อยละ 45 ตลอดเวลา และวงจรเริ่มเดินเครื่องเป็นระบบสตาร์ท-ดลต่ำ มีวิธีประหยัดพลังงานง่ายๆ วิธีหนึ่งที่ไม่ต้องลงทุน ก็คือการแก้ไขวงจรให้มอเตอร์ทำงานในแบบสตาร์ทถาวร		
3.7	การใช้อากาศอัดในระบบการเป่าพลาสติก ปกติเครื่องเป่าพลาสติกจะใช้ความดันอากาศ 5-6 บาร์ ควรตรวจสอบตรวจสอบกับผู้ผลิตเครื่องเป่าและปรับตั้งค่าความดันให้สูงกว่านี้เพียงเล็กน้อย		
3.8	ควรตรวจสอบและปรับตั้งหัวเป่าลมของเครื่องรีดที่เป่าหล่อเย็นให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและยึดถาวร โดยทั่วไปมักพบว่าหัวเป่าลมที่เลื่อนตำแหน่งไป ลมที่พ่นออกมาไม่ตรงกับชิ้นงาน จึงเป็นการสูญเสีย		
3.9	ลดหรือเปลี่ยนขนาดหัวปืนลมเพื่อลดการใช้อากาศอัดอย่างสิ้นเปลือง		

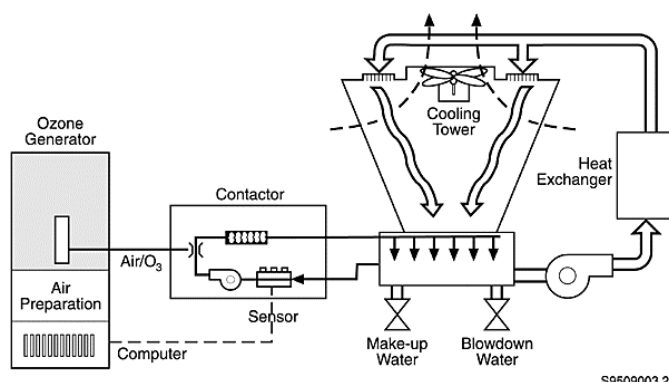
ลำดับ

แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

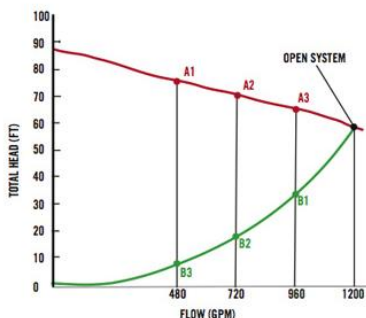
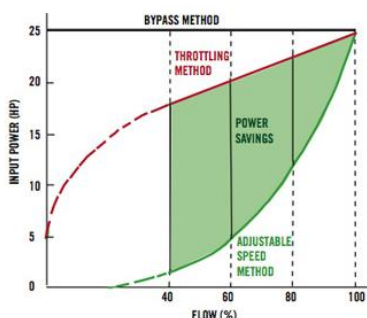
4.กระบวนการส่วนการหล่อเย็น



ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
4.1	การหล่อเย็นโดยธรรมชาติระบายความร้อนที่ไม่ต้องการอุณหภูมิต่ำมากสามารถใช้การระบายความร้อนตามธรรมชาติให้กับสิ่งแวดล้อม หรืออุณหภูมิที่ลดลงในช่วงกลางคืน ระบายความร้อนออกจากน้ำโดยไม่มีความจำเป็นต้องเดินหอผึ่งน้ำ และปั๊มน้ำของหอผึ่งน้ำ ซึ่งเราอาจจะดูจากอุณหภูมิน้ำในบ่อเป็นหลัก เมื่อการระบายความร้อนตามธรรมชาติไม่เพียงพอจึงเดินเครื่องเพื่อเสริมได้		
4.2	การเริ่มเดินระบบอย่างเหมาะสม ในโรงงานที่ไม่ได้มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมงระบบน้ำหล่อเย็นจะต้องพร้อมก่อนเริ่มการผลิต จึงต้องเดินเครื่องทำน้ำเย็นก่อนเวลาควรเริ่มงานเดินน้ำเย็นหมุนเวียนเฉพาะเครื่องทำน้ำเย็นก่อน โดยไม่ผ่านแม่พิมพ์จนเครื่องทำอุณหภูมิน้ำได้ระดับที่ต้องการแล้วจึงเปิดเข้าสายการผลิต แล้วจับเวลาไว้ว่าเครื่องทำน้ำเย็นใช้เวลาในการทำอุณหภูมินานเท่าใด ในวันต่อไปก็เริ่มเดินเครื่องก่อนเวลาเริ่มงานเท่ากับเวลาที่เครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งจะได้น้ำเย็นพอดี ณ เวลาเริ่มทำงาน ซึ่งอาจตั้งเป็นมาตรฐานในการเดินสำหรับแต่ละฤดูกาล		
4.3	การหยุดระบบน้ำหล่อเย็นอย่างเหมาะสม ขณะใกล้เวลาหยุดเครื่องจักรน้ำในระบบยังเย็นอยู่ อาจหยุดเครื่องทำน้ำเย็นก่อนเวลาเลิกงานและเดินหมุนเวียนใช้น้ำเย็นในถังต่อไปสักช่วงหนึ่งได้ สำหรับระยะเวลาที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องทดลองโดยเพิ่มเวลาขึ้นทีละน้อย		
4.4	มาตรการลดการสูญเสียอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นโดยปรับปรุงแก้ไขท่อเมนจ่ายน้ำเย็น บางครั้งเดินไกล โดนแสงแดดส่อง หรือฉนวนเสื่อมสภาพ		
4.5	มาตรการลดการสูญเสียอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น โดยสร้างถังเก็บน้ำเย็นแบบปิดมีฉนวนโฟมหุ้ม จะรักษาอุณหภูมิได้ดีกว่าถังน้ำคอนกรีต		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
4.6	มาตรการตรวจสอบฉนวนกันน้ำเย็นให้อยู่ในสภาพดี		
4.7	มาตรการตรวจสอบท่อน้ำเย็นย่อยที่เดินไปยังเครื่องจักร ควรอยู่ในสภาพดีและหุ้มฉนวน		
4.8	การระบายความร้อนของเครื่องต้องมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นขึ้นอยู่กับภาระระบายความร้อน ดังนั้นในส่วน Condenser ที่ต้องระบายความร้อนมีอากาศถ่ายเท ไม่รับลมร้อนจากเครื่องจักรอื่นมาระบายความร้อน หรือมีสิ่งกีดขวางการระบายความร้อน จะทำให้เครื่องทำงานได้ไม่ดี ต้องล้างทำความสะอาดส่วนระบายความร้อน ครีระบายความร้อน หรือคอนเดนเซอร์ กรณีระบายความร้อนด้วยน้ำ ทุก 6 เดือน		
4.9	มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นให้เหมาะสม เนื่องจากอุณหภูมิน้ำเย็นที่ใช้หล่อเย็นขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกและชิ้นงาน ควรตรวจสอบกับฝ่ายผลิตว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ต้องการมีค่าเท่าใดแล้วปรับตั้งไปที่ค่าดังกล่าวหรือต่ำกว่าเล็กน้อย		
4.10	มาตรการจัดจำนวนเครื่องจักรต่อเครื่องทำน้ำเย็นให้พอเหมาะกับฟีดของเครื่อง บางครั้งการพ่วงต่อเครื่องจักรมากชุดทำให้น้ำเย็นไม่พอ ทำต้องตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นให้ต่ำลงสิ้นเปลืองพลังงาน นอกจากนี้เครื่องจะทำงานหนัก ชำรุดเสียหายเร็ว		
4.11	การเดินเครื่องทำน้ำเย็นที่มีคอมเพรสเซอร์หลายชุดต้องวางจระอย่างเหมาะสม ควรเลือกเดินคอมเพรสเซอร์ชุดที่กินไฟน้อยกว่าเป็นหลัก และเมื่อภาระน้อยๆ เดินคอมเพรสเซอร์เพียง 1 ชุดเมื่อภาระมากขึ้นก็เดินเพิ่มเป็น 2 ชุดในการเดินคอมเพรสเซอร์ 2 ชุด ในตัวอย่างนี้ควรเดินวงจรละ 1 คอมเพรสเซอร์ แทนที่จะเดิน 2 คอมเพรสเซอร์ต่อ 1 วงจรและหยุดไปเลย 1 ชุด เนื่องจากการเดินคอมเพรสเซอร์ 1 ชุดต่อ 1 วงจร พื้นที่ระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ต่อสารทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ทำให้สมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ดีขึ้นพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องอัดใช้ลดลงมากกว่าส่วนที่เพิ่มขึ้นจากการเดินพัดลมระบายอากาศเพิ่มขึ้น		
4.12	พิจารณาการใช้น้ำไอโซน ในการบำบัดน้ำเพื่อลดปัญหาตะกอน ของน้ำหล่อเย็นใน Mold ซึ่งมีผลกระทบต่อการประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อน และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยการลด Cycle time ในการหล่อเย็น โดยทั่วไประบบ Cooling tower จำเป็นต้องใช้สารเคมีต่าง ๆ เพื่อบำบัดน้ำ เช่น คลอรีน เพื่อควบคุมปริมาณเชื้อโรค กรดซัลฟูริก สารประกอบฟอสฟอรัส และสังกะสี เพื่อควบคุมตะกอน ตะไคร่น้ำ ราเมือก สารประกอบของไนไตรต์โบแรกซ์ เพื่อป้องกันการเกิดสนิมและการกัดกร่อนในระบบ สารเคมีเหล่านี้มีประสิทธิผลหลังเติมเพียง 3-4 วัน (หากไม่ใช่ระบบเติมอัตโนมัติ) ทั้งสิ่งเจือปนตกค้างในระบบทำให้ต้อง Blow down น้ำทิ้งบ่อย ๆ รวมทั้งเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานและสภาพแวดล้อม ไอโซนเป็นเทคโนโลยีใหม่ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานและสภาพแวดล้อมโดยลงทุนเพียงครั้งเดียวแล้วใช้งานได้ตลอดไป ด้วยข้อดีหลายๆอย่างซึ่งจะได้กล่าวต่อไป ทำให้อิโซนถูกนำมาใช้บำบัดน้ำในระบบ Cooling tower กันมากขึ้นด้วยอัตราที่ค่อนข้างสูงในปัจจุบัน  S9509003.2		

ที่มา : [http:// www.innovationidea.com](http://www.innovationidea.com)

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
4.12 (ต่อ)	 ที่มา: การการใช้ไอโซน เพื่อป้องกันและกำจัดตะกอน ตะไคร่น้ำ และควบคุมการกัดกร่อนในระบบ Cooling tower ของบริษัท ไสสุโก้ เซรามิก จำกัด		
4.13	การใช้น้ำหล่อเย็นที่ใช้แล้วมาหล่อเย็นในขั้นตอนต่อไป ควรมีการพิจารณาเดินท่อน้ำเย็นแบบต่อเนื่อง นำน้ำเย็นจากขั้นแรกมาใช้หล่อเย็นในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจะทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากขึ้น อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ต้องการใช้ในกระบวนการผลิตจะสามารถลดลงได้		
4.14	กรณีโรงงานที่มีการติดตั้ง Injection molding หลายชุดรวมกัน ควรพิจารณาเปลี่ยนวิธีการควบคุมการจ่ายน้ำหล่อเย็นจากการใช้วิธีการหรีวาล์วน้ำ (Throttling method) มาเป็นการควบคุมอัตราการไหล ด้วยการปรับความเร็วของมอเตอร์ปั้ม (Variable speed pump control)  Cooler Running Pump Motor Soft-start eliminates inrush current, dramatically increasing winding insulation life.  Comparison of Operating Points for Throttling (A) and Adjustable Speed (B) Flow Control  Power requirements and savings for the various flow rates, comparing both throttling and bypass methods to adjustable pump speed control. Variable Speed Pump Control Retrofits ที่มา: http://www.cinprotech.com/ap-machines.html หมายเหตุ : แสดงกรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จใน กรณีศึกษาที่ 6.20		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
5. มาตรการด้านการจัดการและการปรับตั้งค่าตัวแปรที่มีผลการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม (Orational control)			
5.1	มาตรการหยุดเครื่องเมื่อไม่มีการผลิต		
5.2	มาตรการลดเวลาในการซ่อมบำรุง หรือปรับตั้งเครื่อง		
5.3	มาตรการลดของเสีย แม้ว่าเศษพลาสติกชนิด Thermoplastics จะนำมาหลอมใช้ใหม่ได้ แต่ทุกครั้งที่มีการนำมาผลิตใหม่ (Reprocess) หมายถึง ชิ้นงานนั้นต้องใช้พลังงานเป็น 2 เท่า รวมกับพลังงานในการโม้ ต้นทุนพลังงานสำหรับชิ้นงานนั้นเป็น 2 เท่า		
5.4	มาตรการปรับตั้งค่าการควบคุมอุณหภูมิในการใช้งานให้ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน ในเครื่องรีด และเครื่องฉีดพลาสติกมีการควบคุมอุณหภูมิในหลายจุดตลอดบาเรลและหัวฉีด หรือตาย แต่ละตำแหน่งกำหนดค่าไม่เท่ากันตามชนิดของพลาสติก อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้พลาสติกสลายตัว แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำไปพลาสติกจะหนืดไม่ไหล จึงควรตั้งค่าของแต่ละตำแหน่งตามชนิดของพลาสติกที่ใช้ ในการปรับตั้งอุณหภูมิลงได้ 5°C สามารถลดการใช้ไฟฟ้าในส่วนฮีตเตอร์ลงได้ร้อยละ 2-3		
5.5	หากตรวจสอบพบว่าการตั้งอุณหภูมิถูกต้องแล้วแต่ความร้อนไม่เพียงพอ ควรตรวจสอบหาสาเหตุ และแก้ไขปัญหาก่อน ปรับตั้งสูงขึ้น		
5.6	มาตรการปรับตั้งแรงดันในการอัดปิดแม่พิมพ์ (Clamping force) ควรเหมาะสมกับแม่พิมพ์และชนิดพลาสติกที่ใช้ ไม่ควรใช้แรงอัดสูงสุดคงที่ทุกกรณี ทั้งนี้แรงอัดที่น้อยเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน แรงอัดที่มากเกินไปจะต้องใช้พลังงานมากขึ้น		
5.7	มาตรการปรับตั้งความเร็วรอบของสกรูเครื่องฉีดให้มีค่าเหมาะสมและไม่ควรเกินค่าสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับพลาสติกแต่ละชนิดความเร็วรอบของสกรูถูกกำหนดด้วยความเร็วเชิงเส้นของสกรู		
5.8	ควรตั้งค่าเวลาในแต่ละขั้นตอนตามชิ้นงานและผู้ผลิตกำหนด การตั้งเวลาเผื่อมากเกินไป อัตราการผลิตจะลดลง ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน		

5.5 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระบบสนับสนุน

ตารางที่ 5.13 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระบบสนับสนุน

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
1. ระบบไอน้ำ			
1.1	นำน้ำคอนเดนเสทกลับมาเป็นน้ำป้อน		
1.2	นำน้ำคอนเดนเสทกลับมาอุ่นน้ำป้อน		
1.3	นำน้ำคอนเดนเสทกลับมาอุ่นอากาศป้อน		
1.4	นำน้ำคอนเดนเสทไปใช้เป็นน้ำร้อนสำหรับงานอื่น		
1.5	นำน้ำโบลตาว์กลับมาใช้งาน		
1.6	นำความร้อนทิ้งในไอเสียกลับมาอุ่นน้ำป้อน		
1.7	นำความร้อนทิ้งในไอเสียกลับมาอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อลดการฮีตเตอร์ไฟฟ้า		
1.8	นำความร้อนทิ้งในไอเสียกลับมาอุ่นอากาศป้อน		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
1.9	นำความร้อนทิ้งจากแหล่งอื่นมาอุ่นน้ำป้อน		
1.10	นำความร้อนทิ้งจากแหล่งอื่นมาอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อลดการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า		
1.11	นำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาอุ่นน้ำป้อน เช่น สร้างถังน้ำป้อนโลหะวางไว้กลางแจ้ง		
1.12	ปรับสัดส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงเพื่อให้ % O ₂ ในไอเสียไม่เกิน 3-4%		
1.13	ปรับลดปริมาณเชื้อเพลิงถ้าคว้นไอเสียมีสีดำ		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
2. ระบบทำน้ำเย็น			
เครื่องทำน้ำเย็นและระบบ			
2.1	การปรับอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้น		
2.2	การลดอุณหภูมิระบายความร้อนก่อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น		
2.3	การปรับอัตราการไหลน้ำเย็นเข้าเครื่องทำน้ำเย็นให้ได้ตามพิกัด		
2.4	การปรับอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนให้ได้ตามพิกัด		
2.5	การปรับภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นให้อยู่ 80-90%		
2.6	การทำความสะอาดคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ		
2.7	การจัดการใช้เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก		
2.8	การเพิ่มอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศให้สูงขึ้น		
2.9	การจัดการใช้เครื่องทำน้ำเย็นในจำนวนที่เหมาะสมกับภาระ		
2.10	การจัดการใช้เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น		
2.11	การลดเวลาการใช้งานโดยเปิดให้ช้าลงและปิดเร็วขึ้น		
เครื่องส่งจ่ายลมเย็น			
2.12	การสมดุลอากาศเย็นในพื้นที่ให้เหมาะสมกับภาระ		
2.13	การสมดุลน้ำเย็นในระบบให้เหมาะสมกับภาระ		
2.14	การทำความสะอาดขดท่อความเย็นอย่างสม่ำเสมอ		
2.15	การทำความสะอาดกรองอากาศเครื่องส่งลมเย็นอย่างสม่ำเสมอ		
2.16	การกันห้องเพื่อลดพื้นที่ปรับอากาศ		
2.17	การลดการนำอากาศภายนอกเข้าโดยการปิดหรือลดรอบพัดลม		
2.18	การเปลี่ยนขดท่อทำความเย็นใหม่		
2.19	การใช้ระบบปรับความเร็วรอบ (VSD) กับมอเตอร์พัดลม		
2.20	การใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศเย็นที่ปล่อยทิ้ง		
2.21	การปรับลดเวลาการใช้งานโดยเปิดช้าลงและปิดเร็วขึ้น		
2.22	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงกับพัดลม		
2.23	การลดการรั่วไหลของอากาศเย็น		
2.24	การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่กระจก		
2.25	การเปลี่ยนกระจกใหม่หรือการติดตั้งกันสาด		
2.26	การติดตั้งมู่ลี่ที่มีการสะท้อนความร้อนสูง		
ปั๊มน้ำเย็นและปั๊มระบายความร้อน			
2.27	การปรับลดเวลาการใช้งานโดยเปิดช้าลงและปิดเร็วขึ้น		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
2.28	การปรับลดปริมาณน้ำโดยการหรีวาล์ว		
2.29	การปรับลดปริมาณน้ำโดยการลดขนาดใบพัด		
2.30	การปรับลดปริมาณน้ำโดยการเปลี่ยนใบพัด		
2.31	การปรับลดปริมาณน้ำโดยการลดรอบมอเตอร์		
2.32	การปรับลดปริมาณน้ำโดยการลดขนาดปั๊มน้ำ		
2.33	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในขนาดที่เหมาะสม		
2.34	การใช้งานปั๊มน้ำในจำนวนที่เหมาะสม		
2.35	การเลือกใช้งานปั๊มน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก		
2.36	การเลือกใช้งานกลุ่มปั๊มน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก		
2.37	การปรับปรุงการเชื่อมต่อท่อจากแบบตัวที่เป็นแบบตัววาย		
2.38	การเพิ่มขนาด Header		
2.39	การทำความสะอาด Strainer เป็นประจำ		
2.40	การเปลี่ยนแบริงและหล่อลื่นในระยะเวลาที่เหมาะสม		
2.41	การเปลี่ยนไปใช้ปั๊มน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น		
ท่อผึงเย็น			
2.42	การใช้งานท่อผึงเย็นให้เหมาะสมจากอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ได้		
2.43	การเลือกใช้งานท่อผึงเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก		
2.44	การปรับปรุงและทำความสะอาดท่อผึงเย็นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ		
2.45	การเปลี่ยนใบพัดท่อผึงเย็นจากโลหะเป็นไฟเบอร์		
2.46	การมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่มีขนาดเหมาะสม		
2.47	การลดการสูญเสีย		
2.48	การลดเวลาการใช้งานโดยเปิดให้ช้าลงและปิดเร็วขึ้น		
2.49	การเปลี่ยนท่อผึงเย็นให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น		
2.50	การแก้ไขการลัดวงจร (ถูกดูดกลับ) ของอากาศร้อนขึ้นที่ปล่อยทิ้ง		
2.51	การลดปริมาณน้ำเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ต่ำสุด		
2.52	การเปลี่ยนริงผึงในระยะเวลาที่เหมาะสม		
2.53	การนำอากาศเย็นที่ระบายทิ้งเข้ามาระบายความร้อน		
2.54	การทำความสะอาดและซ่อมแซมหัวฉีดให้กระจายของน้ำได้ดี		
2.55	การใช้ไอโซนกำจัดตะไคร้และตะกรัน		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
3. ระบบปั้ม			
3.1	การใช้ปั๊มน้ำชุดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก		
3.2	การใช้กลุ่มปั๊มน้ำกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก		
3.3	การลดการรั่วไหลของน้ำ		
3.4	การลดปริมาณการใช้น้ำโดยใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ		

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
3.5	การใช้น้ำคุณภาพต่ำล้างพื้น		
3.6	การใช้ปั๊มแรงดันสูงเพื่อลดการใช้น้ำในการล้าง		
3.7	การลดการใช้มอเตอร์ที่ผ่านการไหม้ของขดลวด		
3.8	การลดอัตราการไหลของน้ำโดยการหริวาล์วน้ำ		
3.9	การลดอัตราการไหลของน้ำโดยการลดขนาดใบพัด		
3.10	การลดอัตราการไหลของน้ำโดยการลดรอบมอเตอร์		
3.11	การลดขนาดของปั๊มน้ำ		
3.12	การลดขนาดของมอเตอร์		
3.13	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง		
3.14	การเพิ่มขนาดท่อ		
3.15	การเปลี่ยนการเชื่อมต่อท่อจากแบบที่เป็นแบบว้าย		
3.16	การลดแรงดันในการส่งน้ำ		
3.17	การใช้ปั๊มประสิทธิภาพสูง		
3.18	การเปลี่ยนแรงและหล่อลื่นในระยะเวลาที่เหมาะสม		
3.19	การทำความสะอาดหรือใบพัดในระยะเวลาที่เหมาะสม		
3.20	การเลือกใช้ปั๊มน้ำในชนิดที่เหมาะสมกับการใช้งาน		
3.21	การลดประสิทธิภาพน้ำที่ใช้กับอุปกรณ์		
3.22	การปิดวาล์วน้ำเข้าเครื่องจักรที่ไม่ใช้งาน		
3.23	การทำความสะอาด Strainer อย่างสม่ำเสมอ		
3.24	การปิดวาล์ว Bypass ของระบบน้ำทั้งหมด		
3.25	การลดขั้นตอนการส่งน้ำ		
3.26	การเลือกใช้คุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน		
3.27	การใช้ Booster กับอุปกรณ์กลุ่มน้อยที่ต้องการความดันสูง		

ลำดับ		แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
			ได้	ไม่ได้
4. พัดลม				
4.1	การลดเวลาการเปิดใช้พัดลม			
4.2	การลดปริมาณลมโดยการหริวาล์ว			
4.3	การลดการใช้พัดลมที่มอเตอร์เคยไหม้			
4.4	การซ่อมรูรั่วของโครงพัดลม			
4.5	การลดขนาดใบพัดลม			
4.6	การใช้พัดลมขนาดเล็กและประสิทธิภาพสูง			
4.7	การลดรอบพัดลมโดยการเปลี่ยนพูเลย์			
4.8	การลดรอบพัดลมโดยใช้ Invertor			
4.9	การใช้มอเตอร์ให้ขนาดเหมาะสมกับพัดลม			
4.10	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง			
4.11	การเพิ่มประสิทธิภาพระบบส่งกำลัง			
4.12	การปิดปากทางดูดที่ไม่ได้ใช้งานของระบบดูดฝุ่นควัน			

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
4.13	การซ่อมรั่วของระบบท่อลมดูดหรือเป่า		
4.14	การเพิ่มขนาดท่อลมให้ใหญ่ขึ้น		
4.15	การลดความยาวและข้อต่อของระบบท่อลม		
4.16	การออกแบบปากท่อดูดฝุ่นควันและระยะห่างให้เหมาะสม		
4.17	การเปลี่ยนวิธีดูดลมร้อนทั้งโดยใช้พัดลมติดผนังในโรงงานจำนวนมากเป็นการติดตั้งฝ้าซี (Hood) ครอบ จุดเฉพาะจุดที่เกิดความร้อน		
4.18	การปรับความตึงของสายพานให้เหมาะสม		
4.19	การทำความสะอาดใบพัดลมอย่างสม่ำเสมอ		
4.20	การเปลี่ยนใบพัดลมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น		
4.21	การเปลี่ยนพัดลมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น		
4.22	การทำความสะอาดกรองอากาศอย่างสม่ำเสมอ		
4.23	การเลือกใช้ชนิดพัดลมให้เหมาะกับการใช้งาน		
4.24	การติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่มอเตอร์พัดลม		

ลำดับ		แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
			ได้	ไม่ได้
5. อากาศอัด				
5.1	การทำความสะอาดกรองอากาศสม่ำเสมอ			
5.2	การลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัด			
5.3	การลดการรั่วไหลในระบบอากาศอัด			
5.4	การลดความดันใช้งานของอุปกรณ์ใช้อากาศอัด			
5.5	การลดความดันในการผลิตอากาศอัด			
5.6	การใช้หัวฉีดลมเพื่อลดการใช้อากาศอัด			
5.7	การเปลี่ยนอุปกรณ์ใช้อากาศอัดที่มีการสึกหรอ			
5.8	การลดเวลาการใช้งานเครื่องอัดอากาศ			
5.9	การใช้เครื่องอัดชุดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก			
5.10	การเดินเครื่องอัดอากาศกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก			
5.11	การใช้ Booster กับอุปกรณ์ส่วนน้อยที่ใช้แรงดันสูง			
5.12	การแยกระบบอากาศอัดเป็นความดันสูงและต่ำ			
5.13	การลดความยาวและข้อต่อของในระบบท่อลม			
5.14	การเพิ่มขนาดท่อลมให้ใหญ่ขึ้นหรือเดินท่อเพิ่ม			
5.15	การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศ			
5.16	การเดินท่อลมแบบวงแหวน (Loop)			
5.17	การเปลี่ยนระบบควบคุมจาก Load-Unload เป็นการใช้ Inverter			
5.18	การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้มีขนาดเหมาะสม			
5.19	การเปลี่ยนไปใช้เครื่องอัดที่มีประสิทธิภาพสูง			
5.20	การปรับปรุงประสิทธิภาพของ Intercooler/After cooler			
5.21	การใช้อุปกรณ์ควบคุมความดันลมอัดอัตโนมัติกับเครื่องอัดอากาศที่ทำงานพร้อมกันหลายชุด			
5.22	การเปลี่ยนเบรคของเครื่องอัดและมอเตอร์ในระยะเวลาที่เหมาะสม			
5.23	การเปลี่ยนชนิดสายพานที่มีประสิทธิภาพสูง			

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
5.24	การเปลี่ยนลิ้นของเครื่องอัดเมื่อเกิดการรั่ว		
5.25	การลดการใช้งาน Air Dryer ให้เหมาะสม		

ลำดับ		แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
			ได้	ไม่ได้
6. ระบบแสงสว่าง				
6.1	การลดจำนวนหลอดไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น			
6.2	การเพิ่มสวิตช์ไฟฟ้าเพื่อให้ปิดไฟบริเวณไม่ใช้งานได้			
6.3	การปิดไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ที่ไม่ใช้งาน			
6.4	การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดแสงจันทร์			
6.5	การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดอินแคนเดสเซนต์			
6.6	การใช้หลอดโซเดียมความดันสูงแทนหลอดแสงจันทร์			
6.7	การใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดอินแคนเดสเซนต์			
6.8	การใช้หลอดเมทัลฮาไลด์แทนหลอดฮาโลเจน			
6.9	การใช้หลอดเมทัลฮาไลด์แทนหลอดแสงจันทร์			
6.10	การลดขนาดหลอดแสงจันทร์และหลอดอื่นๆ			
6.11	การใช้บัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำกับหลอดทุกชนิดที่ใช้บัลลาสต์			
6.12	การใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กับหลอดทุกชนิดที่ใช้บัลลาสต์			
6.13	การใช้โคมไฟประสิทธิภาพสูง			
6.14	การใช้แผ่นสะท้อนแสงแทนโคมเดิม			
6.15	การใช้อุปกรณ์หรือแสงสว่างอัตโนมัติ			
6.16	การใช้ไฟโต้สวิตช์กับหลอดภายนอกโรงงาน			
6.17	การใช้แสงธรรมชาติแทนแสงประดิษฐ์			
6.18	การใช้โซล่าเซลล์กับระบบแสงสว่าง			
6.19	การเปลี่ยนวิธีการให้ความสว่างเฉพาะจุด			

ลำดับ	แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน	การดำเนินการ	
		ได้	ไม่ได้
7. ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า			
7.1	การติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่อุปกรณ์ไฟฟ้า		
7.2	การติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ระบบรวม		
7.3	การลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสม		
7.4	การลดจำนวนการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า		
7.5	การสมดุลกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส		
7.6	การใช้หม้อแปลงในจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด		
7.7	การลดฮาร์มอนิกที่เกิดในระบบ		
7.8	การเลือกใช้หม้อแปลงในขนาดที่เหมาะสม		
7.9	การใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ		

5.6 การจัดทำรายงานและวิธีการคำนวณการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิต

การจัดทำรายงานมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเป็นการนำเสนอให้ผู้ที่เกี่ยวข้องรับทราบถึงผลการดำเนินการมาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ดำเนินการแล้ว หรือใช้ในการนำเสนอเพื่อพิจารณาศักยภาพของมาตรการและประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โดยส่วนประกอบของรายงานมาตรการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละมาตรการ มีดังนี้

1. ชื่อมาตรการ
2. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน
เป็นส่วนที่แสดงถึงสภาพการใช้งานก่อนการปรับปรุง ควรทำการระบุสถานะเดิมของการทำงาน เช่น ชั่วโมงการทำงานต่อวัน วันทำงานต่อปี อุณหภูมิที่ต้องการใช้จริง อุณหภูมิที่กำหนดไว้ เป็นต้น รวมทั้งควรมีภาพถ่ายในการสภาวะการทำงานก่อนการปรับปรุงแสดงไว้
3. หลักการและเหตุผล
อธิบายถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน รวมทั้งทฤษฎีที่สนับสนุน
4. แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง
เสนอวิธีการปรับปรุงอย่างเป็นขั้นตอน โดยทั่วไปมี 5 ขั้นตอนดังนี้
 - 4.1 การสำรวจและตรวจวัดเพื่อเก็บข้อมูลของปัญหา
 - 4.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินการ
 - 4.3 วางแผนการดำเนินการและปฏิบัติตามแผน
 - 4.4 เก็บข้อมูลหลังการดำเนินการ
 - 4.5 ประเมินผลการดำเนินการและกำหนดเป็นวิธีการทำงาน
5. สภาพหลังการปรับปรุง
เป็นส่วนสรุปผลการดำเนินการ โดยควรระบุระยะเวลาการดำเนินการ ผลประหยัดที่ได้รับในหน่วยของพลังงานที่ลดลง มูลค่าของพลังงานที่ลดลง เงินลงทุนและระยะเวลาคืนทุน
6. วิธีคำนวณผลประหยัด
เพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ วิธีการวิเคราะห์ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสามารถนำไปปรับใช้ในส่วนอื่นๆ ของโรงงานได้ดังต่อไปนี้

หมายเหตุ : การจัดทำรายงานและวิธีการคำนวณการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิต แสดงตัวอย่างไว้บทที่ 6

บทที่ 6

มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ประสบความสำเร็จ ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงมาตรการการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติกจากกรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จในโครงการต่าง ๆ ที่ผ่านมาของสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) เป็นมาตรการในกระบวนการผลิตและมาตรการของระบบสนับสนุน โดยจะรวบรวมทั้งมาตรการด้านการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม (House keeping measures) มาตรการด้านการปรับปรุงกระบวนการผลิต (Process improvement measures) และมาตรการเปลี่ยนเครื่องจักรและอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน (Machine change measures)

6.1 มาตรการที่เกี่ยวข้องกับระบบในกระบวนการผลิต

กรณีศึกษาที่ 6.1

การนำคอนเดนเสทจากระบบ Hot air blower ของแผนก Auxiliary กลับไปใช้

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยเรยอน จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง : 36 ม.2 ต.โพสะ อ.เมือง จ.อ่างทอง 14000

โทรศัพท์ : 035 611 228-9



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในกระบวนการผลิตเส้นใยประดิษฐ์เรยอน มีความจำเป็นต้องใช้ไอน้ำในกระบวนการต่างๆ ปัจจุบันมีแหล่งจ่ายไอน้ำเข้ากระบวนการผลิต 2 ส่วน คือ ไอน้ำที่ได้จากบริษัทในเครือซึ่งเป็นส่วนใหญ่ และไอน้ำที่ผลิตเพิ่มเติมเพื่อให้เพียงพอกับการใช้งานในกระบวนการผลิต ซึ่งได้ใช้หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ เชื้อเพลิงถ่านหิน ลิกไนต์ขนาด 20 ตัน/ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง/วัน 350 วัน/ปี โดยมีหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ เชื้อเพลิงน้ำมันเตา C ขนาด 15 ตัน/ชั่วโมง เพื่อสำรองฉุกเฉินจำนวน 5 ชุด โดยมีต้นทุนค่าไอน้ำ 300 Baht/TON_{steam}

ในโรงงานตัวอย่างพบว่าเครื่อง Hot air blower มีการใช้ไอน้ำความดัน 15 Bar.g เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 200°C และส่งเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยใช้ Steam coil ในการแลกเปลี่ยนความร้อน หลังจากการแลกเปลี่ยนแล้วจะเหลือ Condensate ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 95°C ซึ่งปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานความร้อน มักจะมีความร้อนที่ใช้ไม่หมดแล้วปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ ส่งผลให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นการสำรวจแหล่งความร้อนที่ปล่อยทิ้งแล้วหาแนวทางกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด จะส่งผลให้ต้นทุนการใช้พลังงานความร้อนต่ำลง อุณหภูมิจะเป็นตัวบอกประเภทและคุณภาพของความร้อนเหลือทิ้ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับนี้

1. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพสูง มีอุณหภูมิในช่วง 600-1,600 °C มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปก๊าซไอเสียจากเตาเผา เหมาะที่จะนำไปใช้กับ ระบบผลิตกำลัง ระบบผลิตกำลังและความร้อนร่วม หรือนำไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง
2. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพปานกลาง มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 200-600 °C มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปก๊าซไอเสียจากหม้อไอน้ำ กังหันก๊าซ เครื่องยนต์และเตาขึ้นรูปโลหะ เหมาะจะนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่ความดันปานกลางหรือนำไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง
3. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพต่ำ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35-200 °C มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปคอนเดนเสท น้ำและของเหลวที่ระบายความร้อนและอากาศระบายความร้อน เหมาะที่จะนำไปใช้ในการให้

ความร้อนขั้นต้น เช่น อุณหภูมิก่อนหม้อไอน้ำ อุณหภูมิของเหลว อุณหภูมิอากาศ และทำน้ำร้อนหรือน้ำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง

น้ำร้อนหรือของเหลวร้อนถือเป็นแหล่งพลังงานคุณภาพต่ำ ดังนั้นความคุ้มค่าในการลงทุนและเสถียรภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ จึงควรพิจารณาประเด็นต่างๆต่อไปนี้คือ ความต่อเนื่องของความร้อนที่ปล่อยทิ้ง ระดับอุณหภูมิของของเหลวที่ปล่อยทิ้ง ปริมาณความร้อนที่ปล่อยทิ้ง ความสะอาดและจุดที่จะนำมาใช้ประโยชน์

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

Condensate ที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วเป็นน้ำร้อนที่มีความสะอาดและมีศักยภาพด้านความร้อนสูง สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งเป็นการนำความร้อนและน้ำกลับมาใช้โดยลงทุนติดตั้ง ท่อคอนเดนเสทหลังจากออกจากกับดักไอน้ำกลับไปยัง Boiler feed tank มีขั้นตอนในการดำเนินการปรับปรุงมีดังนี้

1. ตรวจสอบอุณหภูมิปริมาณของคอนเดนเสทที่จะนำกลับมาใช้
2. วิเคราะห์และประเมินผลประหยัดและการลงทุน
3. ทำการเดินท่อนำคอนเดนเสทที่ปล่อยทิ้งกลับไปยัง Boiler feed tank
4. วิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานที่ได้



รูปที่ 6.1 ภาพคอนเดนเสทปล่อยทิ้ง (ก่อนปรับปรุง)

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการต่อท่อขนาด 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว จากระบบกับดักไอน้ำ ของ Hot air blower เครื่องที่ 4 และ 5 ส่งกลับไปที่ระบบ Boiler feed tank เพื่อลดการใช้ Steam ในการอุ่นน้ำป้อนและไล่อากาศเดิมลงได้



รูปที่ 6.2 (ซ้าย) การเชื่อมต่อท่อจากเครื่องมายังชุดรวมคอนเดนเสท
(ขวา) การเดินท่อน้ำคอนเดนเสทที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

วิธีการคำนวณผลประหยัด

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 อุณหภูมิ Condensate ที่ส่งกลับไปยัง Feed Tank		°C	90.7	ข้อมูลการตรวจวัด
1.2 การใช้ไอน้ำของเครื่อง Hot Air Blower ของ No.5, No.6	m_s	kg/hr	2,000	พิกัดการใช้ไอน้ำ = 1.0 Ton/hr/Unit)
1.3 Load Factor	LF	%	80	จากการทำงานจริง
1.4 ความดันไอน้ำที่ใช้งาน	P	Bar.g	15	ข้อมูลการตรวจวัด
1.5 ค่าเอนทาลปีของไอน้ำที่ 15 Barg	h_g	kJ/kg	2,792	จากตารางไอน้ำ
1.6 ค่าเอนทาลปีของน้ำคอนเดนเสทที่ 90°C	h_f	kJ/kg	404	จากตารางไอน้ำ
1.7 ต้นทุนไอน้ำ	C_s	Baht/Ton	300	จากการทำงานจริง
1.8 จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี	hr	ชั่วโมงต่อปี	8,400	จากการทำงานจริง
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานความร้อนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ $m \times h_f \times LF = 2,000 \times 0.8 \times 404$	Q	kJ/hr	646,400.00	
2.2 คิดเป็นปริมาณไอน้ำที่ประหยัด $Q / h_g = 646,400.00 / 2,792$	m_{steam}	kg/hr	231.52	
2.3 ปริมาณไอน้ำที่ประหยัดต่อปี $m_{\text{steam}} \times \text{hr} = 231.52 \times 8,400.00$	m_{save}	kg/ปี	1,944,768.00	
2.4 คิดเป็นเงินที่ประหยัดที่ประหยัดได้ $m_{\text{save}} / 1,000 \times C_s$	S_c	บาท/ปี	583,430.40	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ลงทุนปรับปรุงท่อและติดตั้งอุปกรณ์ นำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่	C	บาท	700,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน = C / S_c	PB	ปี	0.12	

กรณีศึกษาที่ 6.2

การเปลี่ยนวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้ Vacuum อบสีแทนตู้ Oven

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท โมเดอร์น ไดสตัฟส์ แอนด์ พิกเมนต์ส จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 688/3 หมู่ 1 ถนนชลบุรี-ระยอง

ต.คลองแก้ว อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี 20220



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในกระบวนการผลิตของโรงงาน มีการใช้น้ำและไฟฟ้าในการอบแห้งสี โดยทางโรงงานตั้งความดันไอน้ำใช้งานไว้ที่ความดัน 6 bar gage ซึ่งโดยปกติทางโรงงานจะทำการอบแห้งสีโดยใช้ตู้อบ Oven โดยทำการตากสีที่จะอบลงในถาดแล้วใช้ความร้อนจากสตรัมเป็นตัวไล่ความชื้น จนได้ความชื้นตามต้องการ ซึ่งต้องใช้เวลานานมาก ในการอบ Oven (45 ชั่วโมง) ในการอบแต่ละครั้งจะใช้ตู้อบจำนวน 3 ตู้ ใน 1 ปีจะมีการอบสี A3J0, L320, L540 และ L550 จำนวน 150 LOT/ปี



รูปที่ 6.3 ภาพตู้อบ Oven ของทางโรงงาน

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเพาะพบว่า ในการอบสีแต่ละครั้งในการอบด้วยตู้ Oven จะใช้น้ำ 6,750 kg/LOT และใช้ไฟฟ้า 2,497.5 kWh/LOT ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้เวลาและพลังงานในการอบค่อนข้างสูง ซึ่งเมื่อมาทำการศึกษาตู้อบแบบ Vacuum ของทางโรงงานพบว่าสามารถใช้ในการอบแห้งสี A3J0, L320, L540 และ L550 ได้ จากการทดลองอบแห้งสีโดยใช้ตู้ Vacuum พบว่าใช้เวลาในการอบเพียง 8 ชั่วโมง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

เครื่องอบแห้งสุญญากาศ เป็นเครื่องอบ (Drier) แบบทีละครั้ง (Batch type) ที่ทำงานภายใต้สภาวะที่ความดันอากาศต่ำกว่าความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) หรือสุญญากาศ ตาม phase diagram ทำให้น้ำสามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำลง โดยน้ำระเหยออกได้ที่อุณหภูมิประมาณ 40 - 80 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับความดันสุญญากาศที่ใช้ โดยวัตถุดิบที่ต้องการจะอบจะวางบนถาดที่อยู่ในตู้อบที่เป็นทรงกระบอกนอน เนื่องจากรูปทรงกลมจะสามารถทนแรงดันสุญญากาศได้ดีกว่ารูปทรงอื่นที่ความหนาเท่ากัน ทั้งนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบจะต่ำกว่าตู้อบแบบธรรมดา

การทำให้เกิดสุญญากาศในห้องอบทำได้โดยจะใช้ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) เป็นตัวสร้างความดันติดลบโดยสูบน้ำอากาศออกการทำแห้งด้วยเครื่องอบสุญญากาศจะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการทำแห้งที่ความดันบรรยากาศ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ทดลองปรับปรุงโดยเปลี่ยนวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้ Vacuum อบสี A3J0, L320, L540, L550 แทนตู้ Oven โดยขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ตรวจวัดกำลังไฟฟ้า ปริมาณไอน้ำ จับเวลาการทำงาน น้ำหนักผลผลิตเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเพาะก่อนปรับปรุง
2. ทำการเปลี่ยนวิธีการอบแห้ง
3. ตรวจสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ต้องเป็นไปตามมาตรฐานของการผลิต
4. ตรวจวัดกำลังไฟฟ้า ปริมาณไอน้ำ จับเวลาการทำงาน น้ำหนักผลผลิตเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเพาะหลังปรับปรุง
5. ประเมินผลการประหยัดพลังงาน

สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงพบว่าการอบแห้งสี A3J0, L320, L540, L550 ของทางโรงงาน สามารถใช้งานได้ตามปกติ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลพบว่า ในการอบสีแต่ละครั้งในการอบด้วยตู้ Vacuum จะใช้ไอน้ำ 1,600 kg/LOT และใช้ไฟฟ้า 720 kWh/LOT



รูปที่ 6.4 ภาพตู้อบ Vacuum ของทางโรงงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
ข้อมูลการใช้พลังงานในการอบของตู้ Oven				
1.1 ปริมาณไอน้ำใช้ในการอบ	m_{so}	kg/LOT	6,750	จากการทำงานจริง
1.2 ปริมาณไฟฟ้าใช้ในการอบ	E_{so}	kWh/LOT	2,497.5	จากการทำงานจริง
ข้อมูลการใช้พลังงานในการอบของตู้ Vacuum				
1.3 ปริมาณไอน้ำใช้ในการอบ	M_{va}	kg/LOT	1,600	จากการทำงานจริง
1.4 ปริมาณไฟฟ้าใช้ในการอบ	E_{va}	kWh/LOT	720	จากการทำงานจริง
1.5 การอบสี A3J0, L320, L540 และ L550	n	Lot/ปี	150	จากการทำงานจริง
1.6 ความดันไอน้ำที่ใช้งาน		Bar.g	6	จากการทำงานจริง
1.7 เอนทาลปีของไอน้ำที่ความดัน 6 บาร์เกจ	h_g	kJ/kg	2,763	จากตารางไอน้ำ
1.8 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง NG	LHV_f	MJ/MMBTU	1,055.16	ข้อมูลจริง
1.9 ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ย	C_f	บาท/MMBTU	241.08	จากการทำงานจริง
		บาท/MJ	0.2284	
1.10 ค่าพลังงานไฟฟ้า	E_c	บาท/kWh	3.44	
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
คำนวณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง				
2.1 พลังงานความร้อนก่อนทำการปรับปรุง ($m_{so} \times n \times h_g$)/1,000	Q_b	MJ/ปี	2,797,537.5	
2.2 พลังงานไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุง $E_{so} \times n$	E_b	kWh/ปี	374,625	
คำนวณการใช้พลังงานหลังปรับปรุง				
2.3 พลังงานความร้อนหลังทำการปรับปรุง ($M_{va} \times n \times h_g$)/1,000	Q_a	MJ/ปี	663,120	
2.4 พลังงานไฟฟ้าหลังทำการปรับปรุง $E_{va} \times n$	E_a	kWh/ปี	108,000	
2.5 พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ $Q_b - Q_a$	Q_s	MJ/ปี	2,134,417.5	
2.6 คิดเป็นค่าใช้จ่ายพลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ $Q_s \times C_f$	C_q	บาท/ปี	487,500.957	
2.7 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_b - E_a$	E_s	kWh/ปี	266,625	
2.8 คิดเป็นค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s \times E_c$	C_e	บาท/ปี	917,190	
2.8 ผลประหยัดรวม $C_q + C_e$	S_c	บาท/ปี	1,404,690.957	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนติดตั้งอุปกรณ์	C	บาท	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน = C / S_c	PB	ปี	-	

กรณีศึกษาที่ 6.3

การใช้มอเตอร์ปั๊มส่งสีไปยังแผนก RO/SD แทนการใช้ไดอะแฟรมปั๊ม

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท โมเดิร์น ไดสตัฟส์ แอนด์ พิกเมนต์ส จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 688/3 หมู่ 1 ถนนชลบุรี-ระยอง

ต.คลองแก้ว อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี 20220



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในกระบวนการผลิตของโรงงาน จะมีการส่งสีไปยังแผนก RO/SD โดยใช้ไดอะแฟรมปั๊มในการส่งสี และใช้ปั๊มขนาด 15 HP เป็นต้นกำลังในการทำงานของไดอะแฟรมปั๊ม

จากการตรวจสอบการใช้พลังงานในขั้นตอนการส่งสีไปยังแผนก RO/SD โดยใช้ไดอะแฟรมปั๊มจะทำงานเฉลี่ยปีละประมาณ 150 ครั้ง ในแต่ละครั้งในการส่งสีจะใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง/ครั้ง ซึ่งจากการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าพบว่าการส่งสีแต่ละครั้งจะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 66 kWh ซึ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเมื่อเทียบกับปั๊มชนิดอื่น



รูปที่ 6.5 ภาพไดอะแฟรมปั๊มที่ใช้ในการส่งสีของทางโรงงาน (ซ้าย)
และ ปั๊มขนาด 15 HP ที่ใช้เป็นตัวต้นกำลังในการทำงานของไดอะแฟรมปั๊ม (ขวา)

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

จุดประสงค์สำหรับการใช้ไดอะแฟรมปั๊มในการขนส่งในกระบวนการผลิตโดยใช้อากาศอัดเป็นแหล่งพลังงาน โดยใช้หลักการสร้างสุญญากาศในกระบวนการผลิตเพื่อ เพื่อให้สามารถส่งต่อของเหลว จากที่หนึ่งไปยังที่อื่นๆ อย่างรวดเร็ว Diaphragm pump เป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างเฉพาะ โดยการทำงานของปั๊ม จะเป็นตัวกลางในการดูดผ่านห้องไดอะแฟรมและผ่านวาล์วปล่อย ซึ่งเป็นตัวควบคุมการไหล ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของตัว Diaphragm pump

การใช้ไดอะแฟรมปั๊มเหมาะกับการใช้งานกับของเหลวที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ของเหลวที่มีความหนืดสูง ระเหย ไวไฟ ไอเสียไวไฟ ของเหลวที่มีพิษเป็นต้น พลังงานหลักที่ใช้ในปั๊มไดอะแฟรมจึงเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในขับ Air compressor นั้นเอง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ทำการปรับปรุงโดย ใช้มอเตอร์ในการปั๊มส่งสืแทนไดอะแฟรมปั๊ม ซึ่งจากการทดลองใช้มอเตอร์ พบว่า ใช้เวลาในการปั๊มส่งประมาณ 2.5 ชั่วโมง และในการส่งสืแต่ละครั้งจะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 18.75 kWh โดยขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ประเมินการใช้งานปั๊มไดอะแฟรมต่อปี
2. ตรวจวัดกำลังไฟฟ้า จับเวลาการทำงาน เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเพาะก่อนและหลังปรับปรุง
3. ตรวจสอบผลกระทบต่างๆที่อาจเกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในการส่งสื
4. ประเมินผลการประหยัดพลังงาน

สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้โดยไม่กระทบกับกระบวนการส่งสืและสามารถลดระยะเวลาในการส่งสืได้ 3.5 ชั่วโมง/ครั้ง ในการส่งสื



รูปที่ 6.6 การใช้มอเตอร์ปั๊มส่งสืแทนการใช้ไดอะแฟรมปั๊ม

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
ข้อมูลการใช้พลังงานในการส่งสปีของไดอะแฟรมปั๊ม				
1.1 ปริมาณไฟฟ้าใช้ในการส่งสปี	E_d	kWh/ครั้ง	66.00	จากการทำงานจริง
ข้อมูลการใช้พลังงานในการส่งสปีของมอเตอร์ปั๊ม				
1.2 ปริมาณไฟฟ้าใช้ในการส่งสปี	E_m	kWh/ครั้ง	18.75	จากการทำงานจริง
1.3 จำนวนครั้งในการส่งสปี	n	ครั้ง/ปี	15	จากการทำงานจริง
1.4 ค่าพลังงานไฟฟ้า	E_c	บาท/kWh	3.44	
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
คำนวณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง				
2.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุง $E_d \times n$	E_b	kWh/ปี	9,900	
คำนวณการใช้พลังงานหลังปรับปรุง				
2.2 พลังงานไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุง $E_m \times n$	E_a	kWh/ปี	2,812.5	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_b - E_a$	E_s	kWh/ปี	7,087.5	
2.4 คิดเป็นค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s \times E_c$	S_c	บาท/ปี	24,381	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าเงินลงทุนติดตั้งอุปกรณ์	C	บาท	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	-	

กรณีศึกษาที่ 6.4 การควบคุม Roller Conveyor คลังสินค้าอัตโนมัติ

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท เค.เอ็ม. อินเตอร์แล็บ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 54 หมู่ 17 ถนนบางนา-ตราด ต.บางเสาธง

อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ 10540



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

การจัดส่ง และ จัดเรียงสินค้าในคลังสินค้า มีหลายประเภท และ มีสถานที่ที่ต้องจัดส่งกว่า 500 แห่ง ดังนั้น การจัดสินค้าจะต้องอาศัยสายพานลำเลียงซึ่งใช้แบบ Roller ซึ่งใช้พลังงานน้อย ด้วยความยาวกว่า 20 เมตร ใช้มอเตอร์เพียง 1/4 แรงม้า ซึ่งตลอดความยาวของสายพานลำเลียง ใช้มอเตอร์ รวม 6 ชุดใน 3 หน่วยงาน ทำงานพร้อมกัน ขณะที่หน่วยงานแต่ละหน่วยจะมีปริมาณการจัดของไม่ตรงกัน จึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน และ ทำให้ O-Ring เสื่อมสภาพเร็ว ต้องเปลี่ยนบ่อยครั้ง และ ทุกครั้งที่เปลี่ยนจะใช้เวลานาน ค่าใช้จ่ายสูง และ ทำให้การจัดส่งสินค้าล่าช้า



รูปที่ 6.7 สายพานลำเลียงแบบ Roller

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

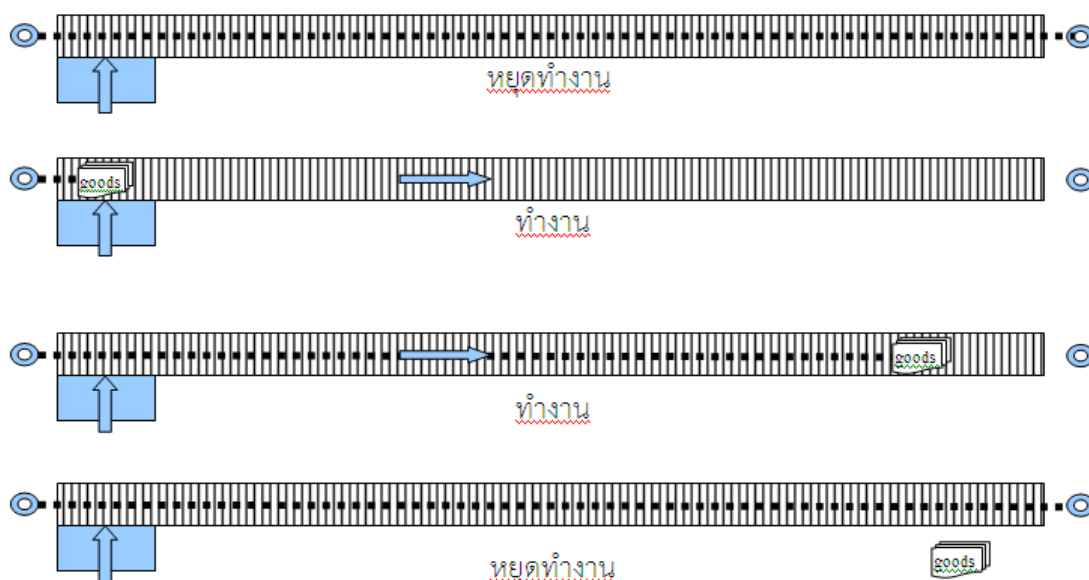
กระบวนการผลิตที่มีการลำเลียงและขนย้ายวัสดุอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะใช้ระบบสายพานลำเลียง ในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่บรรจุขึ้นงานไปมาระหว่างสถานีทำงานหนึ่งไปสู่อีกหลายๆ สถานีการทำงาน การใช้ Sensor ควบคุมการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียงจะช่วยลดปัญหาการเดินสายพานเปล่าและช่วยในการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ของสายพานและลดการสึกหรอของอุปกรณ์สิ้นเปลืองในระบบสายพานลำเลียงที่ต้องเปลี่ยนตามระยะทางการเคลื่อนที่ของสายพาน

Sensor เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมในระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติซึ่งสามารถแบ่งแยกตามลักษณะการใช้งานและคุณสมบัติที่ได้คือ

1. Limit switch (สวิตช์จำกัดระยะ)
การทำงานจะอาศัยแรงกดจากภายนอกมากกระทำ เช่น การวางทับที่ปุ่มกด หรือ ลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกด
2. Photo electric sensors เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับตรวจจับการมีหรือไม่มีวัตถุที่เราต้องการตรวจจับ โดยอาศัยหลักการวัดปริมาณของความเข้มแสงที่กระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายัง Photo electric sensors
3. Proximity sensors เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับตรวจจับการมีหรือไม่มีวัตถุ โดยอาศัยหลักการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 แบบคือ
 - 3.1 ชนิดสนามแม่เหล็ก (Inductive)
 - 3.2 ชนิดสนามไฟฟ้า (Capacitive)

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ติดตั้ง Sensor ควบคุมโดย Roller จะทำงานเมื่อมีสิ่งสินค้าป้อนเข้าระบบ และหยุดเมื่อไม่มีสิ่งสินค้าและให้ทำงานแยกกันอย่างอิสระ เมื่อหน่วยงานใดมีการเรียกของจากคลัง Roller ชุดนั้นๆ จะทำงาน แต่ถ้าหน่วยงานไหนไม่มีการเรียกสินค้า Roller จะหยุดทำงาน



รูปที่ 6.8 แสดงลักษณะการติดตั้ง Sensor บริเวณสายพานลำเลียง

สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในมอเตอร์ที่ขับ Roller ลงได้โดยไม่กระทบกับกระบวนการขนส่งสินค้าและไม่มีการสะดุด ทั้งนี้สามารถหยุดการทำงานของ Roller ได้ประมาณวันละ 1.5 ชั่วโมง



รูปที่ 6.9 สายพานหลังดำเนินการติดตั้ง Sensor

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 กำลังไฟฟ้ารวมของมอเตอร์ขับ Roller	P_r	kW	1.13	จากการทำงานจริง
1.2 ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อ 1 วัน	h	ชั่วโมง/วัน	12	จากการทำงานจริง
1.3 จำนวนวันทำงานต่อปี	D	วัน/ปี	297	จากการทำงานจริง
1.4 ค่าดำเนินการเปลี่ยน O-Ring ประจำปีก่อน	C_o	บาท/ปี	44,100.00	จากการทำงานจริง
1.5 ติด Sensor ลดการเดินสายพานตัวเปล่าลงได้		%	12	
1.6 ติด Sensor ค่าดำเนินการเปลี่ยน O-Ringลดลง		%	30	
1.7 ค่าพลังงานไฟฟ้า	E_c	บาท/kWh	3.725	
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุง $P_r \times h \times D$	E_b	kWh/ปี	4,027.32	
2.2 พลังงานไฟฟ้าหลังทำการปรับปรุง $P_r \times h \times D \times (100\% - 12\%)$	E_a	kWh/ปี	3,544.04	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_b - E_a$	E_s	kWh/ปี	483.28	
2.4 ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s \times E_c$	C_e	บาท/ปี	1,800.02	
2.5 ค่าใช้จ่ายด้านการเปลี่ยน O-ring ที่ลดลง $C_o \times 30\%$	C_{os}	บาท/ปี	13,230.00	
2.7 ผลประหยัดรวม $C_e + C_{os}$	S_c	บาท/ปี	15,030.02	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน (TEKNI CON PRODUCT)	C	บาท	46,700.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	3.10	

กรณีศึกษาที่ 6.5 การหุ้มฉนวนและทำฝาปิดรางน้ำเย็น

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท พงศ์พาราโคตันรับเบอร์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 402 ถนน เศรษฐกิจ ต.อมน้อย

อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร 74130



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

บริษัทฯ มีการใช้รางน้ำเย็นในการทำความเย็นที่รีดออกจากเครื่อง Extruder ซึ่งเป็นน้ำเย็นอุณหภูมิในราง 18.3°C ขนาดรางน้ำเย็นกว้าง 0.3 เมตร และยาว 4 เมตร รางน้ำเย็นไม่มีฝาปิดและฉนวน ทำให้เกิดการสูญเสียความเย็นจากอุณหภูมิในราง 18.3°C กับอากาศรอบนอกซึ่งมีอุณหภูมิ 37°C ตลอดเวลาการทำงาน 5,660 ชั่วโมงต่อปี



รูปที่ 6.10 รางน้ำเย็นขนาดกว้าง 0.3 เมตร และยาว 4 เมตร (ก) อุณหภูมิในราง (ข)

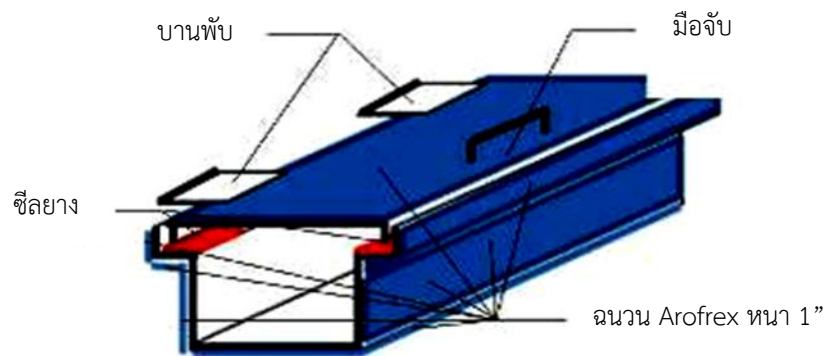
หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การวิเคราะห์การสูญเสียความเย็นในรางน้ำเย็นที่เปิดฝากับอากาศรอบ ๆ จะใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อนโดยการพา (Convection) ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนจากที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ที่มีอุณหภูมิต่ำโดยมีวัตถุหรือตัวกลางที่ได้รับความร้อนเป็นตัวพาเอาความร้อนนั้นไป การพาความร้อนจะเกิดได้เฉพาะวัตถุพวกของเหลวและก๊าซเท่านั้นพวกของแข็งจะไม่เกิดการพาความร้อน สำหรับในกรณีนี้การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นในทิศทางจากอากาศ (อุณหภูมิสูง) ไปยังน้ำ (อุณหภูมิต่ำ) โดยตัวกลางในการพาความร้อนคือน้ำ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ดำเนินการจัดทำฝาปิดและหุ้มฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความเย็นให้กับบรรยากาศของรางน้ำเย็น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเย็นราง อุณหภูมิบรรยากาศ ขนาดพื้นที่การสูญเสียความเย็นออกสู่บรรยากาศของรางน้ำเย็น
2. คัดเลือกวัสดุที่จะใช้ทำฝาปิด ฉนวนที่ใช้ (ต้องมีข้อมูลความหนาของวัสดุและฉนวนและคุณสมบัติทางด้านเทอร์โมไดนามิกส์ของวัสดุและฉนวน)
3. คำนวณค่าการสูญเสียความเย็นก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงตามหลักการของเทอร์โมไดนามิกส์
4. ประเมินผลการประหยัดพลังงาน
5. อาจมีการทดลองคำนวณผลการประหยัดพลังงานโดยการ Vary ความหนาของฉนวนเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมที่สุด (เปรียบเทียบผลประหยัดที่เกิดขึ้นและเงินลงทุน)



รูปที่ 6.11 การออกแบบฝาปิดหุ้มฉนวนให้กับรางน้ำเย็นขนาดกว้าง 0.3 เมตร และยาว 4 เมตร

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 6.12 ฝาปิดหุ้มฉนวนให้กับรางน้ำเย็นขนาดกว้าง 0.3 เมตร และยาว 4 เมตร

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พื้นที่รางฝาปิดด้านบน กว้าง 0.3 เมตร x ยาว 4 เมตร	A	m ²	1.2	จากการตรวจวัด
1.2 อุณหภูมิน้ำเย็นในราง	T _c	องศาเซลเซียส	18.3	จากการตรวจวัด
1.3 อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม	T _a	องศาเซลเซียส	37.0	จากการตรวจวัด
1.4 ชั่วโมงการทำงานต่อปี	hr	ชั่วโมงต่อปี	5,660	
1.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า	E _c	บาท/kWh	3.69	
องค์ประกอบของฝาปิดราง				
1.6 Thermal Conductivity ของ Stainless steel	k _s	kcal/m.h.K	10.41	
1.7 Thermal Conductivity ของ ฉนวน Aeroflex 1"	K _s	kcal/m.h.K	0.034	
1.8 ความหนาของ Stainless steel	Th _s	m	0.0030	
1.9 ความหนาของ ฉนวน Aeroflex	Th _{is}	m	0.0254	
1.10 Convection heat transfer coefficient	h	W/m ² K	13.10	
1.11 อุณหภูมิผิวฉนวนด้านนอก	T _{is}	องศาเซลเซียส	30.0	จากการตรวจวัด
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
ก่อนปรับปรุง				
2.1 การถ่ายเทความร้อนจากอากาศสู่น้ำเย็น $h \times A \times (T_a - T_c)$	Q ₁	W kcal/h	294 253	
หลังปรับปรุง				
2.2 การถ่ายเทความร้อนจากหลังปรับปรุงโดยปิดฝาราง $A \times (T_{is} - T_c) / (Th_s / k_s + Th_{is} / K_{is})$	Q ₂	kcal/h	19	
2.4 การถ่ายเทความร้อนที่ลดลง Q ₂ - Q ₁	Q _s	kcal/h	234	
2.5 การถ่ายเทความร้อนที่ลดลง Q _s x 4.184 x hr/1,000	Q _{s1}	MJ/ปี	5,539	
2.6 เทียบกลับเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตน้ำเย็น	E _s	kWh/ปี	1.539	
2.7 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ E _s x E _c	S _c	บาท/ปี	5,678	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน	C	บาท	1,930	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน = C / S _c	PB	ปี	0.34	

กรณีศึกษาที่ 6.6

การปรับปรุงระบบลมอัดที่เป่าถุงมือโดยการลดขนาดรูท่อและลดระยะเวลาการเป่า

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ไฮแคร์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 1197 ถนนเลี้ยวเมือง ต.ควนลัง

อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

จากการสำรวจระบบการใช้ลมอัดที่เป่าถุงมือให้หลุดออกจากโมลมีการใช้แรงดันที่ 4 บาร์ขนาดรูท่อที่มีขนาด 10 มม. โตเกินความจำเป็น และมีระยะเวลาในการเป่าแต่ละครั้งใช้เวลา 0.5 วินาที ซึ่งนานเกินไปด้วย ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน



รูปที่ 6.13 แสดงหัวเป่าถุงมือยาง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ระบบอากาศอัดจะมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานมากกว่าราคาเครื่องอัดอากาศ การประหยัดพลังงานจากการปรับปรุงระบบจะช่วยลดการได้ถึง 20-50% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าหรืออาจจะมากกว่านั้น ระบบอัดอากาศที่มีการจัดการด้านพลังงานอย่างเหมาะสมก็สามารถประหยัดพลังงาน ลดการบำรุงรักษา ลดเวลาการพักเครื่อง เพิ่มปริมาณผลผลิตและทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นได้

ระบบอากาศอัดประกอบไปด้วยส่วนจัดหาอากาศ ได้แก่ เครื่องอัดอากาศและการปรับปรุงคุณภาพอากาศและส่วนต้องการอากาศ ซึ่งรวมถึงระบบจัดเก็บระบบส่งและอุปกรณ์ที่ใช้จากอากาศอัด ถ้ามีการบริหารจัดการส่วนจัดหาอากาศที่ดี ก็จะทำให้ได้อากาศที่สะอาด แห้ง และมีการส่งเข้ากระบวนการผลิตที่สม่ำเสมอที่ระดับความดันที่เหมาะสม เชื้อถือได้และมีความคุ้มค่าด้านราคา ส่วนการบริหารจัดการที่ดีสำหรับส่วนต้องการอากาศนั้น ก็จะเป็นส่วนลดปริมาณการสูญเสียเปล่าของอากาศลงได้และสามารถใช้อากาศอัดในการทำงานได้

อย่างเหมาะสม การเพิ่มและรักษาสมรรถนะสูงสุดของระบบอากาศอัดไว้ให้ได้นั้น จะต้องเอาใจใส่ทั้งส่วนจัดหาอากาศและส่วนต้องการอากาศของระบบ

การปรับปรุงโดยการลดขนาดรูที่ใช้เป่าร่วมกับการปรับลดระยะเวลาการใช้งานลมอัดของกระบวนการผลิต คือ มาตรการด้านการบริหารจัดการในส่วนความต้องการอากาศอัด สุดท้ายจะไปสัมพันธ์กับปริมาณอากาศอัดในส่วนต้องการอากาศอัดของระบบที่ลดลง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

มีแนวคิดร่วมกันว่าควรปรับปรุงระบบการใช้ลมอัดที่เป่าถุงมือให้หลุดออกจากโมลโดยการทดลองลดขนาดของรูที่ใช้เป่าและลดระยะเวลาการเป่าพร้อมทั้งลดความดันของลมอัดลงด้วยจนได้ผลสรุป ดังนี้ ใช้แรงดันที่ 4 บาร์เท่าเดิม ขนาดรูท่อที่มีขนาด 10 มม. ลดลงเหลือ 5 มม. และปรับเปลี่ยนการตั้งเวลาที่ Timer โดยลดระยะเวลาในการเป่าแต่ละครั้งลงจาก 0.5 วินาที เป็น 0.2 วินาที

สภาพหลังปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงระบบการใช้ลมอัดที่เป่าถุงมือให้หลุดออกจากโมลพบว่าไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์นอกจากนี้ยังส่งผลให้โรงงานมีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 6.14 แสดงหัวเป่าถุงมืออย่างและ Timer ปรับเวลาในการเป่าหลังปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่าก่อน ปรับปรุง	ค่าหลัง ปรับปรุง	หน่วย
1. ข้อมูลทั่วไป					
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม	D		10.00	5.00	mm.
ระดับความดันที่ใช้งานอากาศอัด	P ₁		4.00	4.00	bar
ความดันอากาศอัดที่ใช้งาน (บาร์)	P ₂		1.013	1.013	bar
จำนวนท่อลมเป่าถุงมือ	N		8	8	อัน
ค่าคงที่ของการรั่วไหลแบบรั่วโดยตรง	C _k		0.158	0.158	-
ค่าที่ยอมรับได้ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอัดอากาศ	kWst		0.34	0.34	kW/Litre/sec
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	CE	ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลปี 2552	3.17	3.17	Baht/kWh
การใช้งานต่อวัน	hr		8	3.2	ชั่วโมง/วัน
วันทำงานต่อปี	d		352	352	วัน/ปี
โหลดแฟคเตอร์	LF		0.5	0.5	วัน/ปี
2. การคำนวณ					
อัตราการไหลของอากาศอัด (ลิตร/วินาที)	Air _{flow}	$C_k \cdot D^2 \cdot (P_1 + P_2) \cdot N$	634.04	158.51	kW/Litre/sec
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	E	$k_{Wst} \cdot Air_{flow} \cdot hr \cdot d$	303,530	30,353	kWh/year
พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	S _e	$E_{ก่อนปรับปรุง} - E_{หลังปรับปรุง}$	-	273,177	kWh/year
	S _o	$S_e \cdot 85.21 \cdot 10^{-9}$	-	0.02328	ktoe/ปี
จำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้	S _t	$CE \cdot S_e$	-	865,971	บาท/ปี
3. สรุป					
การลงทุนรวม	C		14,400		บาท
ระยะเวลาคืนทุน	PB	C/S_t	0.02		ปี

กรณีศึกษาที่ 6.7 การลดพื้นที่ปรับอากาศในบริเวณเตาอบ

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท เอ็นโอเค พรินซ์ชั่น คอมโพเนนท์ (ประเทศไทย) จำกัด

สถานที่ตั้ง : 189,198,296 หมู่ 16 นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน

ถ.อุดมสรยุทธ์ ต.บางกระสั้น อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา 13120



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้เตาอบชิ้นงานเป็นจำนวนมาก ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศรวมกับการปฏิบัติงานในส่วนอื่นๆ โดยเตาอบแต่ละตู้มีการดูระบายก๊าซระเหย (Out-gas) ออกไปสู่ภายนอกตลอดเวลา



รูปที่ 6.15 แสดงบริเวณเตาอบชิ้นงาน

ตู้อบชิ้นงานซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมดรวมกับบริเวณปฏิบัติงานอื่นๆ โดยที่แต่ละตู้มีการดูระบายก๊าซระเหย (Out-Gas) ออกจากตู้ตลอดเวลา ทำให้มีการดูดอากาศเย็นจากห้องปรับอากาศออกไป ส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการปรับอากาศเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 6.16 ภาพของท่อดูด Out-gas ที่ถูกดูดออกจากเตาอบตลอดเวลาการอบชิ้นงาน และการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศที่ถูกดูดออกไปทั้งใน Hood

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศจะเป็นผลรวมของความร้อนที่มาจากแหล่งต่างๆดังนี้

1. ความร้อนจากภายนอกที่ผ่านเข้ามาในบริเวณการทำความเย็นโดยการนำความร้อนผ่านผนังฉนวน
2. ความร้อนที่เข้าสู่บริเวณความเย็นโดยตรงโดยการแผ่รังสี ผ่านกระจกหรือวัสดุที่โปร่งแสง
3. ความร้อนที่มากับอากาศอุ่นภายนอกในขณะเปิดประตู หรือ ผ่านตามรอยแตกของขอบหน้าต่าง หรือประตู
4. ความร้อนจากตัวสินค้าที่ต้องการให้เย็น
5. ความร้อนจากคนที่กำลังทำงานภายในบริเวณทำความเย็น
6. ความร้อนของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เป็นตัวเกิดความร้อนที่อยู่ในบริเวณเครื่องทำความเย็น เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ดวงไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

ดังนั้นแนวทางการประหยัดพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศคือการลดภาระการทำความเย็นตามหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้นนั่นเอง การกันแยกพื้นที่ในส่วนของแต่ละห้องจะช่วยลด Cooling load ในหลายส่วน เช่น ลดความร้อนจากในส่วนของแต่ละห้อง ลดการสูญเสียอากาศเย็นที่ถูกเป่าทิ้งออกสู่บรรยากาศตลอดเวลา แทนที่จะสามารถนำกลับเข้าเครื่องปรับอากาศ ปริมาณ Fresh-air ที่ดูดเข้าเครื่องปรับอากาศลดลงเพื่อชดเชยปริมาณที่ถูกดูดทิ้งที่แต่ละห้อง เป็นต้น แต่ในส่วนพื้นที่ของแต่ละห้องที่ถูกกันแยกออกไปต้องได้รับผลกระทบจากบรรยากาศการทำงานที่ร้อนขึ้น สภาพความสบายในพื้นที่ลดลงและต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในการดูด Fresh-air จากภายนอกเข้ามาเพื่อชดเชยการระบายอากาศจากแต่ละห้อง แต่จะประหยัดพลังงานในส่วนของแต่ละห้องที่เดิมต้องเพิ่มอุณหภูมิห้องปรับอากาศเป็นอุณหภูมิที่ใช้งานในแต่ละห้อง เป็น อุณหภูมิบรรยากาศภายนอกเป็นอุณหภูมิที่ใช้งานในแต่ละห้อง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

สำรวจจำนวนเตาอบทั้งหมดและปริมาณการระบาย Out-gas ออกจากเตาอบขั้นตอนการดำเนินงานมีดังนี้

1. ออกแบบกันแยกส่วนบริเวณ เตาอบออกจากบริเวณปฏิบัติงานอื่นๆ โดยใช้ม่านพลาสติก และระบบจ่าย Fresh-air เข้าสู่บริเวณเตาอบเพื่อชดเชยการระบายอากาศออกจากเตาทดแทนการสูญเสียอากาศเย็นจากระบบปรับอากาศ
2. ดำเนินการติดตั้ง
3. ตรวจสอบบันทึกการทำงานของระบบปรับอากาศก่อนและหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการกันแบ่งส่วนระหว่างบริเวณเตาอบและส่วนการปฏิบัติงานอื่นๆออกจากกัน ทำให้มีการควบคุมอุณหภูมิในบริเวณงานที่ดีขึ้นและลดการสูญเสียลมเย็นและพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงได้



รูปที่ 6.17 การกันแยกพื้นที่

การจ่าย Fresh-air เข้าชดเชยการระบายอากาศออกจากเตาอบต้องมีการกรองฝุ่นละอองตามมาตรฐานข้อกำหนดของห้องปรับอากาศ Clean-room

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 จำนวน hood	n	ตัว	66	จากข้อมูลจริง
1.2 ปริมาตรลมที่ hood 1 ตัว	V	m ³ /s	0.0796	ตรวจวัด & คำนวณ
1.3 อุณหภูมิลมร้อน	T _{ex}	องศาเซลเซียส	200	จากการตรวจวัด
1.4 ความหนาแน่นลมร้อน	ρ	kg/ m ³	3.906	
1.5 ค่าความจุความร้อนของอากาศร้อน	Cp	kJ/kg.K	1.00	
1.6 อุณหภูมิ Fresh air	T _{atm}	องศาเซลเซียส	30	จากการตรวจวัด
1.7 ความชื้นของ Fresh air		%	60	จากการตรวจวัด
1.8 เอนทัลปีของ Fresh air	h _{fr}	kJ/kg	71.15	Psychrometric
1.9 อุณหภูมิห้องเย็น	T _{room}	องศาเซลเซียส	25	จากการตรวจวัด
1.10 ความชื้นของห้องเย็น	h _r	%	55	จากการตรวจวัด
1.11 เอนทัลปีของห้องเย็น		kJ/kg	52.85	Psychrometric
1.12 สมรรถนะเครื่องปรับอากาศ	EFF	kW/TR	1.20	nameplate
1.13 ประสิทธิภาพของ Oven	η	%	80	
1.14 กำลังไฟฟ้าของ Blower ในการ Makeup fresh air ให้กับ Oven	E _{bl}	kW	3.27	
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
ก่อนปรับปรุง				
2.1 ภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ (n×V×ρ) × (h _{fr} - h _r)	CL _b	kJ/s, kW TR	71.49 20.33	
หลังปรับปรุง				
2.2 ภาระการทำความเย็นที่ลดลงจาก (2.1) เนื่องจากกันแยกพื้นที่ออกคิดเป็นพลังไฟฟ้า ที่ลดลง = TR × EFF	E _{s1}	kW	24.39	
2.3 ภาระการทำความร้อนของ Oven ลดลง (n×V×ρ) × Cp × (T _{atm} - T _{room}) / η	E _{s2}	kW	24.42	

หลังปรับปรุง			
2.4 พลังไฟฟ้าที่ลดลงทั้งสิ้น $E_{s1} + E_{s2} - E_{bl}$	P_{save}	kW	45.54
2.5 Operating factor	OF	%	50
2.6 จำนวนชั่วโมงทำงาน	h	ชั่วโมง/วัน	24
2.7 วันทำงานต่อปี	D	วัน/ปี	350
2.8 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $P_{save} \times OF \times h \times D$	E_{save}	kWh/ปี	191,256.46
2.9 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/kWh	3.10
2.10 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{save} \times C_f$	S_c	บาท/ปี	592,895.03
3. การวิเคราะห์การลงทุน			
3.1 เงินลงทุน	C	บาท	1,000,000
3.2 ระยะเวลาคืนทุน = C / S_c	PB	ปี	1.69

กรณีศึกษาที่ 6.8

การใช้น้ำหล่อเย็นจาก Cooling tower ระบายความร้อนจากน้ำมัน Hydraulic แทนน้ำเย็นจาก chiller

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ทาคาฮาชิ พลาสติก จำกัด

สถานที่ตั้ง : 479 ซ. 1 B นิคมอุตสาหกรรมบางปู ต.แพรกษา

อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้เครื่องฉีดพลาสติกโดยมีการระบายความร้อนโดยใช้เครื่อง Water chiller แบบระบายความร้อนด้วยอากาศจำนวนรวม 18 ชุด โดยที่น้ำเย็นที่ผลิตได้จากเครื่อง Chiller ถูกใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของพลาสติกในส่วน Extruder และ Mold รวมถึงใช้ในการระบายความร้อนน้ำมัน hydraulic ของเครื่องฉีด



รูปที่ 6.18 บริเวณการผลิตและเครื่องฉีดพลาสติกและ Chiller ภายในอาคาร

การระบายความร้อนให้แก่ น้ำมัน Hydraulic ของเครื่องฉีดพลาสติกซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง 45-50 °C จึงไม่จำเป็นต้องใช้น้ำเย็นที่ผลิตจากเครื่อง Chiller ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C ในการระบายความร้อนแต่สามารถเปลี่ยนมาใช้น้ำระบายความร้อนจาก Cooling tower ที่มีอุณหภูมิประมาณ 27-30 °C และมีการจ่าย

เข้าสู่กระบวนการผลิตตลอดเวลาอยู่แล้วในปริมาณที่เพียงพอ ทำให้สามารถลดการใช้งานเครื่องทำความเย็น Chiller ลงได้ทันที

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ในกระบวนการผลิตบางชนิดต้องมีการใช้น้ำระบายความร้อนให้กับชิ้นส่วนหรือโครงสร้างเพื่อรักษาคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งอัตราการระบายความร้อนจะต้องเหมาะสมหากระบายความร้อนมีอาจส่งผลเสียมากกว่าผลดี ทำให้ต้องสูญเสียพลังงานเพิ่มมากขึ้นโดยไม่มีความจำเป็น

โดยในกรณีศึกษาการระบายความร้อนให้แก่น้ำมัน Hydraulic สามารถทำได้โดยระบายความร้อนด้วยน้ำที่ระดับอุณหภูมิห้องทดแทนการระบายความร้อนด้วยน้ำเย็นแบบเดิม ซึ่งการระบายความร้อนแบบเดิมถ้ามีมากเกินไปจะทำให้การใช้งานน้ำมัน Hydraulic ในเครื่องฉีดพลาสติกต้องเสียพลังงานเพื่อใช้ในการ Heat up อุณหภูมิจนถึงจุดที่ใช้งาน นอกจากนี้การผลิตน้ำเย็นที่อุณหภูมิต่ำด้วย Chiller ยังสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าการใช้หอผึ่งเย็นผลิตน้ำระบายความร้อนแบบปกติ อย่างไรก็ตามหากระบายความร้อนไม่ทัน ทางโรงงานอาจจะต้องเพิ่มปริมาณน้ำระบายความร้อนให้มากขึ้น เนื่องจากพลังงานในการถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านอุณหภูมิที่แตกต่างกันและอัตราการไหลของน้ำเป็นไปตามสมการ $Q = m \times c_p \times \Delta T$

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

1. สำรวจว่ามีการใช้เครื่อง Chiller ระบายความร้อนเครื่อง Plastic injector ในส่วนของ Hydraulic oil อยู่จำนวนกี่เครื่องและแต่ละเครื่องมีขนาดกำลังพิกัดเท่าไร
2. คัดเลือกเครื่องฉีดพลาสติกและเครื่อง Chiller ที่สามารถปรับปรุงเปลี่ยนมาใช้น้ำระบายความร้อนจาก Cooling tower ได้
3. ตรวจสอบการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่อง Chiller ก่อนการปรับปรุง
4. ปรับเปลี่ยนระบบท่อน้ำจาก Cooling tower เข้าระบบระบายความร้อน Hydraulic oil แทนระบบท่อน้ำเย็นจากเครื่อง Chiller
5. ตรวจสอบการทำงานของเครื่องฉีดและอุณหภูมิน้ำมัน Hydraulic
6. ตรวจสอบการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่อง Chiller และ ปิดการทำงานของ Unit ที่ไม่จำเป็น

สภาพหลังปรับปรุง

สามารถปรับเปลี่ยนการระบายความร้อนโดยใช้น้ำจาก Cooling tower ได้สำหรับเครื่องฉีด 4 ชุด โดยสามารถปิดการทำงานของเครื่อง Chiller ขนาด 10 ton ลงได้จำนวน 5 units โดยที่อุณหภูมิการทำงานของน้ำมัน Hydraulic เป็นปกติ และไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกแต่อย่างใด



รูปที่ 6.19 รูปแสดงปรับเปลี่ยนการต่อท่อน้ำระบายความร้อนหลังการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
หลังดำเนินการปรับปรุง				
1.1 Chiller ขนาด 10 TR ที่หยุดทำงาน	n	เครื่อง	5	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 สมรรถนะของ Chiller	EFF	kW/Ton	1.40	nameplate
1.3 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	h	ชั่วโมง/วัน	24	
1.4 จำนวนวันทำงานต่อปี	D	วัน/ปี	313	
1.5 Operating Factor	OF	%	75	
1.6 การติดต่อของ Compressor		%	90	
1.7 ค่าไฟฟ้า				
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 กำลังไฟฟ้าที่ลดลง ($10 \times n \times \text{EFF}$) $\times$ 90%	P_{save}	kW	63	
2.2 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $P_{\text{save}} \times h \times D \times \text{OF}$	E_{save}	kWh/ปี	354,942	
2.3 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/kWh	3.01	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{\text{save}} \times C_f$	S_c	บาท/ปี	1,068,375.42	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน	C	บาท	-	
3.2ระยะเวลาคืนทุน = C / S_c	PB	ปี	-	

กรณีศึกษาที่ 6.9

การใช้ระบบขนถ่ายแบบ Gravity แทนการใช้ Roots blower ในแผนกคอมปาวด์

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ควอลิตี้ มีเนอรัล จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง : 31 ม.12 ต.โคกตูม อ.เมือง จ.ลพบุรี 15212



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

แผนกคอมปาวด์มีการติดตั้งเครื่องผลิตเม็ดแคลเซียมตามสูตร และใช้การขนถ่ายด้วยลม (Air conveyor) โดยใช้ Roots blower เป็นต้นกำลังผลักดันติดตั้ง 5.5 kW จำนวน 1 ชุด เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง 300 วันต่อปี



รูปที่ 6.20 ระบบการทำงานของเครื่องจักรผลิตเม็ดแคลเซียม

การขนถ่ายผลผลิตจากเครื่องจักรในแผนกคอมปาวด์ไปยังถังเก็บซึ่งอยู่สูงกว่า ใช้การขนถ่ายด้วยระบบ Air conveyor จาก Roots blower โดยจะผลิตอากาศที่มีความดันได้ไม่เกิน 1 barg แต่มีปริมาณอากาศมากส่งไปตามท่อเพื่อพาเม็ดผลผลิตไปยังถังเก็บซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดเวลาที่มีการผลิต แม้กระทั่งในช่วงที่มีผลผลิตออกมาหรือหยุดบางจังหวะก็ยังคงต้องทำงานอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงตามธรรมชาติในการขนถ่ายเม็ดผลผลิตจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำทดแทนการใช้พลังงานจาก Blower ในการยกเม็ดแคลเซียมที่ผลิตได้จากเครื่องจักรในแผนกผลิตคอมปาวด์ของโรงงานที่เดิมวางอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าถังเก็บ โดยต้องมีการออกแบบปรับปรุงยกแทนเครื่องจักรให้สูงขึ้นเหนือถังเก็บ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

การยกตัวเครื่องจักรที่ใช้ผลิตเม็ดให้อยู่สูงกว่าระดับเดิม โดยให้อยู่สูงกว่าถังเก็บจะช่วยให้เม็ดผลผลิตไหลลงสู่ถังเก็บได้เองโดยไม่จำเป็นต้องใช้ระบบขนถ่ายด้วยลมจาก Roots blower จะช่วยลดการใช้ไฟฟ้าในส่วนขนถ่ายดังกล่าวลงได้ โดยยกเลิกการใช้งานได้ทันที

สภาพหลังปรับปรุง

ปรับปรุงโดยการจัดทำโครงสร้างรองรับเครื่องจักรเพื่อให้ส่วนออกเม็ดผลิตภัณฑ์อยู่สูงกว่าชุดถังเก็บ โดยยกให้สูงขึ้นจากพื้นราบประมาณ 2 เมตร สามารถยกเลิกการใช้ Roots blower ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการตรวจวัด 5.45 kW ได้ โดยใช้งบลงทุนปรับปรุงโครงสร้างประมาณ 125,000.00 บาท



รูปที่ 6.21 Roots blower ที่ยกเลิกการใช้งาน



รูปที่ 6.22 เครื่องจักรหลังยกยกระดับให้สูงขึ้น

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
หลังดำเนินการปรับปรุง				
1.1 พลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ในระบบบรรจุที่สามารถหยุดได้	P_{save}	kW	5.45	จากการตรวจวัด
1.2 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	h	ชั่วโมง/วัน	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 จำนวนวันทำงานต่อปี	D	วัน/ปี	300	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/kWh	3.07	
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $P_{\text{save}} \times h \times D$	E_{save}	kWh/ปี	39,240	
2.2 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{\text{save}} \times C_f$	S_c	บาท/ปี	120,466.80	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ปรับปรุงโครงสร้างเพื่อรองรับเครื่องจักรโดยให้สูงจากพื้นประมาณ 2 เมตร	C	บาท	125,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน = C / S_c	PB	ปี	1.04	

กรณีศึกษาที่ 6.10

การหุ้มฉนวนตู้อบยาง (Hot plate) เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ฮายาคาวา อีสเทิร์น รับเบอร์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 111/4 ม.2 ต.มะขามคู่ อ.นิคมพัฒนา

จ.ระยอง 21180



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

กระบวนการผลิตของโรงงานในขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นยางรองพื้นจะใช้ไอน้ำเพื่ออบให้แผ่นยางร้อน และละลายอยู่ภายในแผ่นแบบแต่ละชนิด โดยติดตั้งเครื่องอบชนิดแผ่นเพลทจำนวนทั้งสิ้น 12 เครื่อง ซึ่งลักษณะการทำงานจะใช้ไอน้ำที่ความดัน 5-6 barg เข้าสู่แผ่นเพลทแต่ละแผ่นและปล่อยทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนดในแต่ละชนิด โดยไอน้ำมาจากหม้อไอน้ำขนาด 1.5 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 2 ชุด ทำงานครั้งละ 1 ชุด เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน 312 วันต่อปี



รูปที่ 6.23 แผนผังการทำงาน

เนื่องจากเครื่องอบยางทุกเครื่องจะมีลักษณะโครงสร้างเปิดรอบด้านทำให้ความร้อนจากแผ่นเพลทแผ่ออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมาก ทำให้ไอน้ำที่ใช้เกิดการสูญเสียความร้อนได้ง่ายกว่าเนื่องจากอุณหภูมิแตกต่างของภายในและภายนอกแผ่นเพลท จึงเกิดการสูญเสียของไอน้ำเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังส่งผลให้เกิดความร้อนสูงในบริเวณทำงานทำให้พนักงานประจำเครื่องจำเป็นต้องติดตั้งพัดลมเพิ่มเติมทุกเครื่อง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การหุ้มฉนวน (Insulation) การหุ้มฉนวนท่อหรืออุปกรณ์ที่เป็นแหล่งสร้างความร้อน จะช่วยป้องกันไม่ให้ความร้อนออกจากการแผ่รังสีความร้อน เมื่อท่อและอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งความร้อนไม่ได้ทำการหุ้มฉนวนจะทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อน ทำให้อุณหภูมิบรรยากาศภายในโรงงานสูงขึ้น บรรยากาศในการทำงานก็จะแยลงจึงมักมีการเปิดพัดลมหรือเปิดหน้าต่าง ก็จะทำให้เพิ่มการสูญเสียความร้อนด้วยการพาความร้อนมากขึ้นไปอีก

ดังนั้นจึงควรลดการสูญเสียความร้อนในระบบการผลิตด้วยการหุ้มฉนวนความร้อน อากาศเป็นฉนวนความร้อนที่ดีเพราะมี Thermal conductivity ต่ำกว่าสารอื่นๆ ดังนั้นฉนวนความร้อนที่ดีต้องมีอากาศอยู่มากๆ เมื่อเทียบกับปริมาณหรือขนาดของฉนวน ในทางปฏิบัติถึงแม้ว่าเราจะหุ้มฉนวนแล้วก็ตามแต่ก็ยังปรากฏว่ามีความร้อนสูญเสียอยู่แต่พบว่าปริมาณการสูญเสียลดลงจากเดิมมาก

การตรวจสอบสภาพฉนวนถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ พบว่าโดยทั่วไปฉนวนความร้อนจะมีอายุการใช้งานนานประมาณ 5 – 15 ปี ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพการติดตั้งใช้งาน ถ้าการติดตั้งใช้งานไม่เหมาะสมจะทำให้อายุการใช้งานของฉนวนสั้นลง เช่น การติดตั้งในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงและไม่มีการหุ้มฉนวนความร้อน ความชื้นจะทำให้ฉนวนความร้อนเสื่อมอายุเร็วขึ้น

การบ่งบอกว่าฉนวนเสื่อมสภาพได้แก่ หลังจากการติดตั้งใช้งาน อุณหภูมิผิวฉนวนสูงกว่าเดิมเกิน 20 องศาเซลเซียส และการเกาะยึดตัวของเนื้อฉนวนความร้อนจะเริ่มเปื่อยยุ่ยไม่เกาะติดกัน เมื่อใช้มือจับดึงเนื้อฉนวนจะหลุดติดมือออกมาจำนวนมากได้ง่าย โดยที่ใช้แรงดึงน้อย หรือสังเกตจากการที่มีเศษฉนวนหลุดร่วงลงพื้น

ตารางที่ 6.4 การสูญเสียความร้อนของผิวผนังที่ไม่ได้หุ้มฉนวน

อุณหภูมิผิวผนัง (°C)	70	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
ความสูงผนัง (m)	การสูญเสียความร้อนของพื้นผิวผนังที่ไม่ได้หุ้มฉนวน (kW/m)													
0.50	0.17	0.24	0.37	0.53	0.71	0.92	1.15	1.40	1.68	2.00	2.35	2.74	3.16	3.62
0.60	0.21	0.29	0.46	0.65	0.87	1.11	1.39	1.70	2.04	2.43	2.85	3.31	3.83	4.39
0.70	0.25	0.34	0.54	0.77	1.02	1.31	1.64	2.00	2.41	2.86	3.35	3.90	4.50	5.16
0.80	0.29	0.39	0.62	0.88	1.18	1.52	1.89	2.31	2.78	3.29	3.86	4.49	5.18	5.94
0.90	0.33	0.44	0.71	1.00	1.34	1.72	2.15	2.62	3.15	3.73	4.38	5.09	5.87	6.72
1.00	0.37	0.50	0.79	1.12	1.50	1.93	2.40	2.93	3.52	4.18	4.90	5.69	6.56	7.51
1.10	0.41	0.55	0.88	1.25	1.67	2.14	2.66	3.25	3.90	4.62	5.42	6.29	7.26	8.31
1.20	0.45	0.61	0.96	1.37	1.83	2.35	2.92	3.57	4.28	5.07	5.94	6.90	7.96	9.11
1.30	0.49	0.66	1.05	1.49	2.00	2.56	3.19	3.89	4.67	5.53	6.47	7.52	8.66	9.91
1.40	0.53	0.72	1.14	1.62	2.16	2.77	3.45	4.21	5.05	5.98	7.01	8.13	9.37	10.72
1.50	0.57	0.77	1.23	1.75	2.33	2.99	3.72	4.54	5.44	6.44	7.54	8.75	10.08	11.54
1.60	0.61	0.83	1.32	1.87	2.50	3.20	3.99	4.86	5.83	6.90	8.08	9.38	10.80	12.35
1.70	0.65	0.89	1.41	2.00	2.67	3.42	4.26	5.19	6.22	7.37	8.62	10.00	11.52	13.17
1.80	0.70	0.94	1.50	2.13	2.84	3.64	4.53	5.52	6.62	7.83	9.17	10.63	12.24	14.00
1.90	0.74	1.00	1.59	2.26	3.01	3.86	4.80	5.85	7.02	8.30	9.71	11.26	12.97	14.83
2.00	0.78	1.06	1.68	2.39	3.19	4.08	5.08	6.19	7.41	8.77	10.26	11.90	13.69	15.66
2.10	0.82	1.12	1.77	2.52	3.36	4.30	5.35	6.52	7.81	9.24	10.81	12.54	14.43	16.49
2.20	0.87	1.18	1.86	2.65	3.53	4.53	5.63	6.86	8.22	9.72	11.37	13.18	15.16	17.33
2.30	0.91	1.23	1.96	2.78	3.71	4.75	5.91	7.20	8.62	10.19	11.92	13.82	15.90	18.1

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ทางโรงงานควรดำเนินการปรับปรุงเครื่องอบแผ่นยาง ด้วยการติดฉนวนกันความร้อนที่เครื่อง เพื่อลดการสูญเสียความร้อนลงได้ อีกทั้งยังส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณรอบๆ เครื่องอบแห้งต่ำลงทำให้พนักงานเกิดความสบายมากขึ้นในการทำงาน



รูปที่ 6.24 เครื่องอบแผ่นยาง (ก่อนปรับปรุง)

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 6.25 การติดฉนวนกันความร้อนที่เครื่องอบแผ่นยาง (หลังปรับปรุง)

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ก่อนการปรับปรุง

ข้อมูล	สูตรคำนวณ	สัญลักษณ์	หน่วย	ผลวิเคราะห์		
อุณหภูมิผิวถึง	ตัวแปร Input	T_{s1}	$^{\circ}\text{C}$	140.0		
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	ตัวแปร Input	T_o	$^{\circ}\text{C}$	35.0		
พื้นที่ผิวถึงที่สูญเสียความร้อนด้านหน้า	$A_1 = W \times L$	A_1	m^2	0.7	1.80	W
					0.40	L
พื้นที่ผิวถึงที่สูญเสียความร้อนด้านหลัง	$A_2 = W \times L$	A_2	m^2	0.7	1.80	W
					0.40	L
พื้นที่ผิวถึงที่สูญเสียความร้อนด้านบน	$A_3 = W \times L$	A_3	m^2	1.2	1.20	W
					1.00	L
พื้นที่ผิวถึงที่สูญเสียความร้อนด้านล่าง	$A_4 = W \times L$	A_4	m^2	1.2	1.20	W
					1.00	L
พื้นที่ผิวถึงที่สูญเสียความร้อนรวม	$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$	A_{Total}	m^2	3.84		
เส้นรอบรูป - ด้านหน้า	$p = (W + L) \times 2$		m	4.4		
เส้นรอบรูป - ด้านหลัง	$p = (W + L) \times 2$		m	4.4		
เส้นรอบรูป - ด้านข้าง 1	$p = (W + L) \times 2$		m	4.4		
เส้นรอบรูป - ด้านข้าง 2	$p = (W + L) \times 2$		m	4.4		
เส้นรอบรูป - รวม			m	17.6		
Convective Coefficient	$h_c = 1.42 \times (\Delta T/l)^{0.25}$	h_c	$\text{W/m}^2.\text{K}$	6.65		
Emissivity ผิวผนังตู้	ค่าคงที่	ϵ	-	0.90		
Stefan Bolt-Mann Constant	$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ (ค่าคงที่ของการแผ่รังสี)	σ	$\text{W/m}^2.\text{K}^4$	5.67E-08		
Radiation Coefficient	$h_R = \epsilon \sigma [(T_{s1}+273.15)^2 + (T_o+273.15)^2] \times (T_{s1} + T_o)$	h_R	$\text{W/m}^2.\text{K}$	9.78		
Resistance	$R_1 = [1 / (h_c + h_R)]$	R_1	$\text{W/m}^2.\text{K}$	0.0890		
Overall Heat Transfer Coefficient	$U_1 = h_c + h_R$	U_1	$\text{W/m}^2.\text{K}$	11.236		
ความร้อนที่สูญเสียต่อพื้นที่ (Heat Flux)	$Q_1/\text{m}^2 = U (T_{s1} - T_o)$	Q_1/m^2	W/m^2	1179.8		
ความร้อนที่สูญเสียจากผนังเปลือก	Q_1	Q_1	W	4,530.36		

หลังการปรับปรุง

ข้อมูล	สูตรคำนวณ	สัญลักษณ์	หน่วย	ผลวิเคราะห์
อุณหภูมิผิวฉนวน	จากการตรวจวัด	T_{ins}	$^{\circ}C$	90.0
Emissivity ผิวฉนวน	ค่าคงที่	ϵ_{in}	-	0.27
ค่าการนำความร้อนของฉนวน (ตามแต่ละชนิด)	ฉนวน ceramic fiber หนา 1 นิ้ว หุ้มอลูมิเนียม	k_{in}	W/m.K	0.0380
ความหนาฉนวน	Input Data	X_{in}	m	0.025
Convective coefficient	$h_{CN} = 1.42 \times (\Delta T/l)^{0.25}$	h_{CN}	W/m ² .K	5.66
Radiation coefficient	$h_{RN} = \epsilon_{in} \sigma [(T_{ins}+273.15)^2 + T_o+273.15)^2] \times (T_{ins} + T_o)$	h_{RN}	W/m ² .K	2.29
Resistance	$R_2 = [1 / (h_{CN} + h_{RN})] + (X_{in}/k_{in})$	R_2	m ² .K / W	0.9416
Overall heat transfer coefficient	$U_2 = 1 / R_2$	U_2	W/m ² .K	1.062
ความร้อนที่สูญเสียต่อพื้นที่ (Heat flux)	$Q_2/m^2 = U_2 (T_{s1} - T_o)$	Q_2/m^2	W/m ²	111.51
ความร้อนที่สูญเสียจากผนังหุ้มฉนวน	$Q_2 = Q_2/m^2 \times A_{Total}$	Q_2	W	428.20
ความร้อนสูญเสียลดลง	$Q = Q_1 - Q_2$	Q	W	4,102.16
ชม.ทำงานต่อวัน	Input data	hr	hr/day	20
วันทำงานต่อปี	Input data	Day	day/yr	312
ชม.ทำงานต่อปี	$t = hr \times Day$	t	hr/yr	6,240
จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	-	UT	unit	10
คิดเป็นปริมาณความร้อนที่ประหยัดได้	$Q_{save} = (Q/1,000) \times t \times 3.6 \times S \times UT$	Q_{save}	MJ/yr	921,509.20
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	ค่ามาตรฐานวิศวกรรม	LHV	MJ/kg	50.22
ค่าเชื้อเพลิง	ข้อมูลจากโรงงาน	C_F	฿/kg	17.41
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	$S_F = (Q_{save}/LHV) \times C_F$	S_F	฿/yr	319,463.86
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	$m_F = Q_{save} / LHV$	m_F	kg/yr	18,349.45
เงินลงทุนทั้งสิ้น	ข้อมูลจากโรงงาน	INV	฿/m ²	725.00
			฿	27,840.15
ระยะเวลาคืนทุน	$PB = INV / S_F$	PB	yr	0.09
			month	1.08

กรณีศึกษาที่ 6.11

การเปลี่ยนเครื่องตัดและเย็บถุงพลาสติกประสิทธิภาพสูง

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท บางกอกโพลีแซค จำกัด

สถานที่ตั้ง: 23/3 หมู่ 3 ซ.สวัสดิการ 4 ถ.เลียบคลองภาษีเจริญ

แขวงหนองแขม เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานบางกอกโพลีแซคเป็นโรงงานประเภทสิ่งทอ (ถุงพลาสติก) ที่ก่อตั้งมานานกว่า 20 ปี ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรต่างๆต่ำลง ทำให้ต้องใช้พลังงานมากในการผลิตและมีจุดสูญเสียพลังงานมากโรงงานจึงดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อลดการใช้พลังงานในการผลิตโดยมีการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเป็นเครื่องจักรรุ่นใหม่ประสิทธิภาพสูงขึ้น

โดยกระบวนการตัดและเย็บถุงพลาสติกใช้เครื่องตัดและเย็บอัตโนมัติ โดยใช้ผลิตเฉพาะถุงขนาดเล็กโดยนำพลาสติกที่ผ่านการทอกลมจากเครื่องทอขนาดเล็กและพิมพ์ลายตามที่ลูกค้ากำหนด นำมาเข้าเครื่องตัดโดยใช้สวดความร้อน ตัดตามขนาดที่ต้องการและทำการเย็บกันถุงจะได้ถุงตามที่ต้องการ เดิมทางโรงงานใช้เครื่องตัดและเย็บ รุ่นเก่าใช้กำลังไฟฟ้า 60 kW สามารถผลิตถุงได้ 1,400 ถุงต่อชั่วโมง



รูปที่ 6.26 เครื่องตัดและเครื่องเย็บถุงรุ่นเก่า

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

เครื่องตัดและเย็บถุงพลาสติกที่จะดำเนินการปรับปรุงเป็นเครื่องที่มีการใช้งานมานาน อัตราการผลิตต่ำและมีค่า SEC สูงเมื่อเทียบกับเครื่องรุ่นใหม่ที่มีในปัจจุบัน มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นรุ่นเก่าผ่านการซ่อมแซมและเปลี่ยนมาหลายครั้ง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรมาก

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

โรงงานปรับปรุงโดยใช้เครื่องตัดและเย็บรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงจำนวน 1 เครื่องโดยสามารถผลิตถุงพลาสติกได้สูงสุดชั่วโมงละ 10,000 ใบ/ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 40 kW ทำให้ทางโรงงานสามารถลดการใช้พลังงานในกระบวนการตัดและเย็บถุงพลาสติกลงได้ โดยมีขั้นตอนการบันทึกข้อมูลเพื่อตรวจสอบผลประหยัดก่อนและหลังดำเนินการดังนี้

1. บันทึกชั่วโมงการทำงาน, ปริมาณผลผลิต, การใช้พลังงานไฟฟ้า (ก่อนดำเนินการปรับปรุง)
2. วิเคราะห์ค่า SEC ของเครื่องจักรเดิมโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลด้านเทคนิคของเครื่องจักรใหม่
3. จากข้อ 2 ประเมินผลการประหยัดพลังงานที่ได้จาก SEC และวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์
4. ตรวจสอบผลการประหยัดพลังงานจริงดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 แล้วเปรียบเทียบ SEC ก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อคำนวณผลประหยัดที่แท้จริง

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 6.27 เครื่องตัดและเครื่องเย็บถุงรุ่นใหม่ประสิทธิภาพสูง

วิธีการคำนวณผลประหยัด

จากการปรับปรุงเครื่องตัดและเย็บถุงรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตน้อยกว่าเครื่องรุ่นเดิมประมาณ 80%

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดพลังงานของการดำเนินตามมาตรการ พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง				
1.1 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องจักร	h_b	ชั่วโมง/เดือน	500	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ปริมาณผลผลิต	P_b	ใบ/เดือน	600,000	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 การใช้ไฟฟ้าของเครื่อง	E_b	kWh/เดือน	17,500	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/kWh	3.29	
2. ข้อมูลหลังทำการปรับปรุง				
1.1 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องจักร	h_a	ชั่วโมง/เดือน	480	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ปริมาณผลผลิต	P_a	ใบ/เดือน	1,440,000	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 การใช้ไฟฟ้าของเครื่อง	E_a	kWh/เดือน	7,200	ข้อมูลจากโรงงาน
3. ผลการประหยัดพลังงาน				
3.1 SEC ก่อนปรับปรุง $SEC_b = (E_b / P_b)$	SEC_b	kWh/ใบ	0.029167	
3.2 SEC หลังปรับปรุง $SEC_a = (E_a / P_a)$	SEC_a	kWh/ใบ	0.005	
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $P_a \times 12 \times (SEC_b - SEC_a)$	E_s	kWh/ปี	417,600.00	
3.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $C_s = E_s \times C_f$	C_s	บาท/ปี	1,373,923	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	6,404,730	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	ปี	4.66	

กรณีศึกษาที่ 6.12 การปรับปรุงระบบควบคุมการทำงานเครื่องฉีดพลาสติก

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ไพโอเนียอินดัสเตรียล จำกัด

สถานที่ตั้ง: 102 หมู่ 2 ถนนบางนาตราด ตำบลบางวัว
อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24180



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

บริษัท ไพโอเนียอินดัสเตรียล เป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนพลาสติกโดยเครื่องฉีดพลาสติกเป็นเครื่องจักรหลัก ทางโรงงานต้องการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น สามารถเพิ่มผลผลิตของให้มากขึ้น โดย เครื่องจักรหลักใน การผลิตคือเครื่องฉีดพลาสติก โรงงานมีเครื่องฉีดพลาสติกทั้งหมด 96 เครื่องมีด้วยกันหลายขนาดตั้งแต่ 50 ตัน – 500 ตัน

เครื่องฉีดพลาสติกภายในโรงงานมีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี และมีระบบควบคุมการทำงานระบบเก่าคือใช้ PLC ในการควบคุมระบบการทำงานทั้งระบบมอเตอร์และระบบฮีทเตอร์ไฟฟ้า ระบบเดิมมีอายุการใช้งานมากจึงทำให้การทำงานช้า ส่งผลให้การผลิตต่อชิ้นงานต้องใช้เวลามากและทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายมากเนื่องจากระบบควบคุมทำงานไม่แม่นยำพอ ส่งผลให้ค่า SEC เดิมสูง

ดังนั้นทางโรงงานจึงได้ปรับปรุงระบบควบคุมการทำงานเครื่องฉีดพลาสติกใหม่หมดทั้งระบบ โดยปรับปรุงในเครื่องที่มีอายุการใช้งานมานานทั้งหมด 10 เครื่อง หลังจากการปรับปรุงโดยติดตั้งชุดควบคุมการทำงานเครื่อง ฉีดพลาสติกใหม่ ทำให้ระบบการฉีดพลาสติกทำงานได้ถูกต้องมากขึ้นส่งผลให้มีผลผลิตสูงขึ้นกว่าเดิม และทำให้ การใช้พลังงานในการผลิตต่อชิ้นงานนั้นลดน้อยลง



รูปที่ 6.28 ระบบควบคุมเครื่องฉีดพลาสติกของเดิม

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ในงานฉีดพลาสติก เริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการเม็ดพลาสติกหรือผงพลาสติกถูกให้ความร้อนจนหลอมเหลวแล้วถูกฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์จนเต็ม จากนั้นจึงปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ จึงจะได้ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ แต่ในขั้นตอนการทำงานจริงภายหลังที่มีการออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีแล้วนั้น ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องฉีดพลาสติก ได้แก่ อุณหภูมิพลาสติกเหลว อุณหภูมิแม่พิมพ์ อุณหภูมิปลดชิ้นงาน อุณหภูมิกระบอกฉีด ระยะชักสกรู ความเร็วรอบสกรู ความดันฉีด ความดันฉีดย้ำ เวลาฉีดย้ำ ระยะสำรอง ฯลฯ เหล่านี้ต้องปรับตั้งให้ถูกต้องด้วย เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ ดังนั้นเมื่อลูกค้าต้องการผลิตชิ้นงานที่มีความแตกต่างจากที่เคยผลิต ผู้ปรับตั้งเครื่องจะต้องใช้เวลาในการทดลองหลายครั้งแบบ Trial and error เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ในงานฉีดพลาสติก ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำโปรแกรม CAE มาช่วยในการวิเคราะห์งานฉีดพลาสติก อย่างไรก็ตามโปรแกรมเหล่านี้มีราคาสูง นอกจากนี้ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องมีความรู้ด้านการใช้งานคอมพิวเตอร์และประสบการณ์ด้านการฉีดพลาสติกและการออกแบบแม่พิมพ์เพื่อให้สามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการติดตั้งชุดควบคุมการทำงานเครื่อง ฉีดพลาสติกใหม่ จำนวน 10 เครื่อง มีขั้นตอนการบันทึกข้อมูลเพื่อตรวจสอบผลประหยัdk่อนและหลังดำเนินการดังนี้ ทำการตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องฉีดพลาสติก พร้อมทั้งเก็บข้อมูลทางด้านผลิตภัณฑ์ทั้งประเภทและน้ำหนัก เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลประหยัdkจากค่า SEC

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากการปรับปรุงโดยติดตั้งชุดควบคุมการทำงานเครื่อง ฉีดพลาสติกใหม่ ทำให้ระบบการฉีดพลาสติกทำงานได้ถูกต้องมากขึ้นส่งผลให้มีผลผลิตสูงขึ้นกว่าเดิม และทำให้การใช้พลังงานในการผลิตต่อชิ้นงานนั้นลดน้อยลง



รูปที่ 6.29 ระบบควบคุมเครื่องฉีดพลาสติกหลังดำเนินการปรับปรุง



รูปที่ 6.30 เครื่องฉีดพลาสติกที่ปรับปรุงระบบควบคุมการทำงาน

วิธีการคำนวณผลประหยัด

เนื่องจากมาตรการปรับปรุงระบบควบคุมเป็นมาตรการที่ทำต่อเนื่องจากมาตรการปรับปรุงระบบระบายความร้อนของในเครื่องฉีดพลาสติก ดังนั้นการวิเคราะห์ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากค่า SEC จึงต้องนำผลประหยัดที่เกิดจากมาตรการระบายความร้อนมาหักออก จึงจะได้ผลประหยัดในส่วนของการติดตั้งระบบควบคุมที่ถูกต้อง

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดพลังงานของการดำเนินตามมาตรการ พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง				
1.1 ผลผลิตรวมต่อปี	P_b	ตัน/ปี	5,650.52	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรรวมต่อปี	E_b	kWh/ปี	2,296,920.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/kWh	2.82	
1.4 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดจากมาตรการปรับปรุงระบบระบายความร้อน	$E_{s,cool}$	kWh/ปี	432,317.89	
2. ข้อมูลหลังทำการปรับปรุง				
2. ข้อมูลหลังทำการปรับปรุง				
2.1 ผลผลิตรวมต่อปี	P_a	ตัน/ปี	5,504.74	ข้อมูลจากโรงงาน
2.2 พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรรวมต่อปี	E_a	kWh/ปี	1,354,960.00	ข้อมูลจากโรงงาน
3. ผลการประหยัดพลังงาน				
3.1 SEC ก่อนปรับปรุง $SEC_b = (E_b / P_b)$	SEC_b	kWh/ตัน	2,176.25	
3.2 SEC หลังปรับปรุง $SEC_a = (E_a / P_a)$	SEC_a	kWh/ตัน	2,062.76	
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $(SEC_b \times P_b - SEC_a \times P_a) - E_{s,cool}$	E_s	kWh/ปี	192,397.71	
3.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $C_s = E_s \times C_f$	C_s	บาท/ปี	544,485.53	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	2,687,500	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	ปี	4.94	

กรณีศึกษาที่ 6.13

การปิดเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อลดการสูญเสียจากการเดินตัวเปล่า

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : ฮายาคาวา อีสเทิร์น รับเบอร์ จำกัด

สถานที่ตั้ง: 111/4 ม.2 ต.มะขามคู่

อ.นิคมพัฒนา จ.ระยอง 21180



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

กระบวนการผลิตของโรงงานมีขั้นตอนต่างๆ มากมาย โดยลักษณะการทำงานจะทำงานไปพร้อมกันทั้งสายการผลิต แต่มีในบางช่วงเวลาที่บางสายการผลิตไม่มีการทำงาน แต่เครื่องจักรยังคงทำงานอยู่โดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งการทำงานของโรงงานเฉลี่ย 12 ชั่วโมงต่อวัน 312 วันต่อปี

จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า อุปกรณ์และเครื่องจักรหลาย ๆ จุดยังคงเปิดให้ทำงานตัวเปล่าอยู่มาก อาจเป็นสาเหตุมาจากการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง ทำให้บางจุดขาดช่วงไปได้ เป็นต้น แต่ทั้งนี้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ยังคงทำงานตัวเปล่านี้ ก็ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปโดยเปล่าประโยชน์ อีกส่วนหนึ่งเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ที่พนักงานใช้งานยังคงไม่ถูกต้องหรือยังไม่เหมาะสมต่อสภาพการทำงานนั้นๆ เช่น การใช้เครื่องตัดกียอดินตัวใหญ่ไปตัดชิ้นยางที่เป็นชิ้นเล็กๆ ทำให้ต้นทุนการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น เป็นต้น รวมถึงเครื่องจักรบางตัวที่ทางโรงงานดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ เช่น การเปลี่ยนวิธีการระบายความร้อนแผ่นยางจากพัดลมเป่าเป็นใช้ Hood ดูดอากาศแทน เป็นต้น

ดังนั้นทางทีมงานจึงได้ทำการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้เพื่อนำไปวิเคราะห์ศักยภาพต่อไป



รูปที่ 6.31 Line การผลิต

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

แนวทางการลดการใช้พลังงานในอาคารหรือโรงงานตามหลักการใช้ระบบปัจจุบันให้เกิดประโยชน์สูงสุดจะเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานง่าย ๆ เช่น ปิดเมื่อเลิกใช้ ใช้เท่าที่จำเป็น และเป็นมาตรการที่มีเงินลงทุนต่ำหรือไม่มีการลงทุนใดๆเลย แต่เน้นในเรื่องของการปลูกจิตสำนึก เช่น การควบคุมการทำงาน (ลักษณะเดิม) โดยใช้ Standard operating procedure การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานโดยพิจารณาจาก Best practice การปรับปรุงงานซ่อมบำรุง และ การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต เป็นต้น

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ผลสำรวจการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีการใช้งานไม่เหมาะสม สรุปได้ดังนี้

เครื่องจักร/อุปกรณ์	พลังงานไฟฟ้า (kW)	ลักษณะการสูญเสีย
เครื่องตัดกียอดิน (ใหญ่)	0.964	ใช้งานผิดลักษณะ
เครื่องตัดกียอดิน (เล็ก)	1.63	ใช้งานผิดลักษณะ
Calender	4.60	เดินตัวเปล่า
ฮีตเตอร์เครื่อง Extruder	0.106	เปลี่ยนเทคนิคการทำงานใหม่
พัดลมฝัวยาง	3.22	ยกเลิกการใช้งาน

จากนั้นดำเนินการเปลี่ยนวิธีการทำงานในเครื่องจักร/อุปกรณ์ให้เหมาะสมการผลิตภัณฑ์ และปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อลดการใช้พลังงานลง

สภาพหลังปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการปรับปรุงในอุปกรณ์และเครื่องจักรตามข้างต้นแล้ว โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง โดยวิธีการดำเนินการปรับปรุงในแต่ละอุปกรณ์สรุปได้ดังนี้

เครื่องจักร/อุปกรณ์	วิธีการปรับปรุง
เครื่องตัดกียอดิน (ใหญ่)	ปรับตำแหน่งเครื่องตัดให้เครื่องเล็กอยู่ในตำแหน่งที่ใช้งานได้สะดวกขึ้น
เครื่องตัดกียอดิน (เล็ก)	เพื่อลดการใช้งานเครื่องใหญ่
Calender	กำหนดให้พนักงานผู้ควบคุมเครื่องทำการปิดอุปกรณ์ที่เดินตัวเปล่า ขณะที่ไม่มีการผลิต
ฮีตเตอร์เครื่อง Extruder	เปลี่ยนการใช้พัดลมเป่าแผ่นยางเป็นการใช้ hood เพื่อดูดอากาศร้อน ทิ้งแทน
พัดลมฝัวยาง	ยกเลิกการใช้น้ำหล่อเย็นชุดฮีตเตอร์

วิธีการคำนวณผลประหยัด

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดพลังงานของการดำเนินงานตามมาตรการ พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. มาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่า (เครื่องกียอดินใหญ่, เครื่องกียอดินเล็ก, เครื่อง Calender, Hydraulic pump 2 เครื่อง)				
วันการทำงาน	d	วัน/ปี	300	
ชั่วโมงการเดินเครื่องจักรตัวเปล่า – เครื่องกียอดิน	$h_{1,1}$	ชั่วโมง/วัน	12.80	ข้อมูลจากโรงงาน
ชั่วโมงการเดินเครื่องจักรตัวเปล่า – Calender	$h_{1,2}$	ชั่วโมง/วัน	5.00	ข้อมูลจากโรงงาน
ชั่วโมงการเดินเครื่องจักรตัวเปล่า – Pump hydraulic	$h_{1,3}$	ชั่วโมง/วัน	16.67	ข้อมูลจากโรงงาน
Operating factor ของ Calender และ Pump hydraulic	OF	%	80	
ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	C_E	บาท/kWh	3.29	
พลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องตัวเปล่า – กียอดินใหญ่	P_1	kW	1.63	จากการตรวจวัด
พลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องตัวเปล่า – กียอดินเล็ก	P_2	kW	0.964	จากการตรวจวัด
พลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องตัวเปล่า – Calender	P_3	kW	3.31	จากการตรวจวัด
พลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องตัวเปล่า – Pump hydraulic #1	P_4	kW	0.684	จากการตรวจวัด
พลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องตัวเปล่า – Pump hydraulic #2	P_5	kW	0.605	จากการตรวจวัด
ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า				
พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเดินเครื่องตัวเปล่า – กียอดิน $E_{s,1} = (P_1 + P_2) \times h_{1,1} \times d$	$E_{s,1}$	kWh/ปี	9,960.96	
พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเดินเครื่องตัวเปล่า – Calender $E_{s,2} = (P_3) \times h_{1,2} \times d \times OF$	$E_{s,2}$	kWh/ปี	3,972.00	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องตัวเปล่า – Pump hydraulic $E_{s,3} = (P_4 + P_5) \times h_{1,3} \times d \times OF$	$E_{s,3}$	kWh/ปี	5,155.79	
2. มาตรการปิดเครื่องจักร (พัฒนาระบายความร้อนแผ่นยาง, การใช้น้ำหล่อเย็นชุดฮีตเตอร์)				
ชั่วโมงการเดินเครื่องจักร	$h_{1,4}$	ชั่วโมง/วัน	20	ข้อมูลจากโรงงาน
พลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดิน – พัฒนาระบายความร้อน	P_6	kW	3.22	จากการตรวจวัด
พลังไฟฟ้าที่ใช้ใน Cooling tower	P_7	kW	11.90	เฉลี่ยจากปั๊ม 2 ชุด
อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนในระบบทั้งหมด	F_1	m ³ /hr	41.22	เฉลี่ยจากปั๊ม 2 ชุด
อัตราการระบายน้ำหล่อเย็นชุดฮีตเตอร์	F_2	m ³ /hr	0.37	
Operating factor ของการระบายน้ำหล่อเย็นชุดฮีตเตอร์	OF_1	%	90	
ราคาค่าน้ำดิบเฉลี่ยต่อหน่วย	C_w	บาท/m ³	20.00	
ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า				
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินพัฒนาระบายความร้อน $E_{s,4} = P_6 \times h_{1,4} \times d$	$E_{s,4}$	kWh/ปี	19,320.00	
ค่าดัชนีการใช้พลังงานของชุดระบายความร้อนในระบบ $SEC = P_7 / F_1$	SEC	kW/m ³ /hr	0.29	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในน้ำหล่อเย็นชุดฮีตเตอร์ $E_{s,5} = (SEC \times F_2) \times h_{1,4} \times d \times OF_1$	$E_{s,5}$	kWh/ปี	579.42	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
ปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ลดลงในชุดฮีตเตอร์ $F_3 = F_2 \times h_{1,4} \times d \times OF_1$	F_3	$m^3/ปี$	1,998	
ผลการประหยัดรวมทั้งสิ้น				
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = E_{s,1} + E_{s,2} + E_{s,3} + E_{s,4} + E_{s,5}$	E_s	kWh/ปี	38,988.17	
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_{c,e} = E_s \times C_E$	$S_{c,e}$	บาท/ปี	128,271.08	
ค่าน้ำที่ประหยัดได้ $S_{c,w} = F_3 \times C_w$	$S_{c,w}$	บาท/ปี	39,760.00	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท		
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / (S_{c,e} + S_{c,w})$	PB	ปี	-	
			-	

กรณีศึกษาที่ 6.14 ลดการใช้งานมอเตอร์ปั้มน้ำในขั้นตอนการล้างยาง

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท เซาท์แลนด์รีไซเคิล จำกัด

สถานที่ตั้ง: 199/9 หมู่.8 ถ.ทุ่งสง-เวียงสระ ต.คูสิต
อ.ฉะพรวนรา จ.นครศรีธรรมราช 80260



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีปั้มน้ำที่ใช้ในกระบวนการฉีดน้ำล้างยางจำนวน 4 ตัว ขนาด 55 kW จำนวน 3 ตัว และ 7.5 kW 1 ตัว กระบวนการฉีดน้ำล้างยางโดยเจาะท่อน้ำ PVC ให้ฉีดลงบนยางที่เคลื่อนที่ผ่าน Screw มีการใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 10-20 เท่านั้นเพราะการติดตั้งระบบท่อไม่ถูกต้อง ในส่วนของปั้มน้ำที่ใช้ในโรงงานมีจำนวน 4 ตัว ขนาด 55 kW จำนวน 3 ตัว และ 7.5 kW 1 ตัว กระบวนการฉีดน้ำล้างยางโดยเจาะท่อน้ำ PVC ให้ฉีดลงบนยางที่เคลื่อนที่ผ่าน Screw มีการใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 10-20 เท่านั้นเพราะการติดตั้งระบบท่อไม่ถูกต้อง ทำให้ต้องผ่านกระบวนการล้างหลายขั้นตอนเกิดน้ำเสียเป็นปริมาณมากและเสียค่าใช้จ่ายในการลำเลียงน้ำและบำบัดน้ำเสียสูงมาก จึงได้เสนอให้มีการปรับปรุงการติดตั้งท่อกระจายน้ำ เจาะรูกระจายน้ำและวางตำแหน่งท่อให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการล้าง



รูปที่ 6.32 แสดงระบบปั้มน้ำและการกระจายของน้ำล้างยางก่อนปรับปรุง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

โรงงานน้ำยางชั้นมีการใช้น้ำประมาณ 3-3.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันน้ำยางชั้น ซึ่งมีความสิ้นเปลืองมาก น้ำถูกใช้ในการเจือจางน้ำยาง และการล้างทำความสะอาด เครื่องแยกจะต้องมีการถอดใบกรวยและฉีดล้างทุก 2 ชั่วโมง การใช้น้ำนอกจากจะมีต้นทุนค่าน้ำ แล้วยังมีต้นทุนไฟฟ้าในการสูบน้ำมาใช้ และต้นทุนในการบำบัดและปรับปรุงสภาพ จึงควรดำเนินมาตรการต่างๆ เพื่อให้มีการใช้น้ำอย่างคุ้มค่า

- การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในขั้นตอนล้างเครื่องแยก น้ำที่บำบัดแล้วสามารถนำมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการล้างได้ หรือแยกน้ำล้างให้เป็นน้ำไม่สะอาดก่อน แล้วตามด้วยน้ำสะอาด
- การลดแรงดันน้ำที่สูงเกินไป คอยปรับลดแรงดันน้ำลง ปริมาณการใช้จะลดลง
- ชี้อ้าง และรณรงค์ ให้พนักงานใช้น้ำอย่างประหยัด
- และสำคัญที่สุดต้องติดตั้งมิเตอร์และบันทึกปริมาณการใช้น้ำแต่ละส่วน และวิเคราะห์เปรียบเทียบ
- กับผลผลิตที่ได้เป็นรายวัน

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ดำเนินการปรับปรุงการติดตั้งท่อกระจายน้ำ เจาะรูกระจายน้ำและวางตำแหน่งท่อให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการล้างยาง

สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงการติดตั้งท่อกระจายน้ำ เจาะรูกระจายน้ำและวางตำแหน่งท่อให้เหมาะสมทำให้ประหยัดการใช้พลังงานในระบบปั้มน้ำลงได้ โดยสามารถหยุดการใช้งานปั้มน้ำขนาด 7.5 kW ลงได้ 1 ตัว



รูปที่ 6.33 การกระจายของน้ำล้างยางหลังปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลประหยัด

ทั้งนี้ภายหลังกดำเนินการต้องทำการตรวจสอบระบบกระจายน้ำอย่างสม่ำเสมอไม่ให้เกิดการอุดตัน เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของการดำเนินตามมาตรการ พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 จำนวนชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำขนาด 7.5 kW ที่หยุด	h	ชั่วโมง/ปี	6,000	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	E_c	บาท/kWh	3.10	
2. ข้อมูลจากการตรวจวัด				
2.1 พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มน้ำ 7.5 kW	P_m	kW	7.2	จากการตรวจวัด
3. ผลการประหยัดพลังงาน				
3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = P_m \times h$	E_s	kWh/ปี	43,200.00	
3.2 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $C_s = E_s \times C_f$	C_s	บาท/ปี	133,920.00	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	-	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	ปี	-	

กรณีศึกษาที่ 6.15

มาตรการนำน้ำคอนเดนเสทที่ทิ้งมาทำการละลายน้ำเกลือแทนน้ำ WD

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 202 หมู่ที่ 1 ถนน สุขสวัสดิ์ ต.ปากคลองบางปลากด

อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ 10290



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

เดิมทางโรงงานมีการใช้น้ำ WD ในกระบวนการผลิตการละลายน้ำเกลือ ผลจากการตรวจวัดโดยทีมวิศวกรของโรงงานพบว่าต้นทุนการผลิตน้ำ WD ใช้พลังงานไฟฟ้า 2.28 kWh/m^3 ต้นทุนด้านเคมี 30 บาท/ m^3 จากการสำรวจพบว่า ในส่วนของหอระเหยของโรงงานมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิต และมีคอนเดนเสทเหลือจากกระบวนการระเหย คอนเดนเสทส่วนหนึ่งถูกนำกลับไปใช้ใหม่ และส่วนหนึ่งทิ้ง จากการตรวจวัดพบว่าคอนเดนเสทส่วนที่ทิ้ง มีปริมาณ $0.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ ซึ่งมีปริมาณมาก จึงมีแนวความคิดที่จะนำคอนเดนเสทส่วนที่ทิ้งไปใช้แทนน้ำ WD ในกระบวนการละลายน้ำเกลือ



รูปที่ 6.34 การใช้งานไอน้ำที่หอระเหยของโรงงาน

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพต่ำ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35-200 °C มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปคอนเดนเสท น้ำและของเหลวที่ระบายความร้อนและอากาศระบายความร้อน เหมาะที่จะนำไปใช้ในการให้ความร้อนขั้นต้น เช่น อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ อุ่นของเหลว อุ่นอากาศ และทำน้ำร้อนหรือนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง

น้ำร้อนหรือของเหลวร้อนถือเป็นแหล่งพลังงานคุณภาพต่ำ ดังนั้นความคุ้มค่าในการลงทุนและเสถียรภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ จึงควรพิจารณาในประเด็นต่างๆต่อไปนี้คือ ความต่อเนื่องของความร้อนที่ปล่อยทิ้ง ระดับอุณหภูมิของของเหลวที่ปล่อยทิ้ง ปริมาณความร้อนที่ปล่อยทิ้ง ความสะอาดและจุดที่จะนำมาใช้ประโยชน์

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ทำการปรับปรุงแก้ไขโดย การนำน้ำคอนเดนเสทที่เหลือไปใช้ในกระบวนการละลายน้ำเกลือ พร้อมทั้งติดตั้ง Plate heat exchanger เพื่อในอนาคตในกรณีที่ต้องการนำน้ำคอนเดนเสทที่เหลือไปใช้ในกระบวนการอื่นแทนน้ำ WD



รูปที่ 6.35 การสำรวจพื้นที่โดยทีมวิศวกรและที่ปรึกษาด้านพลังงาน

สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงพบว่าสามารถลดการใช้น้ำ WD ลงได้โดยไม่กระทบกับกระบวนการผลิต



รูปที่ 6.36 การติดตั้ง Plate Heat Exchanger และระบบท่อเพื่อนำคอนเดนเสทไปใช้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทที่เหลือทิ้ง	m_w	$m^3/\text{ชั่วโมง}$	0.8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ต้นทุนการผลิตน้ำ WD ด้านไฟฟ้า	$C_{wd,e}$	บาท/ m^3	2.28	
1.3 ต้นทุนการผลิตน้ำ WD ด้านเคมี	$C_{wd,c}$	บาท/ m^3	30	
1.4 เวลาทำงาน	h	ชั่วโมง/วัน	24	
1.5 จำนวนวันทำงาน	d	วัน/ปี	358	
1.6 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	บาท/kWh	2.36	
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = m_w \times C_{wd,e} \times h \times d$	E_s	kWh/ปี	15,671.808	
2.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด $S_c = E_s \times C_e$	S_c	บาท/ปี	36,958.46	
2.3 ค่าต้นทุนด้านเคมีที่ประหยัด $S_{chem} = m_w \times C_{wd,c} \times h \times d$	S_{chem}	บาท/ปี	206,208	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท		
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / (S_c + S_{chem})$	PB	ปี	497,600 2.046	

6.2 มาตรการในระบบสนับสนุน

กรณีศึกษาที่ 6.16 การติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยเดลมาร์ จำกัด

สถานที่ตั้ง: 591 หมู่ 2 ซ.หาดอัมรา ถ.ท้ายบ้าน ต.ท้ายบ้าน ต.
ท้ายบ้าน อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10230



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในระบบของโรงงานใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 3 เครื่อง คือ หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,000 kVA จำนวน 2 เครื่อง และ 2,000 kVA จำนวน 1 เครื่อง โดยที่หม้อแปลงแต่ละเครื่อง ต่อเชื่อมอยู่กับภาระทางไฟฟ้า หรือ Load ที่มีลักษณะแตกต่างกัน คือ

- TR1 ขนาด 1,000 kVA ส่งพลังงานให้ระบบแสงสว่างระบบปรับอากาศ และ Utility
- TR2 ขนาด 2,000 kVA ส่งพลังงานให้ระบบห้องเย็นและเครื่องจักรในกระบวนการผลิต
- TR3 ขนาด 1,000 kVA ส่งพลังงานให้ระบบห้องเย็นใหม่

จากการสำรวจของโรงงาน พบว่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงเข้าสู่ระบบไฟฟ้ามีแรงดันสูงถึง 400V มากกว่ามาตรฐาน 20V ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ใช้กำลังงานไฟฟ้ามากเกินไปกว่าปกติ ส่งผลให้อายุการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ สั้นลง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นอีกอุปกรณ์หนึ่งที่ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยจะติดตั้งไว้ระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้าและตู้จ่ายไฟฟ้า เมื่อแรงดันไฟฟ้าถูกปรับให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการใช้จริง ก่อนจ่ายไปยังอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ทำให้ผู้ประกอบการสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อเดือนได้ประมาณ 15-20 % แม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนเบื้องต้นก็ตาม แต่ผลในระยะยาวจะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าลงได้ โดยมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี

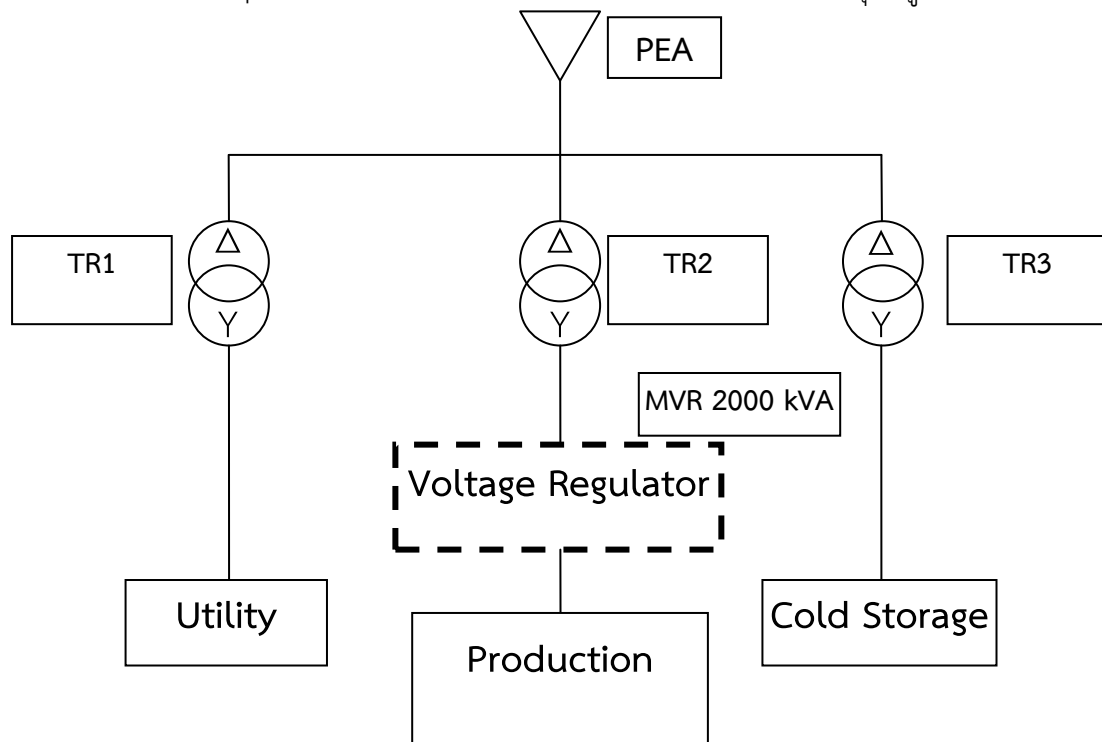
คุณสมบัติของอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า

1. ปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
2. รักษาระดับแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าให้คงที่
3. ปรับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำของไฟฟ้าให้สมดุลระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้ากับด้านโหลด
4. ลดฮาร์โมนิก
5. ปรับลดกระแสไฟฟ้าสูญเสียในช่วงเปิดสวิตช์อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้านี้ สามารถใช้ให้เกิดประสิทธิผลกับระบบกระแสไฟฟ้าแบบ 3 เฟส – 4 สาย ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทยการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าดังกล่าว จะติดตั้งในตำแหน่งก่อนตู้จ่ายไฟฟ้า (MDB) จึงจะให้ประสิทธิภาพสูงสุด และผลที่น่าพอใจ โดยสามารถควบคุมได้แม้กระทั่งเพียงหน่วยเดียวของวงจรไฟฟ้าทั้งหมดภายใต้แผงวงจรหลัก

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

โรงงานเกิดแนวคิดในการลดระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบลงให้เท่ากับมาตรฐาน แต่เนื่องจากไม่สามารถทำที่หม้อแปลงได้ จึงได้จัดหาอุปกรณ์ปรับลดระดับแรงดันไฟฟ้ามาใช้งานภายในโรงงานโรงงานได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าขนาด 2,000 kVA เข้ากับหม้อแปลงตัวที่ 2 ขนาด 2,000 kVA ทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง (Secondary) แล้วจ่ายแรงดันไฟฟ้าออกจากอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าเข้า Bus Bar ของตู้เมนไฟฟ้าแรงดันต่ำ (MDB) อุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ติดตั้งใหม่ จะมี Tap ที่ตัวอุปกรณ์สำหรับปรับลดแรงดันไฟฟ้า (คล้ายกับ Tap ของหม้อไฟฟ้าทั่วไปที่สามารถปรับระดับแรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิได้)



รูปที่ 6.37 ภาพ Line Diagram

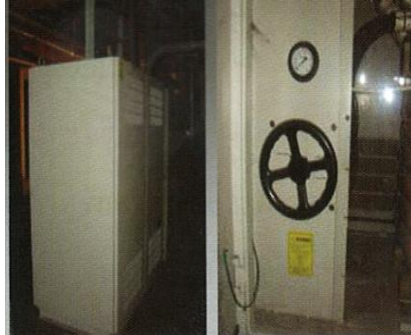
สภาพหลังปรับปรุง

ภายหลังจากการติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำลง ส่งผลให้เครื่องจักรในโรงงาน และระบบอื่นๆ ทั้งหมดที่ได้รับพลังงานไฟฟ้าจากหม้อแปลง 2,000 kVA ได้รับแรงดันไฟฟ้าต่ำลง เป็นผลให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง โดยอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้าที่จะนำมาใช้กับระบบไฟฟ้าที่หม้อแปลงขนาด 2,000 kVA มีรายละเอียดทางเทคนิค ดังนี้

ผู้ติดตั้ง A-FOSS (THAILAND)

รุ่น MVR 2000 kVA

Input 380V
Output 380, 369, 365, 361, 357 V
ขนาด 200 kVA



รูปที่ 6.38 Voltage regulator ที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร

วิธีการคำนวณผลประหยัด

การประเมินผลประหยัดจากการใช้อุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้ามีความสลับซับซ้อนเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังขึ้นกับกำลังการผลิตของโรงงาน โรงงานจึงใช้การทดลองติดตั้ง Voltage regulator แล้วตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า เพื่อนำมาประเมินถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบกับระหว่างกรณีที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดระดับแรงดัน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ปริมาณผลผลิต	Ton	ตัน/ปี	8,878.40	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 พลังงานไฟฟ้า/ผลผลิต	SEC	kWh/ตัน	488.89	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C	บาท/kWh	2.92	ข้อมูลจากโรงงาน
2. ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด				
(หลังดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดัน)				
2.1 ความต่างศักย์	V	Volt	375.42	
2.2 กระแสไฟฟ้า	I	Amp	846.85	
2.3 Power Factor	PF	-	0.96	
2.4 กำลังไฟฟ้า	P ₂	kW	521.2	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 ค่า Load Impedance $Z_2 = V/\sqrt{3}/I$	Z ₂	Ohm/phase	0.2559	
3.2 ค่า Load Impedance $R_2 = (P_2 \times 1,000/3)/I^2$	R ₂	Ohm/phase	0.2422	
3.3 ค่า Load Impedance $X_2 = [(Z_2^2 - R_2^2)]^{1/2}$	X ₂	Ohm/phase	0.0826	
3.4 ค่าแรงดันไฟฟ้าหลังดำเนินการ	V ₂	Volt	401.15	
3.5 ค่ากระแสไฟฟ้าหลังปรับปรุง $I_2 = (V_2/\sqrt{3})/Z_2$	I ₂	Amp	905.08	
3.6 ค่ากำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงโดยนำ Load มาต่อเข้ากับสวิตช์โดยตรง $P_1 = 3 \times R_2 \times I_2^2/1,000$	P ₁	kW	595.21	
3.7 % ผลการประหยัดที่เกิดขึ้น $\%SAV = (P_1 - P_2) \times 100/P_1$	% SAV	%	12.43	
3.8 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = TON \times SEC \times \% SAV$	E _s	kWh/ปี	535,531.73	
3.9 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $C_s = E_s \times c$	S _c	บาท/ปี	1,575,432.65	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	3,494,000.00	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	ปี	2.21	

กรณีศึกษาที่ 6.17

ลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณ Store area และ loading area

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท เอ็มเอ็มพี คอร์ปอเรชั่น จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 124 หมู่ 18 ถนนมิตรภาพ ตำบลปากช่อง
อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา 30130



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

จากการสำรวจระบบแสงสว่างพบว่าในส่วนของบริษัท Store area สามารถลดจำนวนการเปิดใช้งานหลอดไฟได้ และ loading area นั้นสามารถใช้แสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาช่วยในช่วงเวลากลางวันได้ทำให้ลดจำนวนหลอดไฟที่เปิดใช้งานได้ โดยในส่วนของบริษัท Store area มีการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 36 โคม จำนวน 2 หลอดต่อโคม ในส่วนของ Store area สามารถลดจำนวนการเปิดหลอดไฟลงได้ และในส่วนของบริษัท Loading area มีการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 36 โคม จำนวน 2 หลอดต่อโคม ในส่วนของ Loading area นั้นสามารถใช้แสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาช่วยในช่วงเวลากลางวันได้ทำให้ลดจำนวนหลอดไฟที่เปิดใช้งานได้

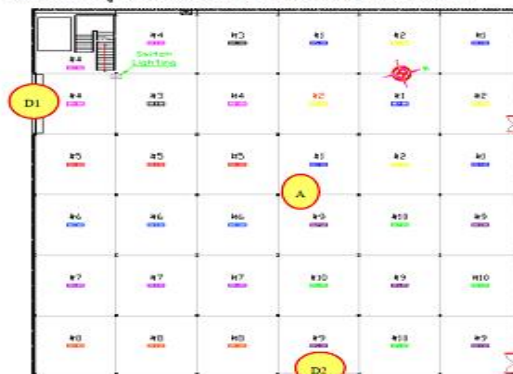


สวิทช์ #1 มีโคมไฟ 5 โคม
สวิทช์ #4 มีโคมไฟ 4 โคม
สวิทช์ #7 มีโคมไฟ 3 โคม
สวิทช์ #10 มีโคมไฟ 4 โคม

สวิทช์ #2 มีโคมไฟ 4 โคม
สวิทช์ #5 มีโคมไฟ 3 โคม
สวิทช์ #8 มีโคมไฟ 3 โคม

สวิทช์ #3 มีโคมไฟ 2 โคม
สวิทช์ #6 มีโคมไฟ 3 โคม
สวิทช์ #9 มีโคมไฟ 5 โคม

คิดค่าไฟฟ้าตามรูปแบบการเปิดสวิทช์ ผลการคำนวณแสดงในตารางข้างล่าง

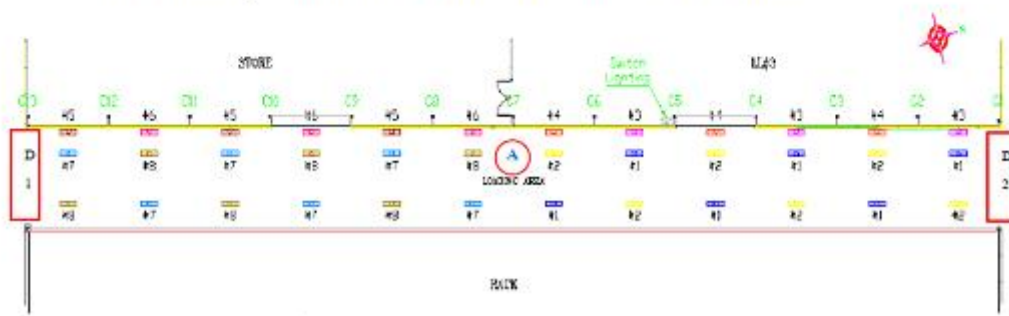


รูปที่ 6.39 แสดงแผนผังการตำแหน่งของโคมไฟและหมายเลขควบคุมสวิทช์ปิด/เปิด Store area

Loading area



สวิตช์ #1 มีโคมไฟ 6 โคม สวิตช์ #2 มีโคมไฟ 6 โคม สวิตช์ #3 มีโคมไฟ 3 โคม
สวิตช์ #4 มีโคมไฟ 3 โคม สวิตช์ #5 มีโคมไฟ 3 โคม สวิตช์ #6 มีโคมไฟ 3 โคม
สวิตช์ #7 มีโคมไฟ 6 โคม สวิตช์ #8 มีโคมไฟ 6 โคม
คิดค่าไฟฟ้าตามรูปแบบการเปิดสวิตช์ ผลการคำนวณแสดงในตารางข้างล่าง



รูปที่ 6.40 แสดงแผนผังการตำแหน่งของโคมไฟและหมายเลขควบคุมสวิตช์ปิด/เปิด loading area

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ ปกติเวลากลางวันเรามีดวงอาทิตย์ให้แสงสว่างโดยธรรมชาติแต่ในเวลา กลางคืน หรือบริเวณทำงานที่ต้องการความสว่างมาก รวมทั้งภายในอาคารซึ่งส่วนมากแสงสว่างจากธรรมชาติ เข้าไม่ถึง แสงสว่างจากไฟฟ้าที่เรียกว่า แสงประดิษฐ์ (Artificial light) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการให้แสง สว่างภายในอาคาร แต่เราก็ไม่ควรละเลยการนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้เพราะนอกจากเป็นการเพิ่ม ประสิทธิภาพให้กับระบบแสงสว่างแล้ว ยังเพิ่มคุณภาพให้กับสภาพแวดล้อมภายในอาคารด้วย

การนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้มีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์ ในบริเวณที่สามารถรับแสงจากธรรมชาติได้ ควรพิจารณา ปรับปรุงหลังคาบางส่วนให้โปร่งแสง แต่เนื่องจากแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct sun) มีความ เข้มแสงสูงถึง 7,500 lumen ต่อตารางฟุต จึงต้องใช้ตัวกลางกระจายแสง เช่น กระเบื้องไฟ เบอร์โปร่งแสง เพราะหากใช้กระจกใสจะทำให้เกิดแสงจ้าแยงตาได้ง่าย จากการสะท้อนแสง ของวัตถุต่างๆ แสงชนิดนี้ยังมีความไม่แน่นอนแปรเปลี่ยนได้มากในแต่ละช่วงเวลา อีกทั้ง ควบคุมได้ยาก จึงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้ใช้ในพื้นที่ซึ่งแสงสว่างมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน

นอกจากนี้ยังไม่ควรใช้ในพื้นที่ที่ปรับอากาศ หรือพื้นที่เก็บวัตถุที่เสียหายได้เมื่อถูกความร้อน เพราะแม้ว่าแสงชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพแสงต่อความร้อนของแสงสูงถึง 110 lumen/W แต่หากไม่มีการควบคุมปริมาณแสง จะทำให้ทั้งปริมาณแสงและความร้อนจะเข้าสู่อาคารมากกว่าที่เกิดจากหลอดไฟฟ้า จึงไม่ควรให้มีพื้นที่โปร่งแสงเกิน 15% ซึ่งจากการคำนวณตามวิธีการของ CIE No.16 (E-3.2) พบว่าสำหรับประเทศไทยนั้น พื้นที่โปร่งแสงเพียง 5% ทำให้ความสว่างภายในอาคารเกิน 100 Lux ได้ถึง 95% และเกิน 150 Lux ได้ถึง 90% ของชั่วโมงทำงานระหว่างเวลา 9.00 - 17.00 น.

2. การใช้แสงสว่างจากท้องฟ้า การนำแสงธรรมชาติที่มาจากท้องฟ้า และแสงสะท้อน (IndirectSun) ที่ปราศจากแสงโดยตรงมาใช้ นับเป็นวิธีที่เหมาะสมอย่างยิ่งกับการใช้งานในอาคาร เนื่องจากแสงชนิดนี้สามารถควบคุมความสม่ำเสมอของแสงได้ง่ายกว่า และมีประสิทธิภาพแสงต่อความร้อนของแสงสูงถึง 140 lumen/W จึงไม่เป็นการเพิ่มความร้อนให้แก่อาคาร ทั้งนี้ต้องอาศัยการออกแบบอาคาร ให้มีหน้าต่างรับแสงสว่างจากท้องฟ้าเข้าสู่ตัวอาคาร โดยมีส่วนยื่นหรือแผงบังแดดที่เหมาะสม หรือออกแบบให้มีช่องรับแสงในด้าน ทิศเหนือที่ปราศจากแสงอาทิตย์โดยตรง



รูปที่ 6.41 ตัวอย่างการใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์ (ซ้าย) ตัวอย่างการใช้แสงสว่างจากท้องฟ้า (ขวา)

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

แนวคิดในการลดการใช้พลังงานโดยการลดจำนวนหลอดไฟที่เปิดใช้งาน โดยมีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

- ทำหมายเลขติดที่สวิตช์ปิดเปิด
- กำหนดผู้รับผิดชอบในการเปิด ปิด ระบบแสงสว่าง

สภาพหลังปรับปรุง

เนื่องจากมาตรการนี้ไม่มีการลงทุนสามารถดำเนินการได้เร็วจึงควรดำเนินการทันที โดยพบว่าหลังการดำเนินการดังกล่าวส่งผลให้โรงงานสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างสำหรับพื้นที่ Store area และ Loading area ลงได้ดังนี้



รูปที่ 6.42 แสดงการตรวจสอบค่าความส่องสว่างหลังปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลประหยัด

ในส่วนของบริษัท Store area กำหนดให้เปิดใช้งานดังนี้ สวิตช์ # 2, 3, 5, 7 และ 9 รวมทั้งหมด 17 โคม หรือคิดเป็น 34 หลอด

รายละเอียด	สัญลักษณ์	สูตร	ก่อน การดำเนินการ	หลัง การดำเนินการ	หน่วย	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลทั่วไป						
พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อหลอด	P		36	36	วัตต์/หลอด	
กำลังสูญเสียของบัลลาสต์	P_B		10	10	วัตต์/ชุด	
รวมใช้ไฟ	P_T	$P + P_B$	46	46	วัตต์/ชุด	
จำนวนหลอด	N		72	34	หลอด	
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	E_C		3.15	3.15	บาท/kWh	จากใบแจ้งหนี้ค่าไฟ
จำนวนชั่วโมงที่หยุดใช้	hr		8	8	ชั่วโมง	จากการใช้งานจริง
วันทำงานต่อปี	D		352	352	วัน	จากการใช้งานจริง
2. การคำนวณ						
พลังงานที่ใช้	E	$P_T * N * hr * D / 1000$	9,327	4,404	kWh/ปี	
รวมพลังงานที่ประหยัดได้	Se	$E_{\text{ก่อน}} - E_{\text{หลัง}}$	4,923		kWh/ปี	
รวมประหยัดเงิน	S_C		15,507		บาท/ปี	

ในส่วนของบริษัท Loading area กำหนดให้เปิดใช้งานดังนี้สวิทช์ # 1, 2, 7 และ 8 รวมทั้งหมด
24 โคม หรือคิดเป็น 48 หลอด

รายละเอียด	สัญลักษณ์	สูตร	ก่อน การดำเนินการ	หลัง การดำเนินการ	หน่วย	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลทั่วไป						
พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อหลอด	P		36	36	วัตต์/หลอด	
กำลังสูญเสียของบัลลาสต์	P_B		10	10	วัตต์/ชุด	
รวมใช้ไฟ	P_T	$P + P_B$	46	46	วัตต์/ชุด	
จำนวนหลอด	N		72	48	หลอด	
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	E_C		3.15	3.15	บาท/kWh	จากใบแจ้งหนี้ค่าไฟ
จำนวนชั่วโมงที่หยุดใช้	hr		8	8	ชั่วโมง	จากการใช้งานจริง
วันทำงานต่อปี	D		352	352	วัน	จากการใช้งานจริง
2. การคำนวณ						
พลังงานที่ใช้	E	$P_T * N * hr * D / 1000$	9,327	6,218	kWh/ปี	
รวมพลังงานที่ประหยัดได้	Se	$E_{\text{ก่อนปรับปรุง}} - E_{\text{หลังปรับปรุง}}$	3,109		kWh/ปี	
รวมประหยัดเงิน	S_C		9,793		บาท/ปี	

$$\begin{aligned} \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ทั้งสิ้น} &= 8,032 \text{ kWh/ปี} \\ \text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 25,301 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

กรณีศึกษาที่ 6.18 การติดตั้ง Chiller plant management

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : โรงพยาบาลวิภาวดี

สถานที่ตั้ง : 2677 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง
เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงพยาบาลวิภาวดีใช้ระบบปรับอากาศด้วยเครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์ คอมเพรสเซอร์ชนิดหอยโข่ง (Chiller) 300 ตัน ระบายความร้อนด้วยน้ำ ทำน้ำเย็นจ่ายให้ชุดส่งลมเย็นในอาคารโรงพยาบาลทั้งหมด เครื่องทำความเย็นของเดิมเป็นรุ่นเก่าไม่มีระบบควบคุมการทำงานที่ทันสมัยและประหยัดพลังงาน แต่ตัวเครื่องทำความเย็น ยังมีประสิทธิภาพในการทำน้ำเย็นอยู่ และเป็นเครื่องทำความเย็นที่มีขนาดใหญ่่มาก โรงพยาบาลจึงเลือกที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นนี้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเกิดประสิทธิภาพในการทำน้ำเย็นสูงสุด โดยการติดตั้งชุด Chiller Plant management เป็นเครื่องมือในการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำน้ำเย็นให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การทำงานของระบบ Chiller plant management เป็นการทำงานโดยอุปกรณ์ระบบปรับอากาศให้อยู่ในความควบคุมของคอมพิวเตอร์เพื่ออำนวยความสะดวกและมีประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งเป็นระบบเครือข่าย Network แบบ LAN (Local area network) รูปแบบของการเชื่อมต่อระบบ Network ข้อดีคือ สามารถใช้ Software, ข้อมูล, อุปกรณ์ทางด้าน Hard Ware ร่วมกันได้ ดูจากภาพประกอบโดยมีการแบ่งระดับของการควบคุมทั้งหมด 4 ระดับคือ Management level, System control level, Process control level และ Equipment level

ระบบนี้จะควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นกลาง (Chiller plants) เครื่องส่งลมเย็น (Air handing units) ส่วนปรับลมเย็น (VAV box) ฯลฯ โดยจะเฝ้าดูและคอยควบคุมระดับของอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม การประหยัดพลังงานเกิดจากสามารถควบคุมให้เครื่องทำน้ำเย็นทำงานในอุณหภูมิที่เหมาะสม และควบคุมในส่วนเครื่องจ่ายลมเย็นผ่านอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบอัตโนมัติ (Variable speed drive) ซึ่งเป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

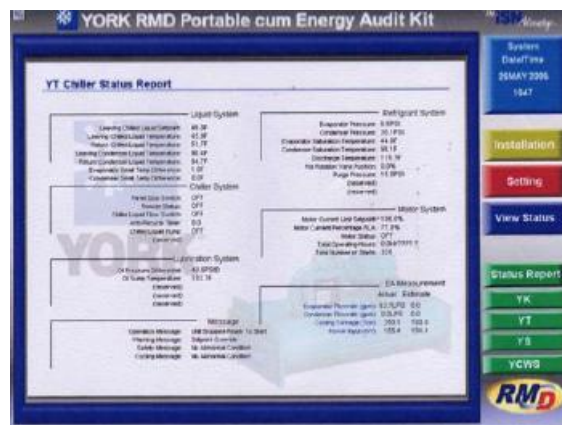
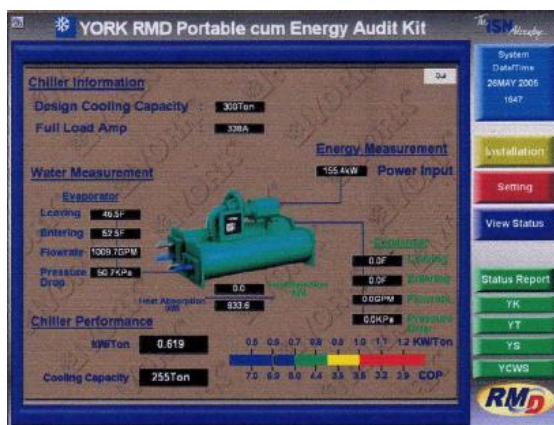
ดำเนินการติดตั้งชุด Chiller plant management เพื่อเป็นเครื่องมือในการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีรายละเอียดในการควบคุมดังนี้

- ติดตั้ง kW-Transmitter สำหรับตรวจวัดพลังงาน
- ติดตั้ง Temperature transmitter สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิน้ำ
- ติดตั้ง Pressure differential sensor สำหรับตรวจวัดความดันของน้ำด้านเข้าและออกจาก Chiller
- ติดตั้งโปรแกรมระบบควบคุมระยะไกลเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงระบบการทำงาน เก็บบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและนำข้อมูลมาเปรียบเทียบผลการใช้พลังงาน

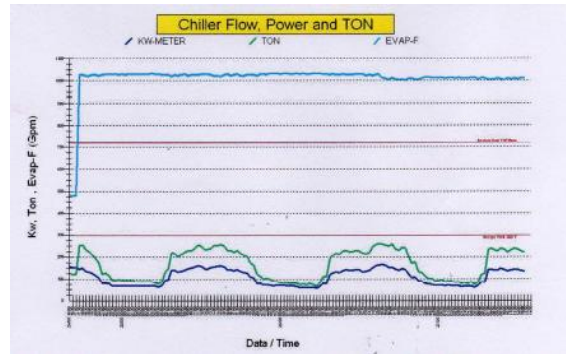
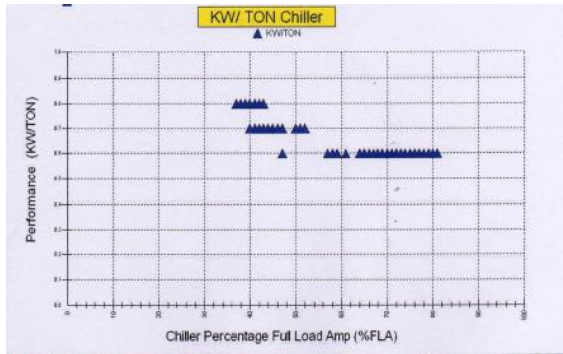


รูปที่ 6.43 (ซ้าย) Chiller 300 ตัน และ (ขวา) VSD ควบคุมเครื่องทำความเย็น

สภาพหลังปรับปรุง



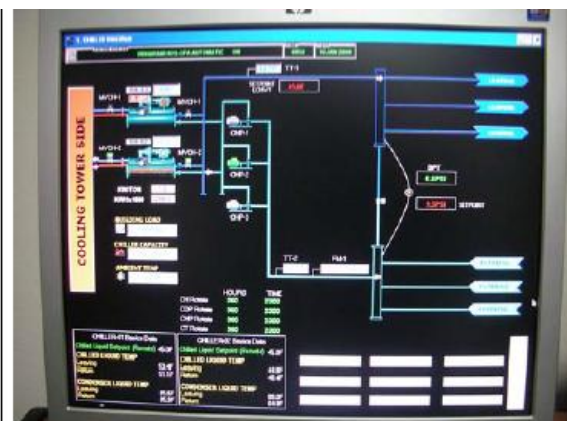
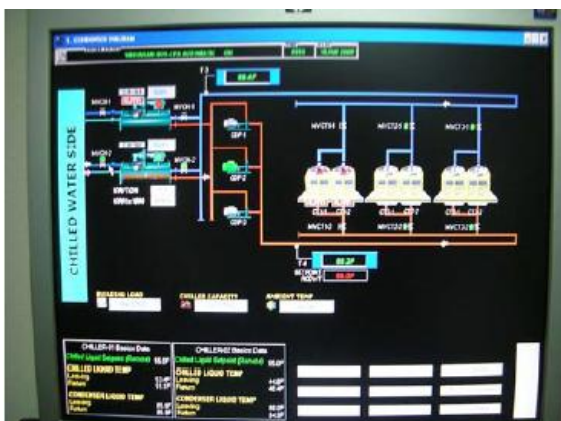
รูปที่ 6.44 (ซ้าย) การควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ (ขวา) จอรายงานผลการทำงานของ Chiller



รูปที่ 6.45 (ซ้าย) ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพการทำความเย็น
(ขวา) กราฟแสดงพลังงานที่ใช้ ความเย็น อัตราการไหล



รูปที่ 6.46 ชุดส่งสัญญาณและ Sensor ตรวจวัด



รูปที่ 6.47 ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน

วิธีการคำนวณผลประหยัด

การวิเคราะห์ผลประหยัดที่เกิดขึ้น ตรวจสอบได้จากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน Chiller ก่อนและหลัง
ดำเนินการปรับปรุงหักลบด้วยผลประหยัดที่เกิดจากการเปลี่ยน Thermostat

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง				
1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าใน Chiller	E_b	kWh/เดือน	200,400	ข้อมูลจากโรงพยาบาล
2. ข้อมูลหลังทำการปรับปรุง				
2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าใน Chiller	E_a	kWh/เดือน	170,340	ข้อมูลจากโรงพยาบาล
2.2 ผลประหยัดจากมาตรการเปลี่ยนเทอร์โมสตัท	$E_{save,t}$	kWh/ปี	96,190	
2.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/ kWh	2.90	
3. ผลการประหยัดพลังงาน				
3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = (E_b - E_a) \times 12 - E_{save,t}$	E_s	kWh/ปี	263,808	
3.2 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_f$	S_c	บาท/ปี	765,043.20	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	4,650,000	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	ปี	6.08	

กรณีศึกษาที่ 6.19

การเลือกเดินเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท คิงส์แพค อินดัสเทรียล จำกัด

สถานที่ตั้ง : 333 ม.4 ต.หนองไม้แดง

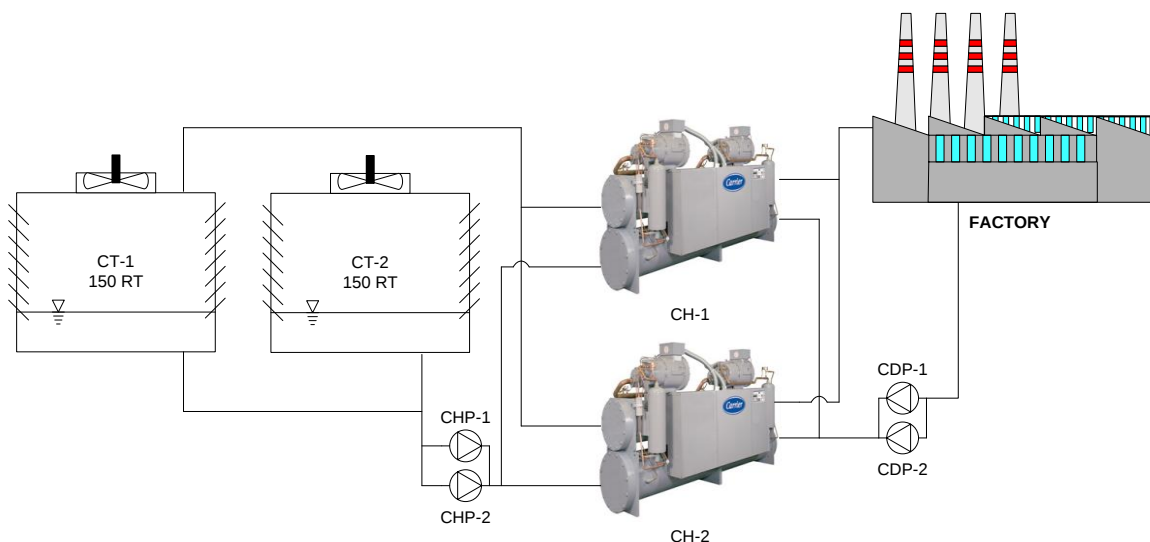
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20000



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ระบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 130 TR จำนวน 2 ชุด เปิดใช้ครั้งละ 1 ชุด ทำงานร่วมกับหอระบายความร้อนขนาด 150 RT จำนวน 2 ชุด เปิดใช้งานทั้ง 2 ชุด ตลอดเวลาเปิดใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี

ผังการทำงาน (Flow Chart Diagram)



รูปที่ 6.48 แผนผังการทำงานของระบบทำน้ำเย็น

จากการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นพบว่าสามารถใช้งานได้เพียง 1 เครื่องเท่านั้น เนื่องจากชำรุดในส่วนควบคุมการทำงานไม่สามารถเดินเครื่องได้ โดยเครื่อง No.1 ที่ทำงานมีภาระการทำงานอยู่ที่ 80-90 TR ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นมีค่า 0.983 kW/TR ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานจากผู้ผลิตเครื่องมาก ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าสูง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อหาศักยภาพในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อการเดินเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพ (kW/TR) สูงเป็นหลัก หรือเพื่อการเปลี่ยนไปใช้เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง (kW/TR) และเพื่อประกอบการวิเคราะห์หาผลประโยชน์ เงินลงทุน และระยะเวลาคืนทุนตามมาตรการต่าง ๆ

การเดินเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพ (kW/TR) สูงเป็นหลัก เครื่องทำน้ำเย็นเมื่อมีการใช้งานไประยะหนึ่งประสิทธิภาพของเครื่องจะลดต่ำลง ซึ่งแต่ละเครื่องจะมีประสิทธิภาพไม่เท่ากันสถานประกอบการส่วนใหญ่จะติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นหลายชุดเพื่อสลับการเดินโดยไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละชุด ดังนั้นช่วงเวลาใดที่เดินชุดที่มีประสิทธิภาพต่ำอาจเกิดปัญหาความเย็นไม่เพียงพอกับการใช้งานและมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ดังนั้นควรจะมีการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพ kW/TR ของเครื่องทำน้ำเย็นอย่างน้อยทุกๆ 6 เดือน เพื่อจัดทำแผนการเดินเครื่องทำน้ำเย็นให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยการเดินใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพเป็นหลักและลดการเดินเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพต่ำลง ทั้งนี้ก่อนจัดการเดินใหม่ต้องปรับปรุงเครื่องให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ที่สุดก่อน

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

1. ดำเนินการซ่อมเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 2 ที่ชำรุดให้สามารถใช้งานได้
2. ตรวจสอบและเปรียบเทียบได้ว่าเครื่องใดที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง เพื่อนำไปสู่การเลือกเดินเครื่องชุดที่มีประสิทธิภาพสูงและปรับปรุงเครื่องที่มีต่ำกว่าให้สูงขึ้น จะช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตน้ำเย็นลงได้

การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

Specification

Carrier		No.01	No.02
Model		30HXC-161R	30HXC-161R
Capacity	TR	155	155
Cooling Type		Water Cooled	Water Cooled
Cond Flow	GPM	465	465
Evap Flow	GPM	372	372

Inspection

Power	kW	80.70	ชำรุด
Water Flow	GPM	304	
Chiller water temp			
In	F	55.58	
Out	F	48.74	
Diff Temp	F	6.84	
Cooling Capacity	TR	86.64	

Performance	kW/TR	0.931	0.000
	STD	0.722	0.722

หมายเหตุ คอมเพรสเซอร์ทำงาน 1 ชุด ตลอดเวลา



ภาพการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

รูปที่ 6.49 การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการปรับปรุงดังนี้

1. ดำเนินการซ่อมเครื่องทำน้ำเย็น No.2 ที่ชำรุดในส่วนของแผงควบคุมให้เดินเครื่องได้ โดยใช้งบดำเนินการประมาณ 45,000 บาท
2. ตรวจสอบและเปรียบเทียบเครื่องทำน้ำเย็นพบว่าหลังดำเนินการซ่อมแซมเครื่อง No.2 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่อง No.1

<u>Inspection</u>			
Power	kW	80.70	72.3
Water Flow	GPM	304	304
Chiller water temp			
In	F	55.58	55.2
Out	F	48.74	47.9
Diff Temp	F	6.84	7.3
Cooling Capacity	TR	86.64	92.47
<u>Performance</u>			
	kW/TR	0.931	0.782
	STD	0.722	0.722

วิธีการคำนวณผลประหยัด

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องทำน้ำเย็น No.1	η_1	%	93.1	จากโรงงาน
ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องทำน้ำเย็น No.2	η_2	%	78.2	จากโรงงาน
ภาระการทำความเย็นเฉลี่ย	CL	TR/เครื่อง	89.56	
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	h	ชั่วโมงต่อวัน	8	
จำนวนวันทำงานต่อปี	D	วันต่อปี	300	
การทำงานของคอมเพรสเซอร์	OF	%	100	
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/ปี	3.18	
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง $= \eta_1 \times CL \times h \times D \times OF$	E_b	kWh/y	200,112.86	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง $= \eta_2 \times CL \times h \times D \times OF$	E_a	kWh/y	168,086.21	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง $= E_b - E_a$	E_{save}	kWh/y	32,026.65	
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ $= E_{save} \times C_f$	S_c	บาท/ปี	101,844.75	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการ	C	บาท	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	-	

กรณีศึกษาที่ 6.20

การติดตั้ง VSD เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั้มน้ำหล่อเย็น

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 202 หมู่ที่ 1 ถนน สุขสวัสดิ์ ต.ปากคลองบางปลากด

อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ 10290



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

เนื่องจากขนาดของปั้มน้ำหล่อเย็นเพื่อจ่ายให้กับกระบวนการผลิตของโรงงานมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ส่งผลให้มีปริมาณน้ำหล่อเย็นมากเกินความต้องการ เดิมทางโรงงานได้ใช้วิธีควบคุมอัตราการไหลและแรงดันให้ได้ตามความต้องการโดยใช้ Electronic valve ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะเป็นสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ เนื่องจากการหรีวาล์วเพื่อลดปริมาณน้ำลงจากที่ออกแบบไว้ 7% จะลดปริมาณไฟฟ้าได้เพียง 5% จากการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับมอเตอร์ปั้มน้ำหล่อเย็นของโรงงานเท่ากับ 280 kW

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable speed drive: VSD) เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสถานะของโหลด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบปั้มน้ำ พัดลม และระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

VSD สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์จากเดิมซึ่งคงที่เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมตามความต้องการใช้งาน ทั้งมอเตอร์ ปั้มน้ำ และพัดลมดังนั้นจึงช่วยให้ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามความจำเป็นของโหลด

โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับพลังงาน ดังนี้

- * Flow มีค่าแปรผันตามความเร็วรอบ (Speed หรือค่า n) ; $Q_1/Q_2 = N_1 / N_2$
- * แรงดัน (Pressure) มีความสัมพันธ์ยกกำลังสองของความเร็วรอบ (n^2) ; $P_1 / P_2 = (N_1 / N_2)^2$
- * และพลังงาน = ความเร็วรอบยกกำลังสาม (n^3) ; $HP_1 / HP_2 = (N_1 / N_2)^3$

นั่นคือ Flow / Speed (n) = Pressure (n^2) = Power (n^3)

VSD จะเหมาะสมกับสถานะงานที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดเวลา ส่วนในกรณีที่ภาระงานไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เราจะใช้ VSD สำหรับลดการ Oversize ของการออกแบบขนาดมอเตอร์

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

แก้ไขโดยการติดตั้ง VSD ที่ปั้มน้ำหล่อเย็นเพื่อปรับลดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตของโรงงาน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์และอัตราการของน้ำจากกราฟความสัมพันธ์
2. วัดอัตราการไหลของน้ำที่ต้องการจริงในกระบวนการผลิต
3. ประเมินผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากความสัมพันธ์ $HP_1 / HP_2 = (Q_1 / Q_2)^3$

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 6.50 มอเตอร์ที่ใช้ในการขับน้ำหล่อเย็นเพื่อระบายความร้อนให้ส่วนการผลิต



รูปที่ 6.51 การติดตั้ง VSD ของทางโรงงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน	h	ชั่วโมง/วัน	24	จากการทำงานจริง
1.2 จำนวนวันทำงานต่อปี	D	วัน/ปี	358	จากการทำงานจริง
1.3 ค่าไฟฟ้า	C_f	บาท/kWh	2.36	จากการทำงานจริง
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ก่อนติดตั้ง VSD	E_b	kW	280	ข้อมูลการตรวจวัด
2.2 ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์หลังติดตั้ง VSD	E_a	kW	181	จากตารางไอน้ำ
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $(E_b - E_a) \times h \times D = (280 - 181) \times 24 \times 358$	E_s	kWh	850,600	
3.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด $E_s \times C_f$	S_c	บาท/ปี	2,007,434.88	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ลงทุนติดตั้ง VSD	C	บาท	1,700,000.00	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	0.846	

กรณีศึกษาที่ 6.21

การปรับปรุงระบบท่อเครื่องสูบน้ำเพื่อแก้ไขการลัดวงจรของน้ำ

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท: บริษัท อาหารสากล จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง: 469/1 หมู่ 3 ถนนพระประโทน-บ้านแพ้ว

ต.ดอนยาหอม อ.เมือง จ.นครปฐม 73000



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตอาหารกระป๋อง ซึ่งจะมีการใช้น้ำปริมาณมากจึงมีเครื่องสูบน้ำและระบบกรองต่างๆ หลาก
วงจรมากเช่นกัน การใช้งานประมาณวันละ 12 ชั่วโมง 300 วันต่อปี ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยวันละ 3.30 บาท

วงจรของระบบน้ำจากถังเก็บน้ำดิบผ่านกรองสู่ถังเก็บน้ำกรอง ติดตั้งเครื่องสูบน้ำจำนวน 2 ชุดทำงาน
ครั้งละ 1 ชุด ซึ่งด้านทางออกของเครื่องสูบน้ำทั้ง 2 ชุดไม่มีการติดตั้งวาล์วกันกลับ (Check valve) และไม่เคยได้ใช้
วาล์วที่ติดตั้งอยู่ในการเปิดปิดเลย ทำให้วาล์วดังกล่าวไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้เกิดการลัดวงจรของน้ำบางส่วน
จากด้าน Discharge กลับไปยังด้าน Suction ของเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน



รูปที่ 6.52 สภาพของวาล์วก่อนดำเนินการปรับปรุง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การลัดวงจรของน้ำบางส่วนทางด้าน Discharge ย้อนไปยังด้าน Suction โดยผ่านทางเครื่องสูบน้ำที่
ไม่ได้ใช้งาน จะทำให้เกิดสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในการปั๊มน้ำโดยเปล่าประโยชน์ เนื่องจากน้ำแรงดันสูงที่ผ่านปั๊ม
ออกไปทางด้าน Discharge แทนที่จะตรงเข้าไปที่ถังกรองทั้งหมด แต่พบว่าบางส่วนไหลย้อนกลับเข้ามา
ทางด้าน Suction ส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าส่วนหนึ่งสิ้นเปลืองไปกับน้ำที่ลัดวงจรที่ไม่ได้ถูกส่งไปยังถังกรอง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ดำเนินการแก้ไขวาล์วของปั๊มทั้งสอง โดยเลือกแก้ไขวาล์วทางด้าน Suction ให้สามารถเปิด-ปิดตัวที่ใช้
งานได้และเลือกวาล์วที่เป็นปีกผีเสื้อแบบมีก้านให้เห็นการใช้งานชัดเจน และได้แนะนำให้ความรู้กับ
ผู้ปฏิบัติงานในเรื่องการใช้งานและการตรวจสอบอย่างถูกต้องในการเดินเครื่องสูบน้ำชุดใดชุดหนึ่งในระบบที่มี
เครื่องสูบลหลายชุด โดยมีปริมาณการใช้งานในระบบเดือนละ 9,500 ลูกบาศก์เมตร

ผลการตรวจวัดก่อนดำเนินการปรับปรุง

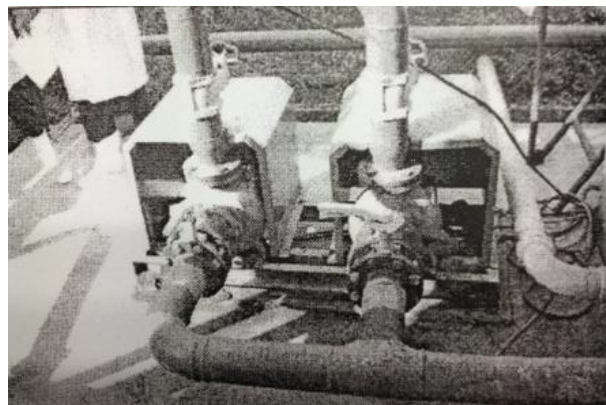
No.	Power (kW)	Flow (L/min)	Power/Flow (kW/ L/min)
P1	3.56	1,012	0.0035
P2	4.17	1,043	0.0040
Total/Average	7.73	2,055	0.0035

สภาพหลังปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงโดยการแก้ไขวาล์วของปั๊มทั้งสอง พบว่า ดัชนีการใช้พลังงานของชุดปั๊มทั้งสองมี
ค่าลดลงจากเดิมประมาณ 23.68%

ผลการตรวจวัดหลังดำเนินการปรับปรุง

No.	Power (kW)	Flow (L/min)	Power/Flow (kW/ L/min)
P1	3.61	1,365	0.0026
P2	4.24	1,384	0.0031
Total/Average	7.85	2,749	0.0029



รูปที่ 6.53 สภาพของวาล์วหลังดำเนินการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลประหยัด

จากผลการตรวจสอบข้อมูลดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของปีก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง พบข้อมูลสำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง				
1.1 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	E_c	฿/kWh	3.30	จากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า
1.2 ชั่วโมงการใช้งานต่อปี	h	h/y	4,800	จากการใช้งานจริง
1.3 ปริมาณการสูบน้ำ	Q	m^3/y	114,000	ข้อมูลโรงงาน
1.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	C_i	฿	3,000	
2. ข้อมูลจากการตรวจวัด				
2.1 อัตราการไหลก่อนปรับปรุง	FL_o	GPM	2,055	ตรวจวัดอัตราไหล(มิเตอร์น้ำ)
2.2 พลังไฟฟ้าเดิม	EL_o	kW	7.73	ตรวจวัดพลังไฟฟ้า
2.3 อัตราการไหลหลังการปรับปรุง	FL_n	GPM	2,749	ตรวจวัดอัตราไหล(มิเตอร์น้ำ)
2.4 พลังไฟฟ้าใหม่	EL_n	kW	7.85	ตรวจวัดพลังไฟฟ้า
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 ดัชนีการใช้พลังงานของปั๊มชุดเดิม $SEC_o = EL_o/FL_o$	SEC_o	kW/L/min	0.0038	
3.2 ดัชนีการใช้พลังงานของปั๊มชุดเดิม $SEC_n = EL_n/FL_n$	SEC_n	kW/L/min	0.0029	
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_s = (SEC_o - SEC_n) \times 1,000/60 \times Q$	E_s	kWh/y	1,710	
3.4 ค่าไฟฟ้าที่ลดลง $S_c = E_s \times E_c$	S_c	฿/y	5,643.00	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	C	บาท	3,000.00	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	ปี	0.53	

กรณีศึกษาที่ 6.22 การเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูงที่ Cooling Tower

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยเอ็มเอ็มเอ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 271 ถ.สุขุมวิท ต.มาบตาพุด อ.เมือง

จ.ระยอง 21150



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ใบพัดเดิมที่ใช้ในหอหล่อเย็น (Z-8100A) เป็นประเภท Fiber glass fan ที่มีอายุการใช้งานมานาน และประสิทธิภาพต่ำ เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีของใบพัดที่มีการพัฒนาในปัจจุบัน จึงมีแนวคิดในการเปลี่ยนใบพัดที่มีประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้มอเตอร์ของ Cooling tower มีขนาด 300 hp ทำงานวันละ 24 ชั่วโมง ปีละ 360 วัน

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์ของในการทำงานของพัดลมในหอหล่อเย็น คือ การทำให้อากาศจำนวนหนึ่งเคลื่อนที่ผ่านระบบโดยพัดลมจะต้องเอาชนะแรงต้านทานของระบบให้ได้ ซึ่งก็คือการสูญเสียแรงดันในการเคลื่อนย้ายอากาศนั่นเอง ผลผลิตหรือผลการทำงานของพัดลมก็คือ ผลผลิตของอากาศไหลและแรงดันที่สูญเสีย ผลผลิตของพัดลมและกำลังไฟฟ้า kW ที่ใส่เข้าไปนั้น ก็จะเป็นตัวกำหนดค่าประสิทธิภาพของพัดลม

ประสิทธิภาพของพัดลมนั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของใบพัดอย่างมาก โดยใบพัดจะรวมถึง

- ใบพัดโลหะ ซึ่งผลิตขึ้นโดยกระบวนการอัดรีด หรือการหล่อ เพราะฉะนั้นจึงเป็นการยากที่จะผลิตใบพัดที่มีลักษณะถูกต้องตามหลักของอากาศพลศาสตร์ได้
- ใบพัดพลาสติกเสริมใยแก้ว (FRP) ถูกทำขึ้นโดยการพิมพ์แบบด้วยมือ ซึ่งก็จะง่ายต่อการผลิตให้ตรงกับรูปแบบตามหลักอากาศพลศาสตร์ได้มากที่สุด สำหรับการใช้งานเฉพาะอย่าง เพราะว่า FRP มีน้ำหนักเบาและต้องการแรงบิดเริ่มต้นน้อย และใช้มอเตอร์ที่มีแรงม้าต่ำตลอดจนมีอายุการใช้งานของกล่องเกียร์ มอเตอร์ และลูกปืน ที่ยาวนานขึ้นการบำรุงรักษาจึงทำได้ง่ายกว่า

พัดลมสามารถมีประสิทธิภาพสูงได้ถึง 85-92 % โดยการทำให้มีใบพัดที่มีลักษณะรูปร่างถูกต้องตามหลักของอากาศพลศาสตร์มีแรงบิดได้สูงสุด มีรูปร่างสอบและมีค่าอัตราส่วนของสัมประสิทธิ์ในการยกตัวต่อค่าสัมประสิทธิ์ของแรงกดสูง อย่างไรก็ตาม ค่าประสิทธิภาพนี้จะได้รับผลกระทบมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะห่างของปลายใบพัด สิ่งกีดขวางการไหลของอากาศและรูปร่างของช่องทางเข้า ฯลฯ มีหลายกรณีที่ใช้ใบพัดโลหะหรือใบพัด FRP แบบกลางที่มีประสิทธิภาพ ผลที่ได้ก็คือ การประหยัดพลังงานได้ถึง 20-30 % และถึงจุดคุ้มทุนได้ภายในระยะเวลา 6 ถึง 7 เดือน (NPC)

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

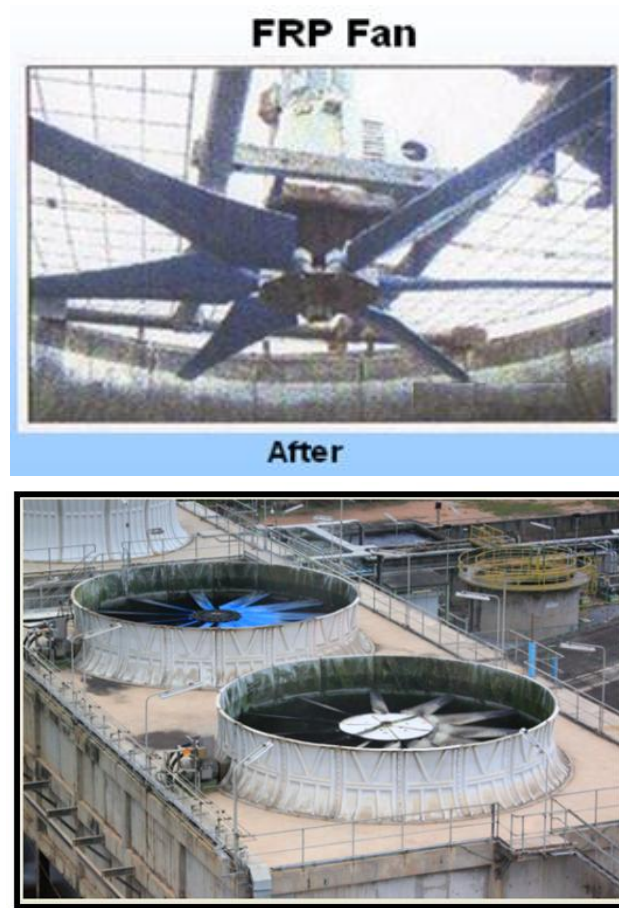
ดำเนินการเปลี่ยนใบพัดของพัดลมของหอหล่อเย็นจากเดิม เป็นใบพัดที่มีประสิทธิภาพสูง



รูปที่ 6.54 ใบพัด Cooling tower (ก่อนดำเนินการปรับปรุง)

สภาพหลังปรับปรุง

หลังดำเนินการเปลี่ยนใบพัดของ Cooling tower (Z-8100A) จากเดิมเป็น Fiber glass เป็นประเภท F.R.P (Fiber reinforced polymer) ซึ่งมีน้ำหนักเบาและทนการกัดกร่อน ไม่เป็นสนิม ช่วยทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าใน Cooling tower (Z-8100A) ได้มากกว่า 10% และให้อัตราการไหลของอากาศมากกว่าเดิมตามผลการตรวจวัดจริง



รูปที่ 6. 55 ใบพัด Cooling tower (หลังดำเนินการปรับปรุง)

วิธีการคำนวณผลประโยชน์

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
ก่อนดำเนินการปรับปรุง				
1.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ Cooling tower	P_b	kW	198.9	จากการตรวจวัด
1.2 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	h	ชั่วโมง/วัน	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 จำนวนวันทำงานต่อปี	D	วัน/ปี	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 Operating factor	OF	%	94.5	
1.5 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/kWh	2.80	
หลังดำเนินการปรับปรุง				
1.6 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ Cooling tower	P_a	kW	165	จากการตรวจวัด
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $(P_b - P_a) \times h \times D \times OF$	E_{save}	kWh/ปี	280,692.00	
2.2 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{save} \times C_f$	S_c	บาท/ปี	785,938.00	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	745,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	0.95	

Result of Fan Blade for Cooling Fan Z-8100A

ENCON			
28 / 5, SHIVORIPA, N. G. KELKAR ROAD, GADAR (WEST), MUMBAI - 400 028. TEL NOS. : 3437 2949 / 3438 8879 / 3431 4638 & FAX NOS. : 3431 0992 / 34321929. E-mail : enconindia@vsnl.com			
PERFORMANCE TEST REPORT OF AXIAL FLOW FAN			
CLIENT : <u>Thai MMA Co. Ltd. (Rayong)</u>			
DATE : <u>8/10/2010</u>		DATE : <u>21/01/2010</u>	
GRP / METALLIC FAN		FRP FAN	
Application : <u>CITAM</u>	Location : <u>Cell #A</u>	Application : <u>CITAM</u>	Location : <u>Cell #A</u>
Make : <u>ENCON</u>	Model No. : <u>00001-1</u>	Make : <u>ENCON</u>	Model No. : <u>00001-1</u>
Fan Diameter : <u>10 inch</u>	Fan RPM : <u>182.6</u>	Fan Diameter : <u>10 inch</u>	Fan RPM : <u>182.6</u>
Blade Angle : <u>16.7 deg</u>	Airflow CMH : <u>15,138.36</u>	Blade Angle : <u>16.7 deg</u>	Airflow CMH : <u>15,138.36</u>
Quantity : <u>1.10</u>	NO. of Blade : <u>12</u>	Quantity : <u>1.10</u>	NO. of Blade : <u>12</u>
DETAILS OF AIRFLOW (AS PER CIL CODE)		DETAILS OF AIRFLOW (AS PER CIL CODE)	
Suction Area : <u>—</u>	Discharge Area : <u>85.02 m²</u>	Suction Area : <u>—</u>	Discharge Area : <u>85.02 m²</u>
Hub Area : <u>2.14 m²</u>	Traverse Area : <u>9.073 m²</u>	Hub Area : <u>2.59 m²</u>	Traverse Area : <u>9.53 m²</u>
Avg. Air Velocity : <u>9.465 m/sec</u>		Avg. Air Velocity : <u>11.935 m/sec</u>	
ANEMOMETER READINGS IN MSEC.		ANEMOMETER READINGS IN MSEC.	
I	II	I	II
5.9	4.5	4.7	2.0
8.2	11.7	11.5	6.4
14.7	14.0	12.9	11.0
14.5	16.9	12.2	11.1
4.3	2.3	2.8	6.7
DETAILS OF ENERGY CONSUMPTION		DETAILS OF ENERGY CONSUMPTION	
RATED	ACTUAL	RATED	ACTUAL
Motor Power : <u>300 HP</u>	Motor Power : <u>198.9 kW</u>	Motor Power : <u>300 HP</u>	Motor Power : <u>165 kW</u>
Voltage : <u>—</u>	Voltage : <u>377.1 V</u>	Voltage : <u>—</u>	Voltage : <u>377.7 V</u>
Amps : <u>—</u>	Amps : <u>555.7</u>	Amps : <u>—</u>	Amps : <u>510.6</u>
Power Factor : <u>—</u>	Power Factor : <u>0.917</u>	Power Factor : <u>—</u>	Power Factor : <u>0.987</u>
Frequency : <u>—</u>	Frequency : <u>60.0 Hz</u>	Frequency : <u>—</u>	Frequency : <u>50.1</u>
REMARKS :			
% Saving in Power : <u>17.04%</u>			
% Increase in Airflow : <u>25.40%</u>			
For ENCON : <u>(Signature)</u> (Manish Daul) (President)		For Thai MMA Co. Ltd : <u>(Signature)</u> Thanasak S.	

รูปที่ 6.56 Performance test report of axial flow fan

กรณีศึกษาที่ 6.23

การใช้น้ำควบแน่นจากคอยล์เย็นช่วยระบายความร้อน

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยอกริฟูดส์ จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง: 155/1 ม.1 ถ.เทพารักษ์ ต.บางเสาธง
กิ่งอำเภอบางเสาธง จ.สมุทรปราการ
10540



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบ Package ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จากการสำรวจของโรงงานพบว่าอากาศระบายความร้อนมีอุณหภูมิสูงและทำให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูงในการทำงาน อีกทั้งสถานที่ติดตั้งชุดคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศหลายเครื่องอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน โรงงานจึงเกิดแนวคิดในการดัดแปลงติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นที่ออกจากชุดคอยล์ร้อนกับน้ำควบแน่นอุณหภูมิต่ำที่เกิดขึ้นในชุดคอยล์เย็น ในระหว่างที่เครื่องปรับอากาศทำงาน เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์ลงเนื่องจากการระบายความร้อนดีขึ้น

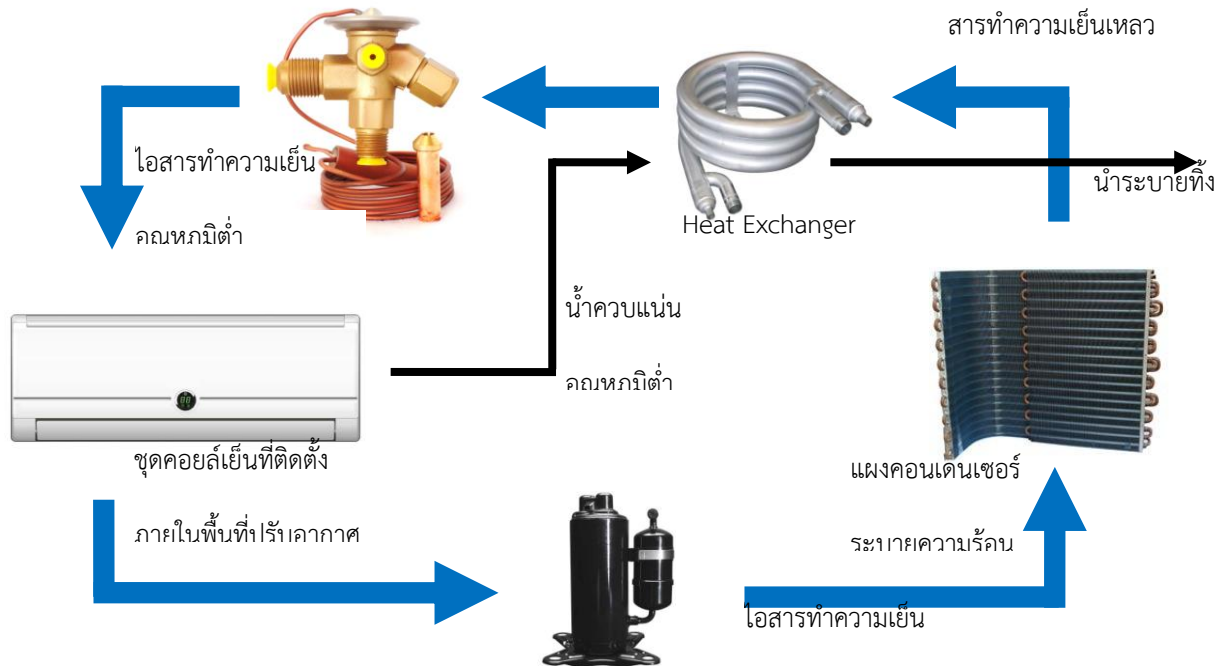
หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศมีความสามารถจำกัดในการระบายความร้อน เพราะสามารถระบายความร้อนได้เพียงความร้อนสัมผัสเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถลดความดันด้าน Discharge ของคอมเพรสเซอร์ได้มาก การนำน้ำควบแน่นจากชุดคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศมาช่วยระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ส่งผลให้ความดันด้าน Discharge ของคอมเพรสเซอร์ลดลง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงได้

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ปกติความร้อนจากสารทำความเย็นจะระบายออกสู่บรรยากาศที่คอมเพรสเซอร์ ดังนั้นอุณหภูมิอากาศบริเวณโดยรอบที่ติดตั้งคอนเดนเซอร์จึงมีความสำคัญต่อการใช้พลังงานอุณหภูมิอากาศที่ต่ำทำให้ประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้นเนื่องจากสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีและจากแนวคิดของโรงงานที่จะนำน้ำควบแน่นจากคอยล์เย็นมาช่วยในการระบายความร้อน โดยแสดงโครงสร้างของระบบให้เห็นดังรูปที่ 6.57 สารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์มีอุณหภูมิและความดันสูง ส่งไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อน ทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากก๊าซกลายเป็นของเหลว ทั้งนี้สารทำความเย็นที่ผ่านจากคอนเดนเซอร์ ยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่จะผ่านเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีลักษณะเป็นท่อสองชั้น โดยชั้นในที่มีขนาดเล็กจะมีสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ไหลผ่าน และชั้นนอกที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีน้ำควบแน่นอุณหภูมิต่ำจาก

ชุดคอยล์เย็นที่ติดตั้งอยู่ภายในพื้นที่ปรับอากาศไหลผ่าน ทำให้เกิดการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นที่ยังมีอุณหภูมิสูงให้กับน้ำควบแน่นอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 6.57 ระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ น้ำควบแน่นจากคอยล์เย็นช่วยระบายความร้อน

สภาพหลังปรับปรุง

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้ทำการติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไปในระบบ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 6.50 ท่อทางด้านขวาคือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยเส้นในของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีสารทำความเย็นไหลผ่าน และช่องว่างระหว่างท่อเส้นในกับเปลือกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีน้ำควบแน่นที่ถูกส่งมาจากชุดคอยล์เย็นด้วยท่อ PVC สีฟ้าไหลผ่าน



รูปที่ 6.58 ท่อสารทำความเย็นที่ดัดแปลงให้สามารถใช้ น้ำควบแน่นจากคอยล์เย็นช่วยระบายความร้อนได้

ผลจากการปรับปรุงท่อสารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์ร้อน และท่อน้ำจากคอยล์เย็นใช้ช่วยระบายความร้อนจากสารทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศสามารถช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงเป็นผลให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานลดลง และทำความเย็นให้กับพื้นที่ปรับอากาศได้ดีมากยิ่งขึ้น

วิธีการคำนวณผลประหยัด

ผลจากการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งเพิ่มเติมเข้าในระบบ ทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นลดต่ำลงกว่าปกติ ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยพบว่ากระแสที่เครื่องคอมเพรสเซอร์ใช้ ลดลง 2 แอมป์ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบ Package ลดลง ก่อให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงาน

จากการตรวจสอบข้อมูลก่อนดำเนินการตามมาตรการพบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	h	h/d	8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงานต่อปี	d	d/y	240	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C	บาท/kWh	2.82	ข้อมูลจากโรงงาน
2. ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด				
(ก่อนดำเนินการปรับปรุง)				
2.1 แรงดันไฟฟ้า	V	Volt	380	
2.2 กระแสไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	I _b	Amp	16	
2.3 Power Factor	PF	-	0.85	
2.4 กระแสไฟฟ้าหลังปรับปรุง	I _a	Amp	14	
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
1.1 กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง $P_b = \sqrt{3} \times 380 \times I_b \times PF$	P _b	kW	8.952	
3.2 กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง $P_a = \sqrt{3} \times 380 \times I_a \times PF$	P _a	kW	7.832	
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = (P_b - P_a) \times h \times d$	E _s	kWh/ปี	2,150	
3.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C$	S _c	บาท/ปี	6,060	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการ	C	บาท	2,500	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน = C / S _c	PB	ปี	0.41	

กรณีศึกษาที่ 6.24 การปรับลดความดันอากาศอัด จาก 8 บาร์ เหลือ 4 บาร์

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท เซ้าท์ ซิตี้ ปีโตรเคมี จำกัด

สถานที่ตั้ง : 99/1 หมู่.8 ถ.หลวงสาย 3191

มาบข่า นิคมพัฒนา ระยอง 21180



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

บริษัท เซ้าท์ ซิตี้ ปีโตรเคมี จำกัด ติดตั้งเครื่องอัดอากาศทั้งหมด 2 เครื่อง ขนาด 22 kW สลับกันเปิดใช้งาน จากการตรวจสอบระบบอากาศอัดภายในโรงงานพบว่าการตั้งความดันไว้ที่ 8 บาร์ ซึ่งสูงกว่าค่าที่อุปกรณ์เครื่องจักรที่ต้องมาก จากการสำรวจอุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้ความดันสูงที่สุดอยู่ที่ 3.5 บาร์ เท่านั้น จึงเห็นควรปรับลดค่าแรงดันลมอัดที่ตั้งไว้จากเดิม 8 บาร์ เป็น 4 บาร์



รูปที่ 6.59 ห้องเครื่องอัดอากาศก่อนปรับปรุง

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

ทั่วไปแล้วทางโรงงานมักจะเข้าใจผิดว่า การผลิตแรงดันอากาศอัดที่ความดันสูง ๆ แล้วให้เครื่องหยุดพักในลักษณะแบบไร้อโหลด (Unload) จะทำให้เครื่องได้หยุดพัก เครื่องก็จะใช้พลังงานน้อยลง ซึ่งก็เป็นความจริงแต่หากทบทวนทวนสักนิดว่า เครื่องอัดอากาศที่ทำงานในลักษณะไร้อโหลด (Unload) เป็นการที่มอเตอร์กินไฟแต่ไม่ได้จ่ายอากาศอัดออกมา เราก็คงคิดได้ว่าเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดมีความต้องการอากาศอัดที่ความแรงดันประมาณ 4-5 บาร์ เท่านั้น หากอุปกรณ์ใดมีการใช้อากาศอัดที่ความดันสูงกว่านี้จะถูกจัดไว้เป็นอุปกรณ์พิเศษ ควรจะแยก ระบบ ออกไปหรือใช้ บูสเตอร์เพรสเชอร์ (Booster Pressure) เพื่อเพิ่มแรงดันอากาศอัดเฉพาะเป็นจุด ๆ ไม่ควรผลิต อากาศอัดที่แรงดันสูง เพื่อรองรับอุปกรณ์ที่ใช้ความดันพิเศษเพียงบางจุด เนื่องจากการผลิตอากาศอัดที่แรงดัน สูงกว่าการใช้งานหากมีการรั่วไหลย่อมมีการรั่วไหลได้มากกว่าเช่นกัน ประกอบกับเครื่องอัดอากาศจะต้องใช้ กำลังในการผลิตอากาศอัดที่สูงตามไปด้วย

ประโยชน์ของการลดแรงดัน

1. ช่วยลดการใช้พลังงานในการผลิตอากาศอัด เนื่องจากการผลิตอากาศอัดที่แรงดันสูงย่อมต้อง ใช้พลังงานสูงตาม โดยทั่วไปแล้วการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลง 1 bar จะสามารถลด การใช้พลังงานลงได้ 7.25% หรือลดแรงดันอากาศอัดจากเครื่องผลิตลงทุก ๆ 2 psi จะ ประหยัดพลังงานได้ 1 % สำหรับสำหรับเครื่องอัดอากาศ ชนิดโรตารี และแบบเทอร์โบ
2. ช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหลของอากาศอัด เนื่องจากแรงดันอากาศอัดสูงย่อม รั่วไหล ปริมาณที่สูงตามไปด้วย
3. ช่วยลดการใช้อุปกรณ์ปรับลดแรงดันก่อนการใช้งาน กรณีแรงดันสูงกว่าความต้องการ
4. เมื่อลดแรงดันในการผลิตส่งผลให้เครื่องอัดอากาศสามารถผลิตอากาศอัดได้มากขึ้น นั่นคือ ปริมาณอากาศได้เพิ่มมากขึ้น ณ.ที่เวลาทำงานเท่ากัน

ขั้นตอนการลดแรงดันในการผลิต

1. สำรวจการใช้แรงดันอากาศอัดทุก ๆ จุดที่มักเกิดปัญหา เมื่อแรงดันตก เพื่อทำการแก้ไข
2. สำรวจความต้องการแรงดันอากาศอัดของเครื่องจักรว่าต้องการแรงดันเท่าไร เพื่อใช้เทียบกับการผลิต
3. สำรวจรอยรั่วไหลของอากาศอัด แล้วทำการอุดรอยรั่วไหลทั้งหมด เพื่อลดปัญหาแรงดันตก
4. การปรับลดแรงดันควรเป็นแบบลักษณะค่อยๆลด เช่น ลดจาก 7.5 บาร์ มาที่ 7 บาร์ โดย พยายามปรับลดลงคราวละประมาณ 0.5 บาร์ หรือน้อยกว่านี้ถ้าเครื่องอัดอากาศสามารถ ปรับได้

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปรับลดค่าแรงดันลมอัดที่ตั้งไว้จากเดิม 8 บาร์ เป็น 4 บาร์ โดยดำเนินการ ซ่อมแซมสำรวจจุดลมอัดรั่วไหลทั้งหมดในโรงงานจากนั้นจึงค่อย ๆ ทำการปรับตั้งค่าความดันด้านขาออกโดย การปรับลดลงคราวละประมาณ 0.5 บาร์

สภาพหลังปรับปรุง

ภายหลังดำเนินการปรับลดแรงดันในการผลิตพบว่าเครื่องอัดอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงและไม่ ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตภายในโรงงาน

วิธีการคำนวณผลประหยัด

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องอัดอากาศต่อปี	h	ชั่วโมง/ปี	8,760	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 เวลาการเดินเครื่องใน 1 Cycle หรือช่วง Load	T_L	วินาที	120	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 เวลาการหยุดเครื่องใน 1 Cycle หรือช่วง Unload	T_U	วินาที	60	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่าคงที่ของอากาศ	R	kJ/kg.K	0.2871	
1.5 ค่าคงที่	n		1.3	
1.6 อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัด	T_i	K	307.6	จากการตรวจวัด
1.7 ความดันอากาศเข้าเครื่องอัด	P_i	kPa	101.33	
1.8 ความดันอากาศออกจากเครื่องอัดเดิม	P_o	bar	8	
		kPa	800	
1.9 ความดันอากาศออกจากเครื่องอัดใหม่	P_{on}	bar	4	
		kPa	400	
1.10 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ช่วงอัด (Load)	E_i	kW	19.5	
1.11 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	บาท/kWh	3.19	ข้อมูลจากโรงงาน
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศก่อนลดความดัน $n/(n-1) \times R \times T_i \times ((P_o/P_i))^{n-1/n} - 1$	W_i	kJ/kg	233.80	
2.2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศหลังลดความดัน $n/(n-1) \times R \times T_i \times ((P_{on}/P_i))^{n-1/n} - 1$	W_{in}	kJ/kg	142.67	
2.3 % พลังงานในการอัดที่ลดลง $((W_i - W_{in})/W_i) \times 100$	W_s	%	38.98	
2.4 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศก่อนลดความดัน $= E_i \times h \times (T_L/T_L + T_U)$	E_o	kWh/y	113,880.00	
2.5 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= E_o \times (W_s/100)$	E_{save}	kWh/ปี	44,387.00	
2.6 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{save} \times C_e$	S_c	บาท/ปี	141,594.53	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	-	

กรณีศึกษาที่ 6.25

การลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : หจก.ป.สยามอุตสาหกรรมยาง จำกัด

สถานที่ตั้ง : 9 หมู่ 3 ถ.เศรษฐกิจ 1 ต.อ้อมน้อย

อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ปัจจุบันในโรงงานมีเครื่องอัดอากาศขนาด 75kW จำนวน 7 เครื่อง Air dryer จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิแวดล้อม 33 องศาเนื่องจากสถานที่ติดตั้งเดิมเป็นที่อับ ไม่มีการถ่ายเทของอากาศทำให้ บริเวณโดยรอบเครื่องอัดอากาศมีอุณหภูมิสูง

รายการเครื่องอัดอากาศในโรงงานประกอบด้วย

1. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 7.0-7.5 bar
2. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 9.5- 10.3 bar
3. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 9.5- 10.3 bar
4. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 7.0-7.5 bar
5. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 7.0-7.5 bar
6. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 7.0-7.5 bar
7. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 7.0-7.5 bar

ผลการตรวจวัด

1. อุณหภูมิอากาศแวดล้อม = 33°C
2. อุณหภูมิอากาศเข้ากรองเครื่องอัดลมภายในเครื่องความดันลมอัด 9.5- 10.3 bar = 50°C,
กำลังไฟฟ้า = 83.3 kW (load ตลอดเวลา)
3. อุณหภูมิอากาศเข้ากรองเครื่องอัดลมภายในเครื่องความดันลมอัด 7.0 -7.5 bar = 38°C,
กำลังไฟฟ้า = 82.9 kW (load ตลอดเวลา)

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

อุณหภูมิของอากาศที่ต่ำย่อมมีความหนาแน่นของอากาศมากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูง นั่นคือเหตุผลที่ทำให้เราต้องพยายามลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ เพราะอากาศที่มีความหนาแน่นมากกว่าเมื่อเครื่องอัดอากาศเข้าไปแล้วย่อมได้มวลอากาศอัดที่มากกว่าเช่นกัน

โดยปกติทางโรงงานจะติดตั้งเครื่องอัดอากาศแบบรวมศูนย์ในห้องหลายๆชุด มีการต่อท่อ Duct ระบายความร้อนที่ออกมาด้านนอกอาคารบ้าง ไม่มีบ้าง ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการระบายความร้อนของระบบอากาศอัดตามมา ทางโรงงานควรพิจารณาในการปรับปรุงระบบระบายความร้อนเพื่อนำความร้อนที่ออกนอกห้องเครื่องอัดอากาศ กรณีที่ยังไม่มีการต่อท่อ Duct ระบายความร้อน หรือ ติดพัดลมดูดอากาศเพิ่มเติมเพื่อดูดอากาศทิ้งตามความเหมาะสม

ผลการศึกษาในการประมาณการตัวเลขผลประหยัดที่ได้จากมาตรการลดอุณหภูมิอากาศอัดก่อนเข้าเครื่องพบว่าหากสามารถลดอุณหภูมิลงได้ทุกๆ 3°C จะสามารถลดการใช้พลังงานในระบบอัดอากาศได้ประมาณ 1%

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ดำเนินการจัดหาบริเวณติดตั้งเครื่องอัดอากาศใหม่เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ซึ่งจะทำให้อากาศมีความหนาแน่นมากขึ้น ปริมาณอากาศอัดที่ได้ต่อหน่วยไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

สภาพหลังปรับปรุง

หลังทำการย้ายเครื่องอัดอากาศไปอยู่ในที่ ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก



รูปที่ 6.60 สถานที่ติดตั้งเครื่องอัดอากาศก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลประหยัด

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 9.5 - 10.3 bar จำนวน 2 เครื่อง				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	E_1	KW	83.30	ตรวจวัดจริง
1.2 ความดันอากาศที่ผลิต	$P_{o,1}$	Bar.a	10.513	จากโรงงาน
1.3 อุณหภูมิอากาศเข้าก่อนปรับปรุง	$T_{i,1}$	K	323.15	ตรวจวัดจริง
1.4 จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน	h	วันต่อปี	24	

1.5 จำนวนวันทำงานต่อปี	D	วันต่อปี	300	
เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 7.0 - 7.5 bar จำนวน 5 เครื่อง				
1.6 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	E_2	kW	82.90	ตรวจวัดจริง
1.7 ความดันอากาศที่ผลิต	$P_{o,2}$	Bar.a	8.013	จากโรงงาน
1.7 อุณหภูมิอากาศเข้าก่อนปรับปรุง	$T_{i,2}$	K	311.15	ตรวจวัดจริง
1.8 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_f	บาท/ปี	3.25	
1.9 จำนวนขั้นตอนการอัด	i		1	
1.10 ค่า Isentropic ของอากาศอัด	k		1.4	
1.11 ความดันสมบูรณ์อากาศด้านขาเข้า	P_1	Bar.a	1.013	
1.12 ความหนาแน่นอากาศ	ρ	Kg/litre	0.01300	
1.13 ค่าคงที่ของอากาศ	R	kJ/kg.K	0.287	
1.14 อุณหภูมิอากาศเข้าหลังปรับปรุง	$T_{i,n}$	K	306.25	
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 9.5 - 10.3 bar จำนวน 2 เครื่อง				
2.1 พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัดก่อนปรับปรุง $(i+k)/(k-1) \times (\rho \times R \times T_{i,1} \times [(P_{o,1}/P_1)^{(k-1/i \times k)} - 1])$	$SEC_{1,b}$	kJ/kg	308.7889	
2.2 พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัดหลังปรับปรุง $(i+k)/(k-1) \times (\rho \times R \times T_{i,n} \times [(P_{o,1}/P_1)^{(k-1/i \times k)} - 1])$	$SEC_{1,a}$	kJ/kg	292.6399	
2.3 SEC ที่ลดลง $(SEC_{1,b} - SEC_{1,a}) \times 100 / SEC_{1,b}$	$SEC_{1,s}$	%	5.2298	
2.4 พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= SEC_{1,s} \times E_1$	$E_{1,s}$	kW	4.3564	
เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาด 100 HP ความดันลมอัด 7.0 - 7.5 bar จำนวน 5 เครื่อง				
2.5 พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัดก่อนปรับปรุง $(i+k)/(k-1) \times (\rho \times R \times T_{i,2} \times [(P_{o,2}/P_1)^{(k-1/i \times k)} - 1])$	$SEC_{2,b}$	kJ/kg	251.7942	
2.6 พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัดหลังปรับปรุง $(i+k)/(k-1) \times (\rho \times R \times T_{i,n} \times [(P_{o,2}/P_1)^{(k-1/i \times k)} - 1])$	$SEC_{2,a}$	kJ/kg	247.8290	
2.7 SEC ที่ลดลง $(SEC_{2,b} - SEC_{2,a}) \times 100 / SEC_{2,b}$	$SEC_{2,s}$	%	1.5748	
2.4 พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= SEC_{2,s} \times E_2$	$E_{2,s}$	kW	1.3055	
2.5 พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= E_{1,s} \times 2 + E_{2,s} \times 5$	E_s	kW	15.25	
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= E_s \times h \times D$	E_{save}	kWh/y	109,800	
2.7 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= E_{save} \times C_f$	S_c	บาท/ปี	356,850	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการ	C	บาท	200,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	0.56	

กรณีศึกษาที่ 6.26 ลดการระบายน้ำทิ้งกันหม้อไอน้ำให้เหมาะสม

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท เอเพ็กซ์ ปิโตรเคมีคอล จำกัด

สถานที่ตั้ง : 14 ถนนสาย 3191 ต.มาบตาพุด

อ.เมือง จ.ระยอง 21150



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในกระบวนการผลิตของโรงงานมีการใช้งานหม้อน้ำแบบท่อไฟ ขนาด 15 Ton/hr จำนวน 1 ชุด ผลิตไอน้ำเพื่อใช้งาน 8 Ton/hr คงที่และต่อเนื่องตลอดเวลาผลิต ด้วยความดันการผลิตไอน้ำ 8.0 Barg เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง 350 วัน/ปี

ในการระบายน้ำทิ้งกันหม้อไอน้ำใช้ระบบควบคุมด้วย Timer ร่วมกับวาล์วควบคุมด้วยลม โดยมีการตั้งเวลาการระบายที่ 3 นาทีต่อครั้งๆ ละ 6 วินาที เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำย้อนหลังที่บันทึกไว้โดยการทดสอบจากห้องทดสอบภายนอกย้อนหลัง 1 ปี พบว่ามีค่าดังตาราง

Item	Unit	Avg			STD	
		soft	boiler	%BD	soft	boiler
pH		9.36	11.49		5.8-9.0	11.0-11.8
Conductivity	us/cm	154.13	2,026.25	7.07%		
TDS	ppm	107.75	1,418.38	7.06%		3,000.00

และจากการเก็บตัวอย่างน้ำมาตรวจวัดพบว่าค่า Conductivity 2,200 microS/cm ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานนั้นหมายถึงการสิ้นเปลืองเนื่องจากการระบายทิ้งมากเกินไป

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การ Blowdown หมายถึง การระบายน้ำที่มีความเข้มข้นของสารละลายของแข็งและอนุภาคต่างๆ เกินกว่าระดับที่เหมาะสม ออกจากหม้อต้มน้ำ (Boiler) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดตะกรัน (Scale formation) ภายในหม้อไอน้ำและระบบท่อ ป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion) เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลาย ป้องกันการปนของน้ำร้อนไปกับไอน้ำ (Carryover) เนื่องจากการเดือดอย่างรุนแรงภายในหม้อไอน้ำเพราะความเข้มข้นของสารละลายที่สูงขึ้น และป้องกันไม่ให้วัสดุที่เกี่ยวข้องสูญเสียสมบัติความเหนียว (Ductility) เกิดการเปราะ (Brittle) ขึ้นกับวัสดุ (Embrittlement) ซึ่งอาจทำให้เกิดการแตกหัก เสียรูปของวัสดุได้

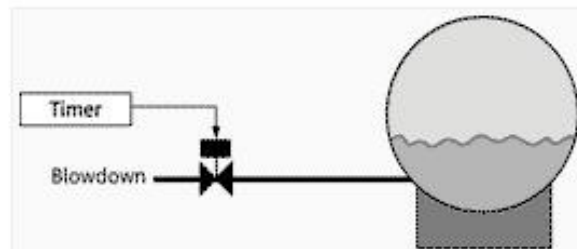
ความเข้มข้นของสาร ละลายที่สูงขึ้นในหม้อไอน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อน้ำเกิดระเหยเป็นไอน้ำไปเรื่อยๆ แต่สารละลายของของแข็งหรืออนุภาคต่าง ๆ ไม่ได้ระเหยไปกับไอน้ำเหล่านั้น เมื่อมีการเติมน้ำทดแทนไอน้ำที่ระเหยไปมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายของของแข็งเพิ่มสูงตลอดเวลา ซึ่งจำเป็นต้องระบายน้ำที่มีความเข้มข้นสูงออกจากหม้อไอน้ำเพื่อกำจัดสาร ละลายเหล่านั้นออกจากระบบหม้อต้มน้ำ

การระบายน้ำออกจากหม้อ ต้มมีอยู่ 2 แบบ สามารถระบายน้ำออกที่ระดับผิวน้ำ หรือ Surface blowdown จะสามารถขจัดตะกอนที่ลอยอยู่ระดับผิวน้ำได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสะสม จึงอาจต้องทำการปล่อยน้ำออกอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่สารแขวนลอย หรือตะกอนที่จับตัวกันอยู่ในรูปของสลัดจ์ (Sludge) จะจับตัวอยู่ที่ระดับผิวล่าง หรือก้นถัง การขจัดออกจึงต้องระบายออกทางด้านล่างถึง เรียกว่า Bottom blowdown

การควบคุมการระบายน้ำมี 2 แบบ คือ

1. การระบายน้ำแบบ Manual

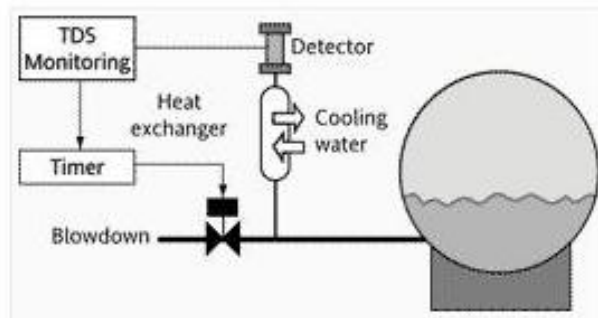
การ ระบายน้ำแบบ Manual เป็นวิธีการแบบง่าย และธรรมดาที่สุด โดยจะใช้วาล์วระบายน้ำด้วยมือหมุน เพื่อระบายเอาสารแขวนลอย และของแข็งที่ปะปนอยู่ในน้ำออกไปพร้อมกับน้ำ การระบายน้ำแบบ Manual มีข้อดีตรงที่สามารถทำได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องทำการติดตั้งเซนเซอร์ ทำให้การลงทุนต่ำ แต่มีข้อเสียที่ต้องอาศัยคนทำการเปิด/ปิดวาล์ว และไม่สามารถแก้ปัญหาของความร้อนสูญเสียได้ ทำให้ลดประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำลงโดยปกติของระบบหม้อต้มไอน้ำ ทั่วไปจะมีการติดตั้งระบบการระบายน้ำแบบ Manual ร่วมกันกับระบบการระบายแบบต่อเนื่อง (Continuous blowdown) ทั้งนี้ในทางปฏิบัติจะมีการเปิดวาล์วระบายน้ำมือหมุนเป็นช่วง ๆ ตามตารางการทำงาน การติดตั้งระบบแบบนี้จำเป็นต้องมีการทดสอบหม้อต้มเพื่อปรับเปลี่ยนตารางการ ควบคุมตอบสนองต่อการเปลี่ยนของหม้อต้ม และระบบการจ่ายไอน้ำ



รูปที่ 6.61 ลักษณะของการระบายน้ำแบบ Manual

2. การควบคุมการระบายน้ำแบบ Automatic

เนื่องจากการควบคุมการระบายน้ำแบบ Manual นั้น จะไม่สามารถรู้ถึงระดับความเข้มข้น และปริมาณของสารแขวนลอยในน้ำได้เลย การปรับระดับการระบายน้ำจึงไม่สามารถทำได้ อย่างถูกต้อง ผู้ปฏิบัติงานจะไม่รู้ว่าเมื่อใดควรระบายน้ำออกเท่าไร และต้องระบายน้ำออกนานแค่ไหน ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้ระบบการระบายน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อที่จะสามารถปรับ อัตราการระบายน้ำทั้งแปรผันตามระดับความเข้มข้นของสารแขวนลอยในหม้อต้ม รวมทั้งยังช่วยลดพลังงานสูญเสียได้อีกด้วย ระบบการระบายน้ำแบบ Automatic ซึ่งให้ประสิทธิภาพ สูงกว่า เนื่องจากระบบสามารถตรวจสอบปริมาณของสารแขวนลอยเพื่อปรับวาล์วระบายน้ำ ได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 6.62 ลักษณะของการระบายน้ำแบบ Automatic

ให้อยู่ในระดับที่กำหนดเอาไว้ จะช่วยลดโอกาสที่จะเกิดปัญหาต่อการผลิตไอน้ำ โดยระดับของการระบายน้ำที่เหมาะสมนั้น สามารถคำนวณด้วยสมการอย่างง่ายคือ

$$\% \text{ Blowdown} = (\text{ปริมาณของน้ำที่ระบายออก} / \text{ปริมาณของน้ำที่เติมให้หม้อต้ม}) \times 100$$

ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 1% ถึง 20% ขึ้นอยู่กับว่าน้ำที่ป้อนเติมให้กับหม้อน้ำมีคุณภาพดีเท่าใด หากมีสิ่งเจือปนมาก โดยเฉพาะของแข็งประเภทโลหะ ก็จะต้องระบายน้ำออกมา ยกตัวอย่างหม้อต้มที่มีการเติมสารโซเดียมซีโอไลต์ (Sodium-Zeolite) ในน้ำจะสามารถปรับระดับการระบายน้ำได้ด้วยการทดสอบคลอไรด์ในน้ำ

สำหรับหม้อต้มไอน้ำความดันสูง ๆ จะต้องมีการเติมสารละลาย ประเภท Inert-Material ลงในน้ำเพื่อหาระดับของการระบายน้ำที่เหมาะสม ทั้งนี้สูตรการคำนวณการระบายน้ำที่เหมาะสมสำหรับหม้อต้มด้วยการทดสอบสารคลอไรด์ในหม้อต้มดังนี้

$$\% \text{ Blowdown} = 100Y/X$$

โดย X = ปริมาณของน้ำที่เติมเข้าหม้อต้ม

Y = ปริมาณของน้ำที่ระบายออก

a = ความเข้มข้นของคลอไรด์ในน้ำที่เติมเข้าหม้อต้ม

b = ความเข้มข้นของคลอไรด์ในหม้อต้ม

และเนื่องจากคลอไรด์เติมเข้าไปในหม้อต้ม จะต้องเท่ากับคลอไรด์ที่ระบายออกจากหม้อต้ม เพื่อรักษาสสมดุล ดังนั้น $xa = xb$ เมื่อคูณ 2 ข้างสมการด้วย $100/xb$ จะได้ว่า $(100a/b) = (100y/x)$ เนื่องจาก $100y/x = \% \text{ Blowdown}$ ตามสมการข้างต้นดังนั้น $\% \text{ Blowdown} = 100a/b$ หรือเท่ากับ (ปริมาณคลอไรด์ในน้ำที่เติมเข้าหม้อต้ม/ปริมาณคลอไรด์ในหม้อต้ม) $\times 100$

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการทดสอบคุณภาพของหน่วยงานจะดำเนินการ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ จะเห็นว่าค่าต่ำกว่าเกณฑ์ตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมา จึงควรมีเครื่องวัดแบบง่ายสำหรับวัดค่า Conductivity ของน้ำในหม้อน้ำเป็นประจำทุกวัน จะสามารถควบคุมปริมาณการระบายน้ำทิ้งให้เหมาะสมยิ่งขึ้นได้ จะช่วยลดการสูญเสียและความร้อนในระบบการผลิตไอน้ำเพื่อส่งไปใช้ในกระบวนการผลิตลงได้ จากการตรวจวัดเบื้องต้นสามารถปรับลดเวลาการระบายต่อครั้ง หรือควรจะขยายเวลาในการระบายแต่ละช่วงให้นานมากขึ้น



รูปที่ 6.63 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบ

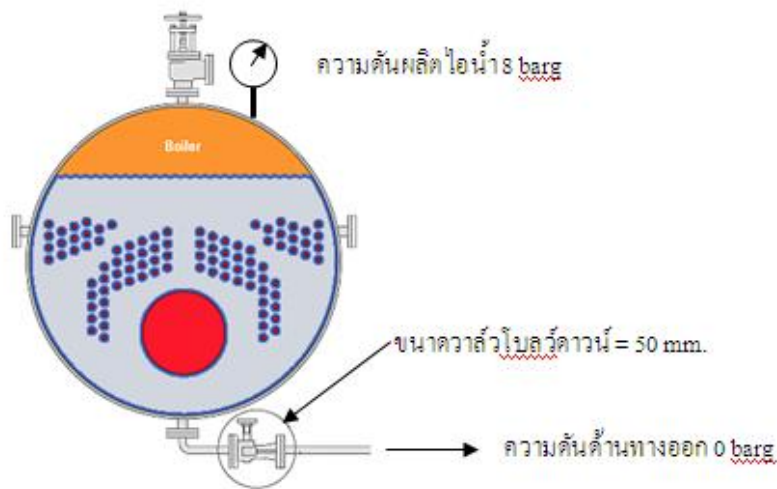
สภาพหลังปรับปรุง

ปรับตั้งการควบคุมใหม่เพื่อลดการระบายน้ำทิ้งลง เพื่อให้ค่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและโดยค่าจากการทำสอบอยู่ที่ ทุก 10 นาที เป็นเวลาครั้งละ 10 วินาที สามารถประหยัดพลังงานความร้อนได้ 1,525,213.50 MJ/y คิดเป็นเชื้อเพลิง NG ที่ประหยัดได้ 1,445.70 MMBTU/y คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 473, 466.75 Baht/y และช่วยลดการสูญเสียน้ำลงได้ 4,101.83 m³/y คิดเป็นเงินค่าน้ำ 82,036.60 Baht/y รวมเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้รวมทั้งสิ้น 555,503.35 Baht/y

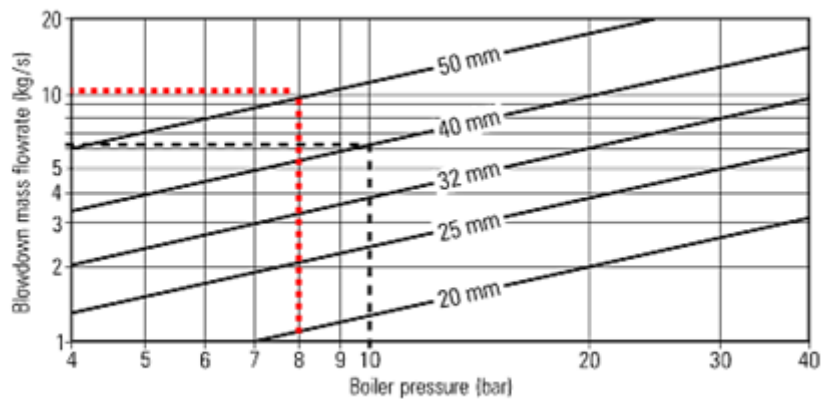


รูปที่ 6.64 การระบายน้ำทิ้งของ Boiler

วิธีการคำนวณผลประหยัด



อัตราการไหลไอน้ำผ่าน Bottom Blow down Valve



ที่มา : Spirax Sarco ระบายไอน้ำทิ้ง

รูปที่ 6.65

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
ปริมาณการระบายทั้งผ่านวาล์วควบคุมขนาด 50 mm.	m_b	kg/s	9.5	จากการตรวจวัด
% การเปิดวาล์วเทียบกับ Full Open	%O	%	90	
ค่าเอนทัลปีของน้ำในหม้อน้ำที่ความดัน 8 Barg	h_b	kJ/kg	742.6	ตารางไอน้ำ
ค่าเอนทัลปีของน้ำที่ป้อนหม้อน้ำที่ 100°C	h_f	kJ/kg	419.1	ตารางไอน้ำ
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	η	%	87	จากโรงงาน
ราคาเชื้อเพลิง NG เฉลี่ย	C_f	Baht/MMBT	327.50	
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	h	ชั่วโมงต่อวัน	24	
จำนวนวันทำงานต่อปี	D	วันต่อปี	350	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
ก่อนปรับปรุง				
ระยะเวลาการระบายทิ้งต่อครั้ง	t_{b1}	วินาที	6	
ช่วงระยะห่างต่อครั้ง	t_{b2}	วินาที	180	
รวมเป็นเวลาต่อรอบ $= t_{b1} + t_{b2}$	t_b	วินาที	186	
ปริมาณน้ำระบายทิ้งต่อครั้ง $= m_b \times t_{b1} \times \%O$	m_{tb}	kg/ครั้ง	51.3	
ปริมาณน้ำระบายทิ้งต่อปี $= m_{tb} \times \text{วินาทีที่หม้อไอน้ำทำงานต่อปี} / t_b$	$m_{tb,y}$	kg/ปี	8,340,387.10	
คิดเป็นปริมาตรน้ำที่สูญเสีย $= m_{tb,y} / 1,000$	$V_{tb,y}$	$m^3/\text{ปี}$	8,340.39	
พลังงานความร้อนที่สูญเสียก่อนปรับปรุง $= m_{tb,y} \times (h_b - h_f)$	Q_b	MJ/y	2,698,115.23	
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ก่อนปรับปรุง $= Q_b / (1,055 \times \eta)$	$m_{f,b}$	MMBTU/y	2,939.60	
หลังปรับปรุง				
ระยะเวลาการระบายทิ้งต่อครั้ง	t_{a1}	วินาที	10	
ช่วงระยะห่างต่อครั้ง	t_{a2}	วินาที	600	
รวมเป็นเวลาต่อรอบ $= t_{a1} + t_{a2}$	t_a	วินาที	610	
ปริมาณน้ำระบายทิ้งต่อครั้ง $= m_a \times t_{a1} \times \%O$	m_{ta}	kg/ครั้ง	85.5	
ปริมาณน้ำระบายทิ้งต่อปี $= m_{ta} \times \text{วินาทีที่หม้อไอน้ำทำงานต่อปี} / t_a$	$m_{ta,y}$	kg/ปี	4,238,557.38	
คิดเป็นปริมาตรน้ำที่สูญเสีย $= m_{ta,y} / 1,000$	$V_{ta,y}$	$m^3/\text{ปี}$	4,238.56	
พลังงานความร้อนที่สูญเสียหลังปรับปรุง $= m_{ta,y} \times (h_b - h_f)$	Q_a	MJ/y	1,371,173.31	
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้หลังปรับปรุง $= Q_a / (1,055 \times \eta)$	$m_{f,a}$	MMBTU/y	1,493.90	
ผลการประหยัด				
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ $= m_{f,b} - m_{f,a}$	$m_{f,save}$	MMBTU/y	1,445.70	
เงินที่ประหยัดได้ $= m_{f,save} \times C_f$	$C_{f,save}$	บาท/ปี	473,466.75	
น้ำที่ประหยัดได้ $= V_{tb,y} - V_{ta,y}$	W_{save}	m^3/y	4,101.83	
เงินค่าน้ำที่ประหยัดได้ $= W_{save} \times \text{ค่าน้ำเฉลี่ย (บาท/ } m^3)$	$C_{w,save}$	บาท/ปี	82,036.60	
รวมค่าเชื้อเพลิงและค่าน้ำที่ประหยัดได้ $= C_{f,save} + C_{w,save}$	S_c	บาท/ปี	555,503.35	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการ	C	บาท	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	-	

กรณีศึกษาที่ 6.27 การปรับลดแรงดันไอน้ำ

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : บริษัท เคมีเม็กอุตสาหกรรม จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 85 หมู่ 1 ถนน พระราม2 ตำบล บางโหนด

อำเภอ เมือง จังหวัด สมุทรสาคร 74000



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

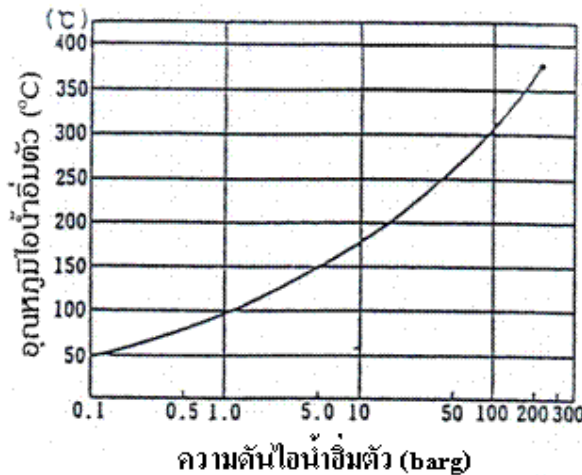
บริษัท เคมีเม็กอุตสาหกรรม จำกัด เป็นโรงงานผลิตภัณฑ์ เคมี ประเภทโซดาไฟในกระบวนการผลิตของโรงงาน มีการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต โดยความดันไอน้ำที่ผลิตอยู่ที่ประมาณ 7 บาร์เกจ ชั่วโมงการทำงานของโรงงาน 24 ชั่วโมง/วัน 365 วัน/ปี โรงงานมีการใช้หม้อไอน้ำขนาด 16 Ton ในการผลิตไอน้ำ โดยมีหม้อไอน้ำขนาด 10 Ton เป็นหม้อไอน้ำสำรอง ซึ่งจะเดินในช่วงขณะที่ทำการเดิน Process การผลิต 50% และในช่วงเดิน Process EV จะทำการเดินหม้อไอน้ำขนาด 16 Ton ซึ่งจากการสำรวจของทีมอนุรักษ์พลังงานพบว่า ในช่วงเดิน Process การผลิต 50% ต้องการความดันไอน้ำที่ 5 บาร์เกจ แต่ทางโรงงานตั้งความดันไอน้ำไว้ที่ 7 บาร์เกจ ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนไปโดยเปล่าประโยชน์ จากการตรวจวัดหม้อไอน้ำขนาด 10 Ton มีประสิทธิภาพเท่ากับ 68.34 %



รูปที่ 6.66 หม้อไอน้ำขนาด 16 Ton (ด้านซ้าย) และ 10 Ton (ด้านขวา)

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

การผลิตไอน้ำที่ความดันสูงเกินจำเป็นจะต้องใช้พลังงานมากขึ้น โดยดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิงจะลดต่ำลงและการสูญเสียในด้านต่างๆ จะมากขึ้น ดังนั้นผู้ใช้ควรลดความดันที่อุปกรณ์ใช้ไอน้ำต่างๆ ให้ได้ตามมาตรฐานความดันที่อุปกรณ์นั้นๆ ต้องการและลดการสูญเสียความดันในระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำทั้งหมด แล้วจึงลดความดันในการผลิตไอน้ำที่หม้อไอน้ำลง จากสมบัติของไอน้ำอัดตัว พบว่า ความดันและอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กันโดยเมื่อความดันสูง อุณหภูมิจะสูงขึ้น ดังรูปที่ 6.42



รูปที่ 6.67 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันไอน้ำ

ความดันไอน้ำที่ผลิต = ความดันสูงสุดที่อุปกรณ์ใช้ไอน้ำต้องการ + ความดันสูญเสียในระบบส่งจ่ายไอน้ำ

การลดความดันผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งานมีผลดังนี้

1. เอนทัลปีไอน้ำ (hfg) ในการควบแน่นมีค่าเพิ่มมากขึ้นดังรูปที่ 6.4
2. อัตราส่วนความแห้งของไอน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความร้อนที่ได้จากไอน้ำเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 6.4
3. ช่วยลดการสูญเสียไอน้ำจากการรั่วไหลในระบบส่งจ่ายไอน้ำได้
4. ช่วยลดการสูญเสียความร้อนบริเวณพื้นผิวหม้อไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำได้
5. ช่วยลดการสูญเสียไอน้ำจากการระบายน้ำทิ้งของหม้อไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำได้
6. ลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ทีปริมาณการผลิตไอน้ำเท่าๆ กันเพราะดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิงจะสูงขึ้น

ขั้นตอนการหาร้อยละการประหยัดพลังงานเพื่อลดความดันการผลิตไอน้ำ

1. ตรวจวัดความดันไอน้ำที่ผลิตจากหม้อไอน้ำ โดยใช้เครื่องมือวัดความดันไอน้ำในตำแหน่งก่อนส่งจ่ายไอน้ำไปตามท่อ
2. ตรวจวัดความดันไอน้ำ ก่อนเข้าอุปกรณ์ใช้ไอน้ำที่ต้องการความดันสูงสุดของโรงงาน แล้วตรวจสอบว่าสูงเกินมาตรฐานความต้องการของอุปกรณ์หรือไม่ ถ้าสูงเกินกว่ามาตรฐานแสดงว่าสามารถลดความดันให้ต่ำลงได้
3. ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำป้อนหม้อไอน้ำ โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิในตำแหน่งก่อนเข้าหม้อไอน้ำ

- นำค่าความดันไอน้ำก่อนปรับลด ความดันไอน้ำหลังปรับลด และอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำ ไปเปิดตารางตามที 6.43 จะได้ร้อยละการประหยัดพลังงานเมื่อลดความดันการผลิตไอน้ำ
- นำค่าร้อยละการประหยัดพลังงานคูณด้วยปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งปีจะได้เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ต่อปี

ตารางแสดงร้อยละการประหยัดพลังงานเมื่อต้องการลดความดันการผลิตไอน้ำ

รายการ	ความดันไอน้ำก่อนปรับลด (barg)														
	6			7			8			9			10		
ความดันไอน้ำหลังปรับลด (barg)	0.0	0.0	4.0	6.0	6.0	0.0	7.0	7.0	6.0	8.0	8.0	7.0	9.0	9.0	8.0
อุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (°C)															
30	0.123	0.247	0.398	0.104	0.208	0.331	0.087	0.174	0.278	0.077	0.158	0.241	0.066	0.132	0.209
35	0.124	0.249	0.401	0.105	0.210	0.334	0.088	0.175	0.280	0.078	0.159	0.243	0.066	0.133	0.211
40	0.125	0.251	0.405	0.106	0.212	0.337	0.088	0.177	0.282	0.079	0.160	0.245	0.067	0.134	0.212
45	0.126	0.253	0.408	0.107	0.213	0.339	0.089	0.178	0.284	0.079	0.161	0.247	0.068	0.135	0.214
50	0.127	0.255	0.411	0.107	0.215	0.342	0.090	0.179	0.287	0.080	0.160	0.249	0.068	0.136	0.216
55	0.128	0.257	0.415	0.108	0.217	0.345	0.090	0.181	0.289	0.081	0.161	0.251	0.069	0.137	0.218
60	0.129	0.259	0.418	0.109	0.219	0.348	0.091	0.182	0.292	0.081	0.162	0.253	0.069	0.138	0.219
65	0.131	0.261	0.422	0.110	0.220	0.351	0.092	0.184	0.294	0.082	0.164	0.256	0.070	0.140	0.221
70	0.132	0.263	0.425	0.111	0.222	0.354	0.093	0.186	0.296	0.083	0.165	0.258	0.070	0.141	0.223
75	0.133	0.266	0.429	0.112	0.224	0.357	0.094	0.187	0.299	0.083	0.167	0.260	0.071	0.142	0.225
80	0.134	0.268	0.433	0.113	0.226	0.360	0.094	0.189	0.302	0.084	0.168	0.262	0.072	0.143	0.227
85	0.135	0.270	0.436	0.114	0.228	0.363	0.095	0.190	0.304	0.085	0.169	0.264	0.072	0.144	0.229
90	0.136	0.273	0.440	0.115	0.230	0.366	0.096	0.192	0.307	0.085	0.171	0.267	0.073	0.146	0.231
95	0.137	0.275	0.444	0.116	0.232	0.369	0.097	0.194	0.310	0.086	0.172	0.269	0.073	0.147	0.233
100	0.139	0.277	0.448	0.117	0.234	0.373	0.098	0.195	0.312	0.087	0.174	0.272	0.074	0.148	0.235
105	0.140	0.280	0.452	0.118	0.236	0.376	0.099	0.197	0.315	0.088	0.176	0.274	0.075	0.150	0.237
110	0.141	0.283	0.456	0.119	0.238	0.379	0.100	0.199	0.318	0.089	0.177	0.276	0.075	0.151	0.239

อย่างไรก็ตามการพิจารณาความดันไอน้ำสิ่งที่ควรคำนึงคือ การเกิด Carry over หรือเมื่อน้ำปนไปกับไอน้ำทำให้คุณภาพของไอน้ำลดลง คุณสมบัติของไอน้ำเมื่อความดันลงปริมาตรของไอน้ำจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลกับขนาดของท่อไอน้ำที่ใช้งานในปัจจุบัน

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ทำการปรับปรุงโดยทำการลดความดันไอน้ำจาก 7 บาร์เกจเหลือ 6 บาร์เกจ ในช่วงที่ทำการผลิต 50%

สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงพบว่าการผลิตของทางโรงงาน สามารถทำงานได้ตามปกติ และสามารถลดการสูญเสียพลังงานความร้อนลงได้



รูปที่ 6.68 การปรับตั้งความดันไอน้ำที่ 6 บาร์เกจ

วิธีการคำนวณผลประหยัด

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำขนาด 10 ตันไอน้ำ	η	%	68.34	จากโรงงาน
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินเดิน Process 50%	m_f	kg/ปี	2,626,241.882	
ค่าความร้อนของถ่านหิน	LHV	MJ/กิโลกรัม	25	
ราคาถ่านหินเฉลี่ย	C_f	บาท/kg	2.65	
ค่าเอนทาลปีของไอน้ำที่ความดัน 7 บาร์เกจ	h_b	kJ/kg	2,769	
ค่าเอนทาลปีของไอน้ำที่ความดัน 6 บาร์เกจ	h_a	kJ/kg	2,763	ตารางไอน้ำ
ค่าเอนทาลปีของน้ำป้อนหม้อไอน้ำที่ 90°C	h_f	kJ/kg	376.9	ตารางไอน้ำ
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
พลังงานที่สามารถประหยัดได้ $((h_b - h_a) / (h_b - h_f)) \times m_f \times 25$	P_{save}	MJ/ปี	164,682.19	
คิดเป็นปริมาณถ่านหิน $P_{save} / 25$	$m_{f,a}$	กิโลกรัม/ปี	6,587.28	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ $= m_{f,a} \times C_f$	S_c	บาท/ปี	17,456.29	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการ	C	บาท	45,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $= C / S_c$	PB	ปี	0.44	

กรณีศึกษาที่ 6.28

การเปลี่ยนไปใช้หม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท: บริษัท ลำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง: 236 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู.สุขุมวิท
ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

การผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตของสถานประกอบการจะใช้หม้อไอน้ำเป็นต้นกำลังในการผลิตไอน้ำใช้ก๊าซธรรมชาติ (NG) เป็นเชื้อเพลิง โดยหม้อไอน้ำมีขนาด 10 ตันต่อชั่วโมง และ 6.3 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 10 bar ใช้งานพร้อมกันทั้งสองเครื่อง จากการที่สถานประกอบการได้วิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นพบว่าหม้อไอน้ำใช้เชื้อเพลิงสิ้นเปลืองเป็นอย่างมาก

โรงงานจึงมีแนวคิดในการเปลี่ยนหม้อไอน้ำใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถผลิตไอน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการ

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

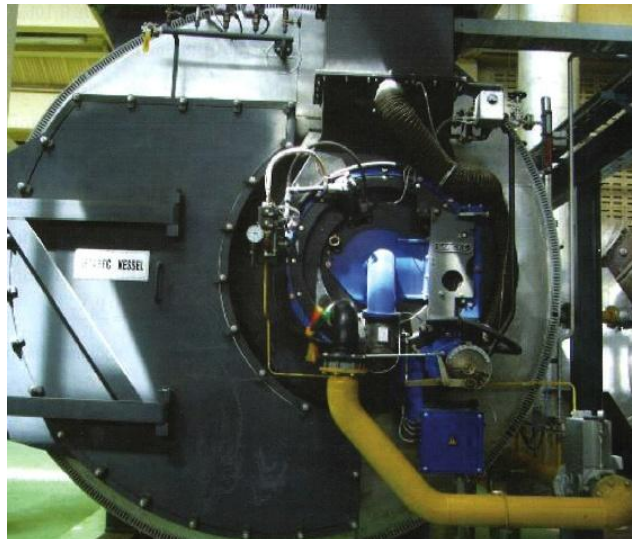
ปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำลดต่ำลง เช่น การเสื่อมสภาพเนื่องจากอายุการใช้งาน การใช้กำลังการผลิตไอน้ำที่ไม่เหมาะสม และโครงสร้างของหม้อไอน้ำ เป็นต้น การเปลี่ยนหม้อไอน้ำเครื่องใหม่ที่มีโครงสร้างและระบบที่ดีตลอดจนมีขนาดกำลังการผลิตไอน้ำที่เหมาะสมต่อการใช้งานสามารถทำให้ประสิทธิภาพด้านพลังงานของหม้อไอน้ำสูงขึ้น ส่งผลให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานในหม้อไอน้ำ

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ยกเลิกการใช้งานหม้อไอน้ำเก่าที่ไม่มี Economizer ขนาด 10 ตันต่อชั่วโมงและขนาด 6.3 ตันต่อชั่วโมงโดยเปลี่ยนมาใช้หม้อไอน้ำที่มีระบบ Economizer ขนาด 16 ตันต่อชั่วโมงเพียงเครื่องเดียวการเปลี่ยนหม้อไอน้ำใหม่ที่ติดตั้งระบบ Economizer มาพร้อมกันทำให้ประสิทธิภาพของระบบผลิตไอน้ำสูงขึ้น โดยสามารถทำการประเมินผลการประหยัดเชื้อเพลิงง่ายๆ โดยการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ที่ Economizer เพียงจุดเดียว

สภาพหลังปรับปรุง

ผลจากการเปลี่ยนหม้อไอน้ำเครื่องเก่าจำนวน 2 เครื่อง เป็นเครื่องใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงเพียงเครื่องเดียว ส่งผลให้ประหยัดเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำมากกว่าเครื่องเก่าเนื่องจากสามารถผลิตไอน้ำได้ในปริมาณที่พอเหมาะ การใช้พลังงานหม้อไอน้ำเพียงเครื่องเดียวทำให้อุปกรณ์ประกอบการทำงานน้อยลงส่งผลให้ประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 6.69 หม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูงที่ติดตั้งใหม่

หม้อไอน้ำ

ผู้ผลิต GETABEC KESSEL
Model HDO-PS 16000/13 BAR

หัวเผา

ผู้ผลิต SAACKE
Model SG-A102

คุณสมบัติอุปกรณ์ Economizer ของบริษัทผู้ผลิตเป็นดังนี้

ปริมาณน้ำผ่าน Economizer	384	m ³ /day
เพิ่มอุณหภูมิน้ำได้	30	°C
ค่าความจุความร้อนของน้ำ	1,000	kcal/m ³ °C

วิธีการคำนวณผลประหยัด

ตรวจสอบผลการประหยัดพลังงานของการดำเนินการตามมาตรการ โดยได้ตรวจสอบข้อมูลก่อนดำเนินการและหลังดำเนินการที่สำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลตรวจวัดก่อนทำการปรับปรุง				ข้อมูลจากโรงงาน
(หม้อไอน้ำขนาด 10 ตัน/ชั่วโมง)				
1.1 ชั่วโมงการใช้งาน		ชั่วโมงต่อปี	8,199	
1.2 พลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในระบบ		kW	14.49	
1.3 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในระบบ		kWh/ปี	118,803.51	
1.4 ความดันก๊าซธรรมชาติ		bar	1.05	
1.5 อุณหภูมิก๊าซธรรมชาติ		°C	32	
1.6 อัตราการไหลก๊าซธรรมชาติ		m ³ /h	225.68	
1.7 ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซธรรมชาติ		MJ/m ³	37.52	
1.8 น้ำป้อนอุณหภูมิ		°C	90	
1.9 ความดันของหม้อไอน้ำ		Bar	10	
1.10 อัตราการไหลน้ำป้อน		m ³ /h	5.642	
2. ข้อมูลตรวจวัดก่อนทำการปรับปรุง				ข้อมูลจากโรงงาน
(หม้อไอน้ำขนาด 6.3 ตัน/ชั่วโมง)				
2.1 ชั่วโมงการใช้งาน		ชั่วโมงต่อปี	8,460	
2.2 พลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในระบบ		kW	23.67	
2.3 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในระบบ		kWh	319,022.49	
2.4 ความดันก๊าซธรรมชาติ		bar	1.05	
2.5 อุณหภูมิก๊าซธรรมชาติ		°C	32	
2.6 อัตราการไหลก๊าซธรรมชาติ		m ³ /h	143.88	
2.7 ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซธรรมชาติ		MJ/m ³	37.52	
2.8 น้ำป้อนอุณหภูมิ		°C	90	
2.9 ความดันของหม้อไอน้ำ		Bar	10	
2.10 อัตราการไหลน้ำป้อน		m ³ /h	3.893	

ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติที่อ่านได้จากมิเตอร์ สำหรับหม้อไอน้ำขนาด 6.3 ตันต่อชั่วโมง เป็นค่าที่อ่านได้ตาม flowing condition ซึ่งจำเป็นต้องปรับแก้ให้เป็นค่าที่ Base condition (101.325 kPa, 60 °F) เพื่อใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ โดยทำการปรับแก้ดังนี้

$$\text{จาก Idea Gas's Law } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

เมื่อสภาวะที่ 1 คือ flowing condition จากเกจวัดความดันได้ 1.05 bar และอุณหภูมิ 32 °C

$$\begin{aligned} P_1 &= 105 + 101.325 && \text{kPa} \\ &= 206.325 && \text{kPa} \\ V_1 &= 143.88 && \text{m}^3/\text{h} \\ T_1 &= 273.15 + 32 && ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 305.15 \quad \text{K} \\
 \text{สภาวะที่ 2 คือ Base condition (101.325 kPa, 60 }^{\circ}\text{F)} \\
 P_2 &= 101.325 \quad \text{kPa} \\
 T_2 &= 288.70 \quad \text{K} \\
 \text{ดังนั้น } V_2 &= \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} \\
 V_2 &= \frac{206.325 \times 143.88 \times 288.70}{101.325 \times 305.15} \\
 &= 277.25 \quad \text{m}^3/\text{h} \\
 &= 6,654 \quad \text{m}^3/\text{day} \\
 &= 277.25 \text{ m}^3/\text{h} \times 8,199 \text{ h/year} \\
 &= 2,273,172.75 \quad \text{m}^3/\text{year}
 \end{aligned}$$

ค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติ ตามใบแจ้งหนี้ของสถานประกอบการเท่ากับ 37.52 MJ/m³

ดังนั้นพลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในหม้อไอน้ำขนาด 6.3 ตันต่อชั่วโมง = 85,289,441.58 MJ/ปี

จากข้อมูลการตรวจวัดหม้อไอน้ำขนาด 6.3 ตัน/ชั่วโมง พบว่าที่ตำแหน่งที่ติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำป้อน น้ำมีอุณหภูมิ 90 °C มีความหนาแน่น 965.25 kg/m³ สามารถประเมินได้ว่าปริมาณน้ำป้อนเท่ากับ 3,757.72 kg/h

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณโบว์ดาร์ว} &= [\text{TDS}_{\text{น้ำป้อน}} / (\text{TDS}_{\text{สูงสุดที่ยอมรับได้}} - \text{TDS}_{\text{น้ำป้อน}})] \times \text{ปริมาณน้ำป้อน} \\
 &= \left(\frac{45}{3500 - 45} \right) \times 3,757.72 \\
 &= 48.94 \quad \text{kg/h}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้นใน 1 ชั่วโมง ใช้น้ำไป} \\
 &= 3,757.72 - 48.94 \\
 &= 3,708.78 \quad \text{kg/h} \\
 &= 3,708.78 \times 8,199 \\
 &= 30,408,287.22 \quad \text{kg/year}
 \end{aligned}$$

จากข้อมูลการตรวจวัดหม้อไอน้ำขนาด 10 ตัน/ชั่วโมง เมื่อสภาวะที่ 1 คือ flowing condition จากเกจวัดความดันได้ 1.05 bar และอุณหภูมิ 32 °C, P₁ = 101.325 kPa, V₁ = 225.68 m³/h และ T₁ = 305.15 K

สภาวะที่ 2 Base conditions

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 101.325 \quad \text{kPa} \\
 T_2 &= 288.70 \quad \text{K} \\
 \text{ดังนั้น } V_2 &= \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} \\
 V_2 &= \frac{206.325 \times 225.68 \times 288.70}{101.325 \times 305.15} \\
 &= 434.88 \quad \text{m}^3/\text{h} \\
 &= 434.88 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h/day} \\
 &= 10,437.12 \quad \text{m}^3/\text{day} \\
 &= 434.88 \text{ m}^3/\text{h} \times 8,460 \text{ h/year} \\
 &= 3,679,084.80 \quad \text{m}^3/\text{year}
 \end{aligned}$$

ค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติตามใบแจ้งหนี้ของสถานประกอบการ เท่ากับ 37.52 MJ/m^3

ดังนั้นพลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในหม้อไอน้ำขนาด 10 ตันต่อชั่วโมง $= 138,039,261.696 \text{ MJ/year}$
จากข้อมูลการตรวจวัดหม้อไอน้ำขนาด 10 ตัน/ชั่วโมง พบว่าตำแหน่งที่ติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำป้อน น้ำมีอุณหภูมิ 90°C มีความหนาแน่นเท่ากับ 965.25 kg/m^3 สามารถประเมินได้ว่า

$$\text{ปริมาณน้ำป้อน} = 5.642 \text{ m}^3/\text{h} \times 965.25 \text{ kg/m}^3 = 5,445.94 \text{ kg/h}$$

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณโบว์ดาร์วน์} &= [\text{TDS}_{\text{น้ำป้อน}} / (\text{TDS}_{\text{สูงสุดที่ยอมรับได้}} - \text{TDS}_{\text{น้ำป้อน}})] \times \text{ปริมาณน้ำป้อน} \\ &= \left(\frac{45}{3500 - 45} \right) \times 5,445.94 \\ &= 70.93 \text{ kg/h}\end{aligned}$$

ดังนั้น ใน 1 ชั่วโมง ใช้ไอน้ำไป

$$\begin{aligned}&= 5,445.94 - 70.93 \\ &= 5,375.01 \text{ kg/h} \\ &= 5,375.01 \times 8,460 \\ &= 44,069,706.99 \text{ kg/year}\end{aligned}$$

ดำเนินการตรวจวัดหลังการปรับปรุง แล้วดำเนินการกับข้อมูลเช่นเดียวกับข้อมูลก่อนการปรับปรุง โดยสรุปข้อมูลสำคัญก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงได้ดังนี้

รายการ	หน่วย	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ	MJ/year	223,328,703.3	238,621,276.26
ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้	kg/year	75,882,729.63	85,119,359.40
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	kWh/year	319,022.89	293,854.35

การประเมินผลการเปลี่ยนการใช้หม้อไอน้ำใหม่ทดแทนของเดิมนี้ จะคิดจากราคาค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง ก่อน และหลังการปรับปรุงเปรียบเทียบกับ รายละเอียดการคำนวณแสดงดังต่อไปนี้

$$\text{เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้} = \left\{ \left(\frac{223,328,703.3 \text{ MJ}}{75,882,729.63 \text{ kg}} \right) - \left(\frac{238,621,276.26 \text{ MJ}}{85,119,359.40 \text{ kg}} \right) \right\} \times 75,882,729.63$$

$$\text{Fuel Save} = 10,601,756.31 \text{ MJ/year}$$

$$= 10,049.07 \text{ MMBTU/year}$$

$$\text{Elec Save} = \left\{ \left(\frac{319,022,890 \text{ Wh}}{75,882,729.63 \text{ kg}} \right) - \left(\frac{293,854,350 \text{ Wh}}{85,119,359.40 \text{ kg}} \right) \right\} \times 75,882,729.63$$

$$= 57,056,443.82 \text{ Wh/year}$$

$$= 57,056.44 \text{ kWh/year}$$

$$\text{จำนวนเงินที่ประหยัดได้} = (57,056.44 \times 2.77) + (10,049.07 \times 266.10)$$

$$= 158,046.34 + 2,674,057.53$$

$$= 2,832,100 \text{ บาท/ปี}$$

บริษัทฯ เสียค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์และค่าติดตั้งเครื่องใหม่รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 10,000,000 บาท ทำให้สามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิง ก่อให้เกิดผลการประหยัดค่าใช้จ่ายคิดเป็นมูลค่า 2,832,100 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 3.53 ปี

กรณีศึกษาที่ 6.29

การเปลี่ยนหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวลและหม้อน้ำร้อนเชื้อเพลิงชีวมวล

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท: บริษัท จงสถิตย์ จำกัด

สถานที่ตั้ง: 34 หมู่ที่ 1 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล
แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานจงสถิตย์เป็นโรงงานทอผ้าดิบ และ ฟอกย้อม โดยใช้วัตถุดิบเป็นเส้นด้ายจากโรงงานภายในเครือนำเส้นด้ายมาเข้ากระบวนการทอเป็นผ้าผืน ตามชนิดของผ้าที่ลูกค้าต้องการ และนำผ้ามาทำการฟอกย้อมสีและอบผ้าในกระบวนการฟอกย้อมผ้าให้ได้ตามสีที่ต้องการนั้น

เดิมทางโรงงานใช้พลังงานจากไอน้ำที่ผลิตโดยหม้อไอน้ำ เชื้อเพลิงน้ำมันเตาขนาด 10 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง ในการผลิตไอน้ำส่งจ่ายเข้าสู่กระบวนการฟอกย้อม ผ้า เพื่อให้สีติดกับเนื้อผ้าได้ดีและหลังจากการย้อมสีผ้าแล้ว จะต้องนำผ้าเข้าเครื่องอบโดย เครื่องอบผ้าใช้พลังงานความร้อนจากน้ำมันร้อนที่ผลิตจากหม้อน้ำร้อน เชื้อเพลิงน้ำมันเตาขนาด 10 ตัน/ชั่วโมง จำนวน 2 เครื่อง น้ำมันที่ผลิตได้จะนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับผ้าด้วยลูกกลิ้งน้ำมันร้อนเพื่อให้สีนั้นติดกับเนื้อผ้าได้ดียิ่งขึ้นและเป็นการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อผ้าให้เป็นไปตามที่ลูกค้าต้องการ ทางโรงงานมีการใช้น้ำมันเตาในการผลิตไอน้ำและน้ำมันร้อนไปใช้ในกระบวนการฟอกย้อมสีและอบผ้าอยู่ที่ปีละประมาณ 14 ล้านลิตร คิดเป็นมูลค่าเชื้อเพลิงในการผลิตปีละ 180 ล้านบาท

จากการปรับตัวของราคาเชื้อเพลิงน้ำมันเตาที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอด ทำให้ต้นทุนด้านพลังงานของโรงงานสูงขึ้น ทางโรงงานจึงได้ดำเนินการติดตั้งหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวลขนาด 20 ตันไอน้ำ 1 เครื่อง และหม้อ น้ำร้อนขนาด 10.8 Mcal/hr ทดแทนการหม้อไอน้ำและหม้อน้ำร้อนเชื้อเพลิงน้ำมันเตา



รูปที่ 6.70 หม้อไอน้ำและหม้อน้ำร้อนเดิม (ปัจจุบันติดตั้งเป็นเครื่องเดินสำรอง)

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

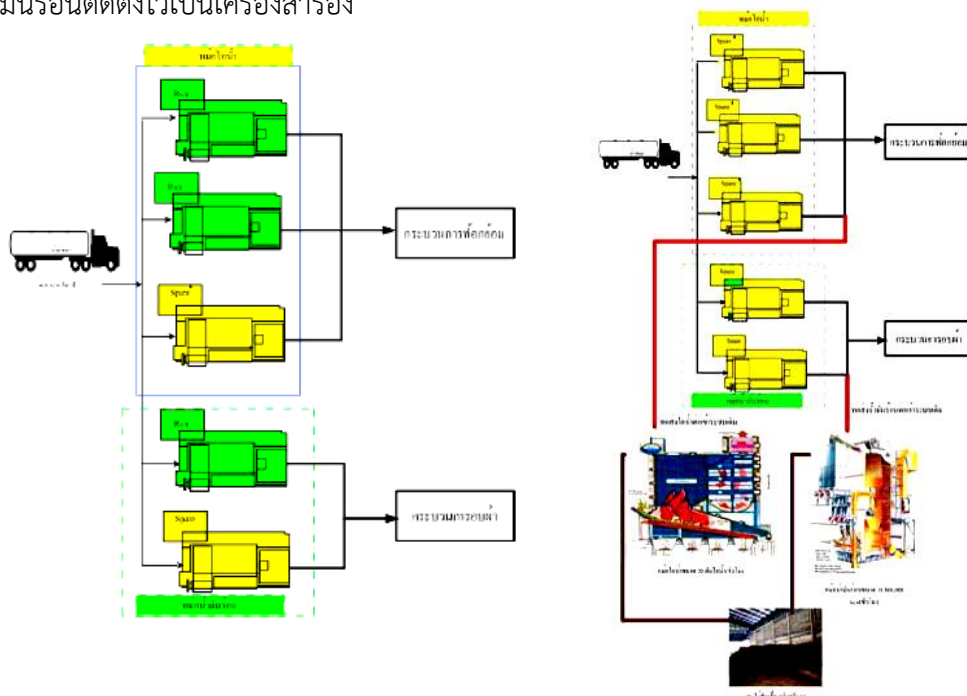
เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass fuel) นั้น จัดอยู่ในรูปแบบของสารอินทรีย์ (Organic matters) ในทางปฏิบัติ นั้น พืชผลทางการเกษตรที่เหลือใช้ หรือเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตรจัดอยู่ในรูปของเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น แกลบ (Rice husk) ทะลายปาล์มเปล่า (Empty fruit bunch) ปาล์มไฟเบอร์ (Palm fiber) ไม้สับ (Wood chipped) ก้าน / ใบ / เปลือก / แกน และเมล็ดของพืชผลต่าง ๆ รวมถึง Sludge จากระบบน้ำเสีย เป็นต้น ข้อดีของสารชีวมวลที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงนั้นอาจสรุปได้ดังนี้

- ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และช่วยลดปัญหาสภาวะเรือนกระจกได้
- สามารถหาได้ในท้องถิ่น หรือภายในประเทศ โดยไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งต้นทุนมักจะมาจากอัตราแลกเปลี่ยนเสมอ
- ราคาไม่แพง

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากชีวมวล (Biomass energy technology) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานในรูปของพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า หรือน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ การเผาไหม้ตรง (Direct combustion) การผลิตก๊าซชีวมวล (Gasification) และเทคโนโลยีที่อยู่ระหว่างการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ การผลิตน้ำมันจากชีวมวล (Bio-Oil) การผลิตพลังงานจากชีวมวลด้วยระบบ Integrated gasification combine cycle (BIGCC) และการสกัดไฮโดรเจนจากชีวมวล

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวลขนาด 20 ตันไอน้ำ 1 เครื่อง และหม้อ น้ำมันร้อนขนาด 10.8 Mcal / hr ทดแทนการหม้อไอน้ำและหม้อน้ำมันร้อนเชื้อเพลิงน้ำมันเตา สำหรับหม้อไอน้ำและหม้อน้ำมันร้อนติดตั้งไว้เป็นเครื่องสำรอง



รูปที่ 6.71 (ซ้าย) หม้อไอน้ำและหม้อน้ำมันเชื้อเพลิงที่ติดตั้งก่อนดำเนินการปรับปรุง
และ (ขวา) หม้อไอน้ำและหม้อน้ำมันเชื้อเพลิงชีวมวลและชุดเดิมที่ติดตั้ง

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 6.72 ฮอปเปอร์ป้อนเชื้อเพลิงชีวมวล



รูปที่ 6.73 หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวลขนาด 20 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง



รูปที่ 6.74 หม้อน้ำร้อนขนาด 10.8 ล้าน kCal/ชั่วโมง



รูปที่ 6.75 (ซ้าย) ระบบส่งไอน้ำเข้าโรงงาน (ขวา) ระบบส่งน้ำมันร้อนเข้าโรงงาน

วิธีการคำนวณผลประหยัด

การวิเคราะห์ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากการติดตั้งหม้อไอน้ำและหม้อน้ำมันร้อนเชื้อเพลิงชีวมวล
ทดแทนเครื่องเดิมเครื่องเดิม จะตรวจสอบได้จากค่า SEC ของโรงงาน

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดพลังงานของการดำเนินตามมาตรการ พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง				
1.1 ปริมาณการใช้ไอน้ำเตา	Q_{fb}	ลิตร/ปี	14,250,881	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ผลผลิตฝ้ายย้อมสี	P_b	ตัน/ปี	13,923.36	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ราคาน้ำมันเตา	C_f	บาท/ลิตร	13	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่าเชื้อเพลิงต่อผลผลิตก่อนปรับปรุง $(Q_{fb} \times C_f) / P_b$	SEC_b	บาท/ตัน	13,305.81	
2. ข้อมูลหลังทำการปรับปรุง				
1.1 ผลผลิตฝ้ายย้อมสี	P_a	ตัน/ปี	15,404.72	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ปริมาณการใช้ไอน้ำเตา	Q_{fa}	ลิตร/ปี	1,488,000	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ปริมาณการใช้เศษไม้สับ	Q_{ba}	ตัน/ปี	32,594.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ราคาเศษไม้สับ	C_b	บาท/ตัน	2,314	ข้อมูลจากโรงงาน
3. ผลการประหยัดพลังงาน				
3.1 ค่าเชื้อเพลิงต่อผลผลิตหลังปรับปรุง $SEC_a = [Q_{fa} \times C_f + Q_{ba} \times C_b] / P_a$	SEC_a	บาท/ตัน	6,030.44	
3.2 ค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ $C_s = [P_a \times SEC_b - (Q_{fa} \times C_f + Q_{ba} \times C_b)]$	S_c	บาท/ปี	111,936,824.8	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	50,000,000	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	ปี	0.44	

กรณีศึกษาที่ 6.30 การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบไร้ออกซิเจน

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท: บริษัท กรีนสปอต จำกัด

สถานที่ตั้ง: 2 ซอยรังสิต-นครนายก 46 ต.ประชาธิปัตย์

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (Aerated lagoon, AL) เป็นบ่อขนาดใหญ่ที่มีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของ BOD ได้ร้อยละ 80-95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยใช้เครื่องเติมอากาศซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้เกิดการรวนผสมของน้ำในบ่อด้วย ช่วยให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อ

ระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน เป็นระบบที่อาศัยจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสิ่งสกปรกชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการทำงาน โดยกระบวนการย่อยสลายเป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องเติมออกซิเจนในระบบบำบัด

ทั้งนี้ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานใช้เครื่องเติมอากาศที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องขับเคลื่อนใบพัดเติมอากาศเป็นจำนวนมาก ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปริมาณมาก โรงงานจึงมีแนวคิดในการเปลี่ยนไปใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเติมอากาศลงไป



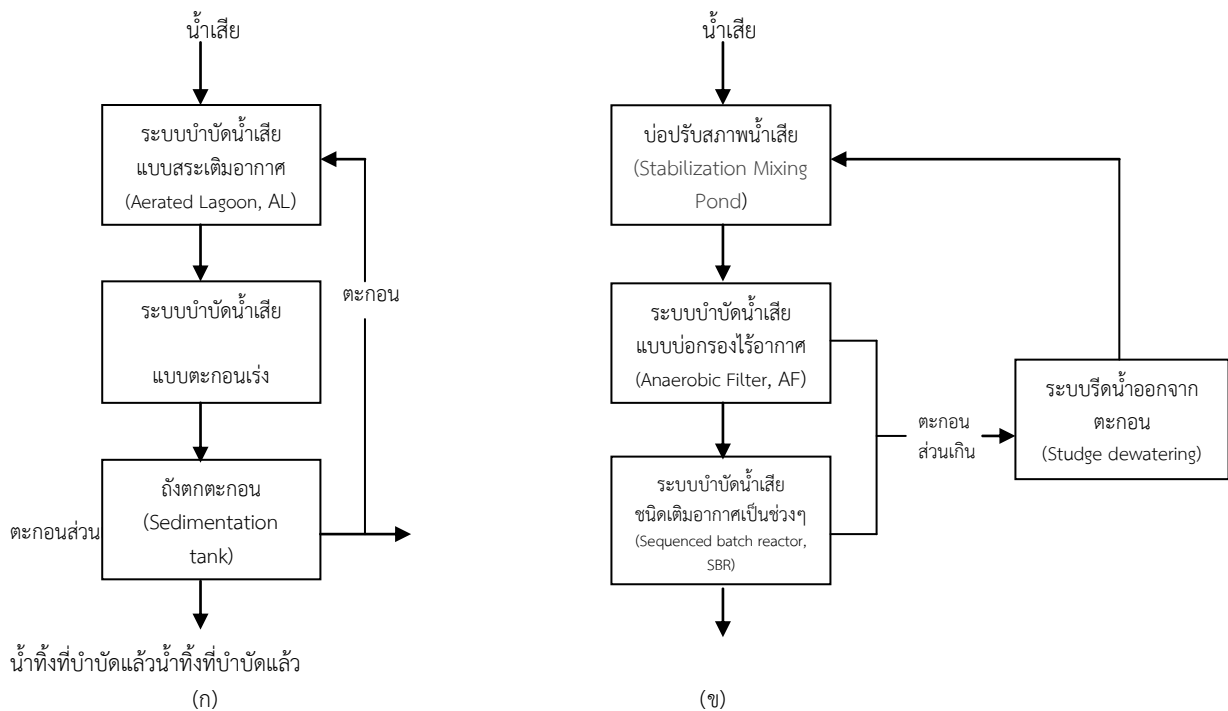
รูปที่ 6.76 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศเดิมของโรงงาน

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

โดยปกติแล้วระบบบำบัดน้ำเสีย อาจแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือแบบใช้ออกซิเจน และแบบไร้ออกซิเจน โดยระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนต้องใช้ออกซิเจนในการขับเคลื่อนใบพัดหมุนเวียน และผสมน้ำเสียกับอากาศ การเปลี่ยนไปใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน จะสามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนใบพัดสำหรับเติมอากาศของระบบบำบัดลง

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

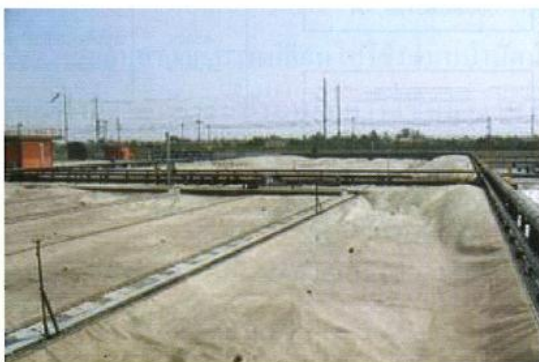
ดำเนินการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนในปัจจุบัน เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นแบบบ่อกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter, AF) มีลักษณะเป็นบ่อที่มีจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) เกาะอยู่บนตัวกรอง (Media) ด้านบนของบ่อคลุมด้วยพลาสติกสำหรับก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยการทำงานเริ่มจากเมื่อน้ำเสียผ่านไปในตัวกรอง จุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อเปลี่ยนไปเป็นก๊าซต่างๆ โดยมีก๊าซมีเทน (Methane) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก นอกจากนี้ยังมีระบบการหมุนวนน้ำเพื่อให้น้ำเสียสัมผัสกับตัวกรองอย่างทั่วถึงสำหรับตะกอนส่วนเกินจะถูกสูบเข้าสู่ระบบรีดน้ำออกจากตะกอนต่อไป อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวไม่สามารถกำจัดสิ่งสกปรกได้ดีพอ จึงส่งต่อเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเติมอากาศเป็นช่วงๆ (Sequenced batch reactor, SBR) เป็นระบบแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่และเป็นที่นิยม เนื่องจากค่าลงทุนถูกไม่ต้องการทักษะในการควบคุมระบบมากนัก อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำ จึงทำให้น้ำทิ้งที่ได้มีคุณสมบัติเป็นไปตามกำหนด การทำงานประกอบด้วย 2 บ่อ น้ำเสียจะถูกส่งลงบ่อแรก ที่เรียกว่าบ่อ CAP (Continuous aeration pond) โดยในบ่อนี้จะมีการเติมอากาศให้เพียงพอ จุลินทรีย์ภายในบ่อจะทำการกำจัดสารอินทรีย์ จากนั้นจึงทำการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่บ่อที่ 2 ซึ่งเรียกว่า บ่อ SAP (Sequenced aeration pond) โดยในบ่อนี้จะทำการเติมอากาศระยะหนึ่ง จากนั้นการปิดเครื่องเติมอากาศ และปล่อยให้ตกตะกอน แล้วจึงทำการสูบน้ำใสออกจากบ่อ จากนั้นเริ่มเข้าสู่ขั้นตอนการเติมอากาศต่อไป สำหรับตะกอนบางส่วนที่มากเกินไปของระบบจะถูกสูบเข้าสู่ระบบรีดน้ำออกจากตะกอนเป็นการต่อไป ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบบำบัดลงได้



รูปที่ 6.77 ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนดำเนินการปรับปรุง (ก) และหลังดำเนินการปรับปรุง (ข)

สภาพหลังปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงระบบบำบัดของโรงงานจากแบบใช้ออกซิเจนเป็นแบบไร้ออกซิเจน สามารถช่วยให้การใช้พลังงานของระบบบำบัดลดลงเนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องเติมอากาศจำนวนมากตลอดเวลา โดยจะเติมอากาศเป็นช่วงๆแทนอีกทั้งระบบบำบัดยังสามารถลดปริมาณความสกปรกที่ปะปนอยู่ในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการดำเนินการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียจากระบบใช้ออกซิเจน เป็นระบบแบบไม่ใช้ออกซิเจนทั้งหมดดำเนินการ โดย BJC Engineering



รูปที่ 6.78 ระบบบำบัดน้ำเสียหลังดำเนินการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลประหยัด

ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปรับปรุง ประกอบไปด้วยระบบ Activated sludge เป็นบ่อดินขนาดใหญ่ ใช้เครื่องเติมอากาศแบบ Surface aerator และ Jet mix aerator โดยน้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบ จะมีบ่อพักน้ำ (Equalization sludge) นอกจากนี้ยังใช้ระบบ SBR ซึ่งใช้การเติมอากาศจาก Jet mix aerator การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียจะทำการเพิ่มระบบ Anaerobic filter หรือ AF ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า โดยทำงานร่วมกับระบบ SBR เพื่อยังคงประสิทธิภาพและความสามารถในการบำบัดน้ำเสียแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบเติมอากาศลดน้อยลงเป็นอย่างมาก

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดพลังงานของการดำเนินตามมาตรการ พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง				
1.1 สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าต่อ COD-Loading	COD _b	kWh/kg-COD	1.057	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 COD-Loading ต่อปี	COD _t	kg-COD/ปี	3,257,132	
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C _f	บาท/kWh	2.76	
2. ข้อมูลหลังทำการปรับปรุง				
2.1 สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าต่อ COD-Loading	COD _a	kWh/kg-COD	0.566	ข้อมูลจากโรงงาน
3. ผลการประหยัดพลังงาน				
3.1 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า E _s = COD _t x (COD _a - COD _b)	E _s	kWh/ปี	1,599,251.81	
3.2 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ C _s = E _s x C _f	S _c	บาท/ปี	4,413,940.00	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	50,000,000	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S _c	PB	ปี	11.33	

กรณีศึกษาที่ 6.31

การใช้ปั๊มความร้อนในการผลิตน้ำร้อน

ข้อมูลพื้นฐานบริษัท

ชื่อบริษัท : โรงแรมภูเก็ตเมอร์ลิน

สถานที่ตั้ง : 158/1 ถนนเยาวราช ตำบลตลาดใหญ่
อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต



ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

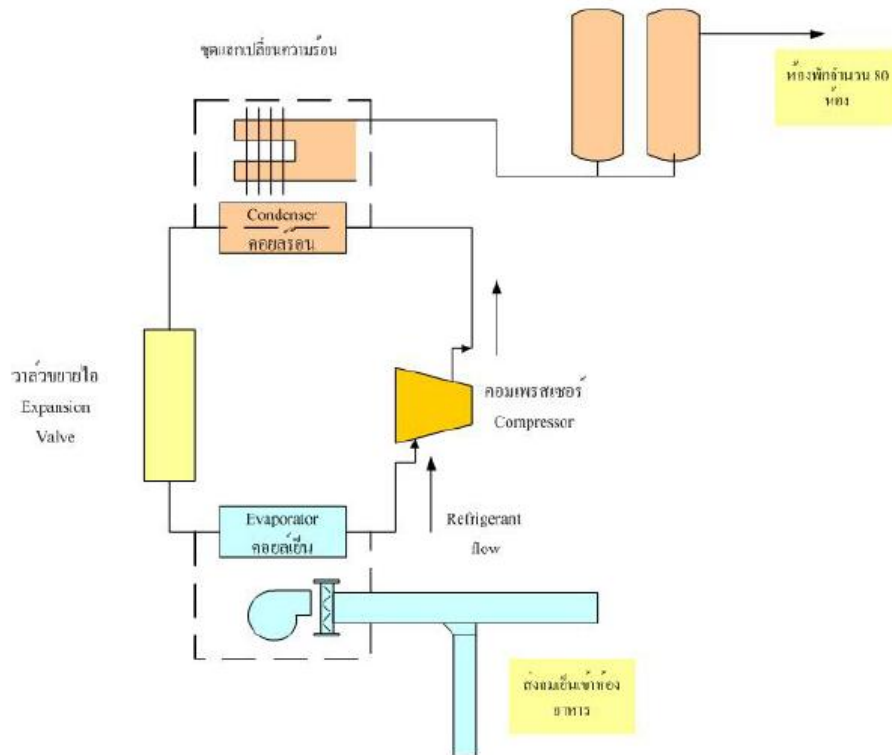
เดิมโรงแรมภูเก็ตเมอร์ลินติดตั้งและใช้งานระบบทำน้ำร้อนด้วยหม้อทำน้ำร้อนเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ในการเผาไหม้เพื่อผลิตน้ำร้อนขนาด 2 ตัน/ชั่วโมง น้ำร้อนที่ผลิตจะมีอุณหภูมิสูงประมาณ 60 องศาเซลเซียส และส่งไปถึง เก็บน้ำร้อน เพื่อเก็บสำรองน้ำร้อนไว้สำหรับใช้งานภายในห้องพัก จากราคาน้ำมันที่ปรับตัวสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตน้ำร้อนของโรงแรมนั้นสูงขึ้น

หลักการ ทฤษฎี และเทคโนโลยี

หลักการทำงานของปั๊มความร้อน คือการถ่ายเทความร้อนไม่ใช่สร้างความร้อน ปั๊มความร้อนทำงานโดยการดึงความร้อนจากแหล่งความร้อน วัฏจักรการทำงานมีลักษณะเช่นเดียวกับระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ ต่างกันเพียงแต่ปั๊มความร้อนจะเลือกใช้ประโยชน์จากด้านความร้อนเป็นหลัก และควบคุมอุณหภูมิด้านความร้อน แทนด้านความเย็น ความเย็นเป็นผลพลอยได้ วัฏจักรการทำงานด้านความเย็นกับความร้อนนั้น เชื่อมโยงกันด้วยสารทำงาน HFC 134a โดยเริ่มจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ซึ่งสารทำงานจะถูกอัดเพื่อเพิ่มอุณหภูมิและความดัน จากนั้นสารทำงานจะถูกนำมากลั่นในคอนเดนเซอร์ ให้สารทำงานคายความร้อนออกไปให้กับน้ำทำให้ได้น้ำร้อน หลังจากนั้นสารทำงานจะถูกลดความดันในอีกแพนช์จนสารทำงานบางส่วนกลายเป็นไอหรือพร้อมที่จะระเหยเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนในชุดอีวเอปเปอร์เรเตอร์

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งปั๊มความร้อน (Heat pump) จำนวน 2 เครื่อง กำลังไฟฟ้าเครื่องละ 43.5 กิโลวัตต์ เพื่อทำน้ำร้อนเก็บเข้าถังขนาด 10,000 ลิตร จำนวน 2 ถัง เพื่อเก็บน้ำร้อนที่ อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 60 องศาเซลเซียส สำหรับส่งไปใช้งานตามห้องพักและยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนของเดิมทั้งหมด ลมเย็นที่ได้จาก Heat pump จะส่งไปทำความเย็นในห้องอาหารของโรงแรมเพื่อลดการใช้งานของเครื่องปรับอากาศขนาด 11 ตันที่ติดตั้งอยู่เดิม



รูปที่ 6.79 ไดอะแกรมปั๊มความร้อนที่ใช้งานในโรงแรม

สภาพหลังปรับปรุง

Heat Pump ที่ติดตั้งขึ้นใหม่ผลิตน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 60C (เท่าเดิม) โดยสามารถผลิตไอน้ำในปริมาณเท่าเดิมและใช้พลังงานจากไฟฟ้าแทนการใช้เชื้อเพลิงดีเซล



รูปที่ 6.80 (ซ้าย) Heat Pump เครื่องที่ 1 (ขวา) Heat Pump เครื่องที่ 2



รูปที่ 6.81 ถังเก็บน้ำร้อนขนาด 10,000 ลิตร

วิธีการคำนวณผลประหยัด

การวิเคราะห์ผลประหยัดที่เกิดขึ้นตรวจสอบจากค่าพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลิตน้ำร้อนก่อนและหลัง
ดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง				
1.1 อุณหภูมิน้ำเข้า / อุณหภูมิน้ำออก	T_i / T_o	องศาเซลเซียส	30/60	จากโรงแรม
1.2 อัตราการผลิตน้ำร้อนเฉลี่ยต่อวัน	$m_{w,b}$	ลิตร/วัน	28,800	
1.3 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ยต่อวัน	$m_{d,b}$	ลิตร/วัน	200	
1.4 ชั่วโมงการทำงาน	h	ชั่วโมง/วัน	23	
1.5 วันทำงาน	d	วัน/ปี	365	
1.6 ราคาน้ำมันดีเซล	C_d	บาท/ลิตร	30	
2. ข้อมูลหลังทำการปรับปรุง				
2.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้	P_a	kW	87	จากโรงแรม
2.2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน	E_a	kWh/วัน	991.8	
2.3 ราคาค่าไฟฟ้า	C_f	บาท/ kWh	3.00	
3. ผลการวิเคราะห์				
3.1 ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี $S_c = (m_{d,b} \times C_d \times d - E_a \times C_f \times d)$	S_c	บาท/ปี	1,103,979	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	บาท	5,000,000	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	ปี	4.53	

ภาคผนวก

ตารางแปลงหน่วย

IMPERIAL	x	Factor	=	IMPERIAL	x	Factor	=	IMPERIAL
ENERGY								
Btu	x	1.055	=	kJ	x	0.9478	=	Btu/h
therms	x	105.5	=	MJ	x	0.009478	=	therms
Btu	x	0.000293	=	kWh	x	3412.14	=	Btu
therms	x	29.31	=	kWh	x	0.03412	=	therms
kWh	x	3.6	=	MJ	x	2.2778	=	kWh
hph	x	2.684	=	MJ	x	0.3725	=	nph

also therms	x	10^3	=	Btu	kcal	x	4.187	=	kJ
					kcal	x	3.968	=	Btu

POWER, HEAT, OR ENERGY FLOW RATE

Btu/h	x	0.0002931	=	kW	x	3412	=	Btu/h
therms/h	x	29.31	=	kW	x	0.034120	=	therms/h
hp	x	0.7457	=	kW	x	1.3410	=	hp
tons of refrigeration	x	3.5170	=	kW	x	0.2843	=	tons of refrigeration
Steam, lb/h	x	0.2844	=	kW	x	3.517	=	Steam, lb/h
Steam, kg/h	x	0.6269	=	kW	x	1.595	=	Steam, kg/h
kcal/h	x	0.001163	=	kW	x	859.8	=	kcal/h

also ton of									
refrigeration	x	12000	=	Btu/h	Steam, lb/h	x	970.3	=	Btu/h
					therms/h	x	103.1	=	Steam, lb/h

Note : Steam flow rate are given From and At 100 ° C

CALORIFIC VALUE, HEAT CONTENT

Btu/lb	x	2.326	=	kJ/kg (MJ/tonne)	x	0.4299	=	Btu/lb
Btu/lb	x	0.002326	=	MJ/kg (GJ/tonne)	x	429.90	=	Btu/lb
Btu/ft ³	x	37.26	=	kJ/m ³	x	0.02684	=	Btu/ft ³
Btu/ft ³	x	0.03726	=	kJ/l (MJ/m ³)	x	26.8	=	Btu/ft ³
Btu/gal	x	0.2321	=	kJ/l (MJ/m ³)	x	4.309	=	Btu/gal
Therms/gal	x	23.21	=	MJ/l (GJ/m ³)	x	0.04309	=	Therms/gal

also: kcal/kg	x	4.187	=	kJ/kg	MJ/kg	x	1000	=	kJ/kg (MJ/tonne)
				(GJ/tonne)					
kcal/kg	x	1.8	=	Btu/lb	MJ/l (GJ/m ³)	x	1000	=	kJ/l (MJ/m ³)
therms/tonne	x	44.64	=	Btu/lb					

SPECIFIC HEAT

Btu/lb ° F	x	4.187	=	kJ/kg ° C	x	0.2388	=	Btu/lb ° F
Btu/ft ³ ° F	x	67.07	=	kJ/m ³ ° C	x	0.01491	=	Btu/ft ³ ° F

THERMAL CONDUCTIVITY

Btu in/ft ² h ° F	x	0.1442	=	W/m ° C	x	6.933	=	Btu in/ft ² h ° F
------------------------------	---	--------	---	---------	---	-------	---	------------------------------

HEAT TRANSFER COEFFICIENT

Btu/ft ² h ° F	x	5.678	=	W/m ² ° C	x	0.1761	=	Btu/ft ² h ° F
---------------------------	---	-------	---	----------------------	---	--------	---	---------------------------

HEAT TRANSFER

Btu/ft ² h	x	0.003155	=	kW/m ²	x	317	=	Btu/ft ² h
-----------------------	---	----------	---	-------------------	---	-----	---	-----------------------

COMBUSTION INTENSITY, HEAT LOADING

Btu/ft ³ h	x	0.01035	=	kW/m ³	x	96.62	=	Btu/ft ³ h
-----------------------	---	---------	---	-------------------	---	-------	---	-----------------------

DENSITY, CONCENTRATION, HUMIDITY

lb/ft ³	x	37.26	=	kg/l	x	62.43	=	lb/ft ³
lb/ft ³	x	0.03726	=	kg/m ³	x	0.06243	=	lb/ft ³
lb/gal	x	0.2321	=	kg/l	x	10.2	=	lb/gal
grains/ft ³	x	0.03726	=	kg/m ³	x	437	=	grains/ft ³
grains/lb	x	23.21	=	kg/kg	x	7000	=	grains/lb

also: kg/l x 1000 = kg/m³

kg/l kg/d m³ = relative density (to water at 4 ° C) specific gravity (water at 4 ° C)

Density relative to air at 15 ° C 1 atmosphere x 1.225 kg/m³

PRESSURE

Psi	x	0.06895	=	bar	x	14.50	=	Psi
Psi	x	6.895	=	kPa	x	0.1450	=	Psi
Psi	x	68.95	=	mbar	x	0.0145	=	Psi
Psi	x	703.1	=	mmH ₂ O	x	0.001422	=	Psi
in Hg	x	33.86	=	mbar	x	0.02953	=	in Hg
in H ₂ O	x	2.491	=	mbar	x	0.4015	=	in H ₂ O

also : Standard Atmospheres (atm) x 1.013 = bar Standard Atmospheres (atm) x 14.70 = Psi

in Hg	x	0.4912	=	Psi	mm Hg	x	1.333	=	mbar
in H ₂ O	x	0.03612	=	psi	mmH ₂ O	x	9.807	=	mbar
torr			=	mm Hg	bar	=	1000	=	mbar
kN/m ²			=	kpa	bar	=	100	=	kpa

Notes:

(a) lb/m² is abbreviated above to psi

(b) mm Hg, in Hg, mm H₂ O and in H₂ O are as conventionally measured.

(c) the suffixes-a and -g refer to absolute and gauge pressures respectively.

gauge pressure plus atmospheric pressure (in the same units) = absolute Pressure.

(d) Hg and H₂ O refer to Mercury and Water respectively.

MASS

grains	x	0.0648	=	g	x	15.43	=	grains
oz	x	28.35	=	g	x	0.03528	=	oz
lb	x	453.6	=	g	x	0.002205	=	lb
lb	x	0.4536	=	kg	x	2.205	=	lb
ton	x	1.016	=	tonne	x	0.9842	=	ton

also: lb	x	7000	=	grains	kg	x	1000	=	g
ton	x	2240	=	lb	tonne	x	1000	=	kg

LENGTH

inches	x	25.4	=	mm	x	0.03937	=	inches
feet	x	0.3048	=	metres	x	3.281	=	feet
miles	x	1.609	=	km	x	0.6214	=	miles

AREA

in ²	x	645.2	=	mm ²	x	0.00155	=	in ²
in ²	x	0.0006452	=	m ²	x	1550	=	in ²
ft ²	x	0.0929	=	m ²	x	10.76	=	ft ²
yd ²	x	0.8361	=	m ²	x	1.96	=	yd ²

also: areas	x	43560	=	ft ²	hectares (ha)	x	10000	=	m ²
-------------	---	-------	---	-----------------	---------------	---	-------	---	----------------

VOLUME

gal (imp)	x	4.5460	=	litres	x	0.22	=	gal (imp)
gal (imp)	x	0.004546	=	m ³	x	220	=	gal (imp)
ft ³	x	28.32	=	litres	x	0.03531	=	ft ³
ft ³	x	0.02832	=	m ³	x	35.31	=	ft ³
yd ³	x	0.7646	=	m ³	x	1.308	=	yd ³

also: ft ³	x	6.229	=	gal (imp)	m ³	x	1000	=	litres
U.S.gal	x	0.8327	=	gal (imp)	U.S. barrel (bbl)	x	159	=	litres
U.S.gal	x	3.785	=	litres	dm ³			=	litres

FLOW RATE

cfm	x	0.0004719	=	m ³ /s	x	2119.00000	=	cfm
cfm	x	0.4719	=	l/s	x	2.119	=	cfm
gal/min	x	0.2728	=	m ³ /h	x	3.666	=	gal/min
gal/min	x	0.07577	=	l/s	x	13.2	=	gal/min

also: l/s = dm³/s

เอกสารอ้างอิง

1. รายงานฉบับสมบูรณ์ แนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย ตามแนวคิดการเพิ่มผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity), สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
2. รายงานประจำปี 2554, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), กรุงเทพฯ.
3. พิชัย ถิ่นสันติสุข, Carbon footprint ภาระหรือพันธะของผู้ประกอบการ, Energy saving, กุมภาพันธ์ 2553.
4. ดร.ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ, การศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมเคมี อาหาร สิ่งทอ แก้วและเซรามิก, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), กรุงเทพฯ.
5. รายงานพลังงานของประเทศไทย 2554, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2554.
6. รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย 2554, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2554.
7. รายงานผลการวิเคราะห์ขีดความสามารถในการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน กลุ่มอุตสาหกรรมเคมี ฉบับปรับปรุง ข้อมูลเดือนกันยายน 2554, SMI และ รายงานองค์การระหว่างประเทศ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.
8. แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ.2555-2574, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
9. สรุปสถานะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2554 และแนวโน้มปี 2555, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2554.
10. รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมรายไตรมาส (ไตรมาสที่ 1 ปี 2555) , สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2555.
11. เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
12. เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
13. เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและอุตสาหกรรมพลาสติก, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

14. คู่มือการพัฒนาต่อยอดการดำเนินการจัดการพลังงานตามกฎหมายประเทศไทยไปสู่ระบบการจัดการพลังงานในระดับสากล (ISO50001), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
15. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมแช่แข็ง, กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2551
16. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์ยาง โครงการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่นอกเหนือจากโรงงานควบคุมตาม พรบ. 2535, สำนักงานเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
17. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์พลาสติก โครงการอนุรักษ์พลังงานใน โรงงานอุตสาหกรรมที่นอกเหนือจากโรงงานควบคุมตาม พรบ. 2535, สำนักงานเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
18. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเซรามิก โครงการพัฒนาบุคลากรการอนุรักษ์พลังงานจากกรณีตัวอย่างในอุตสาหกรรมที่ประสบความสำเร็จ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
19. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โครงการพัฒนาบุคลากรการอนุรักษ์พลังงานจากกรณีตัวอย่างในอุตสาหกรรมที่ประสบความสำเร็จ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
20. กรณีศึกษาที่ประสบความสำเร็จด้านการอนุรักษ์พลังงาน, 2551, สำนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคล ด้าน พลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
21. เทคนิคการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน, สำนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
22. กรณีศึกษาโครงการส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานควบคุมประเภทเคมี, สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
23. Report on the study on Energy Conservation Project in the Kingdom of Thailand Vol.3 –Plastics & Chemical, Food-, Japan International Cooperation Agency, January, 1984.
24. Project on Studying of Energy Efficiency Index in Rubber Industry, DEDE Ministry of Energy, November 2007.

25. ศูนย์แสดงเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน ภาคอุตสาหกรรม (Technology Display for Industry) ภายในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.



สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน
กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ

ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

www.dede.go.th

จัดทำโดย



บริษัท เอนเนอร์ยี่ ควอลิตี้ เซอร์วิส จำกัด

599/104 ถนนรัชดาภิเษก แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2192-1847-8 โทรสาร 0-2192-1849

www.eqs.co.th