



กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน



เอกสารเผยแพร่

กรณีศึกษาที่ประสบความสำเร็จด้านการอนุรักษ์พลังงาน

อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยาง และ พลาสติก

คำนำ

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

เอกสารเผยแพร่ฉบับนี้ ได้รวบรวมกรณีตัวอย่างของมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานที่ประสบความสำเร็จ จากโครงต่าง ๆ ที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้แก่ โครงการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีส่วนร่วม โครงการ Standard Measure โครงการกองทุนหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โครงการส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต รวมถึงสถานประกอบการที่ได้รับรางวัล Thailand Energy Awards ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก

สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน หวังว่าเอกสารเผยแพร่ฉบับนี้ จะช่วยสร้างความเชื่อมั่นต่อบุคลากรของสถานประกอบการในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ยางและพลาสติก ให้เกิดความรู้ความสามารถในการสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืนต่อไป

สารบัญ

คำนำ

กรณีศึกษาที่ 1	การนำน้ำคอนเดนเสทที่ทิ้งมาทำการละลายน้ำเกลือแทนน้ำ WD (บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด)	1
กรณีศึกษาที่ 2	การปรับปรุงระบบอัดที่เป่าถุงมือโดยการลดขนาดรูท่อและลดระยะเวลาการเป่า (บริษัท ไฮแคร์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด)	5
กรณีศึกษาที่ 3	การหุ้มฉนวนกันความร้อนของเครื่องฉีดพลาสติก (บริษัท ศรีไทยซูเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน) สาขามตะนคร ชลบุรี)	9
กรณีศึกษาที่ 4	การลดจำนวน Heater Lamp ในเครื่องเป่าขวดพลาสติก (บริษัท อิมโก้ ฟู้ดแพ็ค จำกัด)	14
กรณีศึกษาที่ 5	การเปลี่ยนวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้ Vacuum อบสีแทนตู้ Oven (บริษัท โมเดอร์น ไดस्टัฟส์ แอนด์ พิคเมนทส์ จำกัด)	17
กรณีศึกษาที่ 6	การเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตของเครื่องฉีดพลาสติกแบบ Hydraulic และแบบ All Electric IM machine (บริษัท เบญจมิตรบรรจุกัมภ์ จำกัด)	21
กรณีศึกษาที่ 7	การติดตั้ง Inverter สำหรับระบบ Hydraulic (บริษัท บางกอกโพลี จำกัด)	30
กรณีศึกษาที่ 8	การปรับลดเวลาการกวน Slurry ของกระบวนการผลิตสี (บริษัท ทีโอเอฟเอ็นท์ (ประเทศไทย) จำกัด)	34
กรณีศึกษาที่ 9	การเพิ่มความเร็วยานพาหนะ Conveyor เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตแผ่นฉนวนยาง (บริษัท แวนด้าแพค จำกัด)	37
กรณีศึกษาที่ 10	การปรับปรุงลดขั้นตอนระบบลำเลียงวัตถุดิบเพื่อลดการใช้งานเครื่องอัดอากาศ (บางกอกโพลีเอสเตอ์ จำกัด (มหาชน))	42
กรณีศึกษาที่ 11	การเปลี่ยนเครื่อง Chiller ประสิทธิภาพสูง (บริษัท เพียวเคมม์ จำกัด)	45
กรณีศึกษาที่ 12	การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วรอบสำหรับเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด)	48
กรณีศึกษาที่ 13	การติดตั้ง Cooling Tower ระบบปิดที่ปรับสภาวะการทำงานได้ตามสภาพ อากาศ (บริษัท ศรีไทยซูเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน) สาขามตะนคร ชลบุรี)	52
กรณีศึกษาที่ 14	การเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูงและปรับมุมใบพัด Cooling fan (บริษัท ไทยเอ็มเอ็มเอ จำกัด)	56

กรณีศึกษาที่ 15	การเจียรลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด Centrifugal pump (บริษัท ไทยเอ็มเอ็มเอ จำกัด)	60
กรณีศึกษาที่ 16	การปรับปรุงจุดลมรั่วและการปรับลดแรงดันผลิตอากาศอัด (บริษัท เบญจมิตรบรรณภัณฑ์ จำกัด)	64
กรณีศึกษาที่ 17	การลดการสูญเสียไอน้ำในกระบวนการผลิตโดยการติดตั้ง Steam Trap (บริษัท อติตยา เบอร์ลา เคมีคัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด)	68
กรณีศึกษาที่ 18	การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำและผนังประตูตู้อบที่มีลมร้อนไหลรั่วออก (บริษัท บางกอกโฟม จำกัด)	71
กรณีศึกษาที่ 19	การติดตั้ง ECONOMIZER เพื่อนำความร้อนทิ้งจาก Flue gas กลับมาใช้ (บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด)	75
กรณีศึกษาที่ 20	การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลทดแทนน้ำมันเตาในหม้อไอน้ำ (บริษัท ไฮเครอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด)	79

กรณีศึกษาที่ 1

การนำน้ำคอนเดนเสทที่ทิ้งมาทำการละลายน้ำเกลือแทนน้ำ

De-mineralized water

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 202 หมู่ที่ 1 ถนนสุขสวัสดิ์

ตำบลปากคลองบางปลากด อำเภพระสมุทรเจดีย์

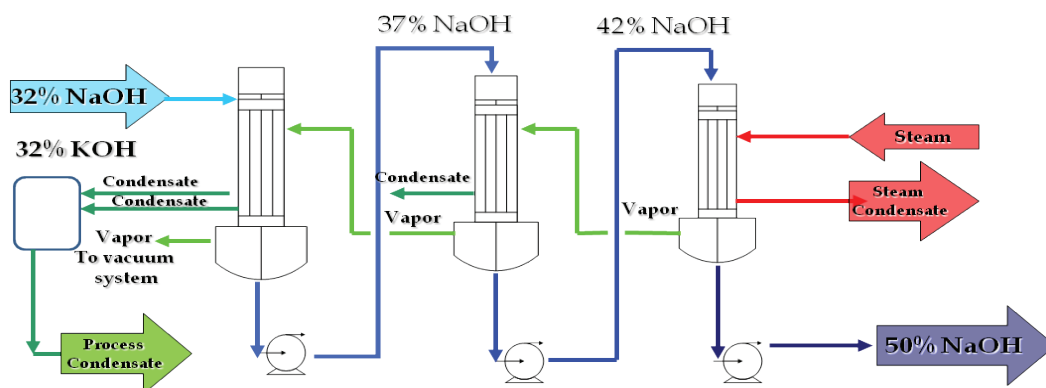
จังหวัดสมุทรปราการ 10290

ผลิตภัณฑ์ : เคมีภัณฑ์



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

ในขั้นตอนการละลายน้ำเกลือ (เตรียมวัตถุดิบ) ของกระบวนการผลิตของโรงงานมีการใช้น้ำ De-mineralized water (WD) ซึ่งมีต้นทุนด้านไฟฟ้าและสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดค่อนข้างสูง และจากการสำรวจพบว่า ในกระบวนการระเหยไอน้ำออกจากสารละลายโซดาไฟเพื่อผลิตโซดาไฟเข้มข้น ไอน้ำนี้จะถูกควบแน่นกลายเป็นคอนเดนเสทและถูกระบายทิ้งไป (เรียกว่า Process condensate มีอุณหภูมิประมาณ 70°C) จากการตรวจวัดทั้งปริมาณและอุณหภูมิของน้ำคอนเดนเสทส่วนที่เหลือทิ้งพบว่ามีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ในขั้นตอนการละลายน้ำเกลือทดแทนน้ำ WD ได้โดยตรง



รูปที่ 1.1 Process flow diagram ของ Condensate

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

โดยปกติโรงงานที่มีการใช้พลังงานความร้อน มักจะมีความร้อนที่ใช้ไม่หมดแล้วปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นการสำรวจแหล่งความร้อนที่ปล่อยทิ้งในโรงงานแล้วหาแนวทางกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด จะส่งผลให้ต้นทุนการใช้พลังงานความร้อนต่ำลง

น้ำร้อนหรือของเหลวร้อนถือเป็นแหล่งพลังงานคุณภาพต่ำ ดังนั้นความคุ้มค่าในการลงทุนและเสถียรภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ จึงควรพิจารณาในประเด็นต่างๆต่อไปนี้คือ ความต่อเนื่องของความร้อนที่ปล่อยทิ้ง ระดับอุณหภูมิของของเหลวที่ปล่อยทิ้ง ปริมาณความร้อนที่ปล่อยทิ้ง ความสะอาดและจุดที่จะนำมาใช้ประโยชน์ สำหรับ Process condensate ที่เกิดจากไอน้ำที่ควบแน่นเพื่อให้พลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตโดยอ้อมผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจึงมีความสะอาดและมีสารปนเปื้อนน้อย จึงสามารถนำ Process condensate ไปใช้ทดแทนน้ำ WD ได้โดยตรงในขั้นตอนการละลายน้ำเกลือ ซึ่งในการผลิตน้ำ WD นี้จะมีค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (ปั๊มน้ำ) ด้านน้ำประปาและสารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดังนั้นการใช้ Process condensate ทดแทนน้ำ WD ได้จะสามารถลดค่าใช้จ่ายดังกล่าวลง

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 ตรวจวัดปริมาณคุณภาพและปริมาณสารปนเปื้อนของคอนเดนเสทที่เหลือทิ้งจากหระเหย
- 3.2 ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำคอนเดนเสทที่เหลือทิ้งทดแทนการใช้ น้ำ WD
- 3.3 ออกแบบระบบท่อเพื่อนำคอนเดนเสทจากหระเหยไปใช้ในการละลายน้ำเกลือ ทั้งนี้ได้มีการติดตั้ง Plate heat exchanger สำหรับกรณีที่การละลายน้ำเกลือต้องใช้ น้ำคอนเดนเสทที่อุณหภูมิต่ำทั้งนี้โดย น้ำคอนเดนเสทจะระบายความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็นจาก Cooling Tower
- 3.4 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว
- 3.5 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.6 ดำเนินการปรับปรุง
- 3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทที่เหลือทิ้ง	m_w	m^3/hr	0.8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ต้นทุนการผลิตน้ำ WD ด้านไฟฟ้า	$C_{wd,e}$	kWh/m^3	2.28	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ต้นทุนการผลิตน้ำ WD ด้านน้ำและสารเคมี	$C_{wd,c}$	$Baht/m^3$	30	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 จำนวนวันทำงานเฉลี่ย	d	day/yr	358	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	$Baht/kWh$	2.36	ข้อมูลจากโรงงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = m_w \times C_{wd,e} \times h \times d$	E_s	kWh/yr	15,671.81	
2.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	36,958.46	
2.3 ค่าต้นทุนด้านเคมีที่ประหยัดได้ต่อปี $S_{chem} = m_w \times C_{wd,c} \times h \times d$	S_{chem}	Baht/yr	206,208.00	
2.4 ผลการประหยัดรวม $S_t = S_c + S_{chem}$	S_t	Baht/yr	243,166.46	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	497,600	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_t$	PB	yr	2.0	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการปรับปรุงระบบท่อน้ำคอนเดนเสทและติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Plate heat exchanger รายละเอียดดังรูปที่ 1.2 โดยน้ำคอนเดนเสทที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะเข้าสู่กระบวนการละลายน้ำเกลือเพื่อให้ทดแทนน้ำ WD หลังดำเนินการปรับปรุงพบว่าสามารถประหยัดน้ำ WD และไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแต่อย่างใด



รูปที่ 1.2 Plate heat exchanger และระบบท่อน้ำคอนเดนเสทที่ใช้ในกระบวนการผลิต

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง โดยตรวจสอบปริมาณน้ำ WD และน้ำหนักเกลือ NaCl (วัตถุดิบ) ก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุงดังนี้

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ปริมาณน้ำ WD ต่อ น้ำหนักเกลือ NaCl (วัตถุดิบ) : m^3/kg	1.223	1.186

น้ำหนักเกลือ NaCl (วัตถุดิบ) โดยเฉลี่ย	= 128,000	kg/yr
ปริมาณน้ำ WD ที่ประหยัดได้เฉลี่ย	= $128,000 \times (1.223 - 1.186)$	m^3/yr
	= 4,736.00	m^3/yr
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้จริง	= $4,736.00 \times (2.28+30)$	Baht/yr
	= 152,878.08	Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ตรวจสอบคุณภาพของคอนเดนเสทที่นำไปใช้ละลายน้ำเกลืออย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากต้องนำไปผสมโดยตรงกับสารละลายน้ำเกลือ
- กำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงสม่ำเสมอๆ ในการ Operate อย่างถูกวิธีและกระตุ้นเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติเพื่อตรวจติดตาม (Monitoring) เช่น จัดทำฟอร์มบันทึกพารามิเตอร์ที่จำเป็นกำหนดเกณฑ์ควบคุมพารามิเตอร์ที่สำคัญและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- กำหนดแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพของ Plate heat exchanger โดยประเมินจากผลต่างของอุณหภูมิด้านขาออกของคอนเดนเสทและน้ำหล่อเย็นหลังผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งค่าดังกล่าวจะแสดงถึงประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องที่ลดลงเนื่องจากมีคราบสกปรกเกาะติด โดยเฉพาะทางด้านน้ำหล่อเย็น

กรณีศึกษาที่ 2

การปรับปรุงระบบลมอัดที่เป่าถุงมือโดยการลดขนาดรูท่อและลดระยะเวลาการเป่า

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ไฮแคร์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

สถานที่ตั้ง : 1197 ถนนเลี้ยวเมือง ตำบลควนลัง

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

ผลิตภัณฑ์ : ถุงมือยางธรรมชาติ



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

จากการสำรวจการใช้อากาศอัดเพื่อเป่าถุงมือยางให้หลุดออกจาก Mold ในขั้นตอนการถอดถุงมือยาง พบว่ามีการใช้อากาศอัดที่แรงดัน 4 Bar ขนาดรูท่อของอากาศอัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ซึ่งมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นทำให้ต้องสิ้นเปลืองปริมาณอากาศอัดเกินความจำเป็นรวมทั้งระยะเวลาในการเป่าถุงมือใช้เวลาประมาณ 0.5 sec/time จึงมีแนวคิดในการประหยัดพลังงานโดยการลดระยะเวลาการเป่าถุงมือลงเนื่องจากต้องมีการเป่าถุงมือให้หลุดออกจากแม่พิมพ์แล้วพร้อมกับการปรับลดขนาดรูท่ออากาศอัด



รูปที่ 2.1 แสดงหัวเป่าถุงมือยาง

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ระบบอากาศอัดจะมีค่าใช้จ่ายในการ Operate มากกว่าราคาเครื่องอัดอากาศ การประหยัดพลังงานจากการปรับปรุงระบบจะช่วยลดการใช้พลังงานได้ถึง 20-50 % ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าหรืออาจจะมากกว่านั้น ระบบอัดอากาศที่มีการจัดการด้านพลังงานอย่างเหมาะสมก็สามารถประหยัดพลังงาน ลดการบำรุงรักษา ลดเวลาการพักเครื่อง เพิ่มปริมาณผลผลิตและทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นได้

ระบบอากาศอัดประกอบไปด้วย เครื่องอัดอากาศและการปรับปรุงคุณภาพอากาศ ซึ่งรวมถึงระบบจัดเก็บระบบส่งและอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัด ถ้ามีการบริหารจัดการส่วนจัดหาอากาศที่ดี ก็จะทำให้ได้อากาศที่สะอาด แห้ง และมีการส่งเข้ากระบวนการผลิตที่สม่ำเสมอที่ระดับความดันที่เหมาะสม เชื่อถือได้และมีความคุ้มค่าด้านราคา การปรับปรุงโดยการลดขนาดรูท่อที่ใช้เป่าร่วมกับการปรับลดระยะเวลาการใช้งานลมอัดของกระบวนการผลิต คือ มาตรการด้านการบริหารจัดการในส่วนความต้องการของอากาศอัด สุดท้ายจะไปสัมพันธ์กับปริมาณอากาศอัดในส่วนต้องการอากาศอัดของระบบที่ลดลง

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบลมอัดในการเป่าถุงมือยางให้หลุดออกจากแม่พิมพ์ ดังนี้

- 3.1 ดำเนินการปรับปรุงระบบการใช้ลมอัดที่เป่าถุงมือให้หลุดออกจาก Mold โดยทดลองลดขนาด ของรูท่อที่ใช้เป่าจากขนาดเดิม 10 mm และลดระยะเวลาการเป่าพร้อมทั้งปรับลดความดันอากาศอัดลง
- 3.2 ข้อสรุปของการปรับปรุงครั้งนี้ คือ ใช้แรงดันที่ 4 Bar เท่าเดิม ขนาดรูท่อลดลงเหลือ 5 mm และ การปรับเวลาที่ Timer โดยลดระยะเวลาในการเป่าแต่ละครั้งจาก 0.5 sec เป็น 0.2 sec
- 3.3 วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุง
- 3.4 ดำเนินการปรับปรุง
- 3.5 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

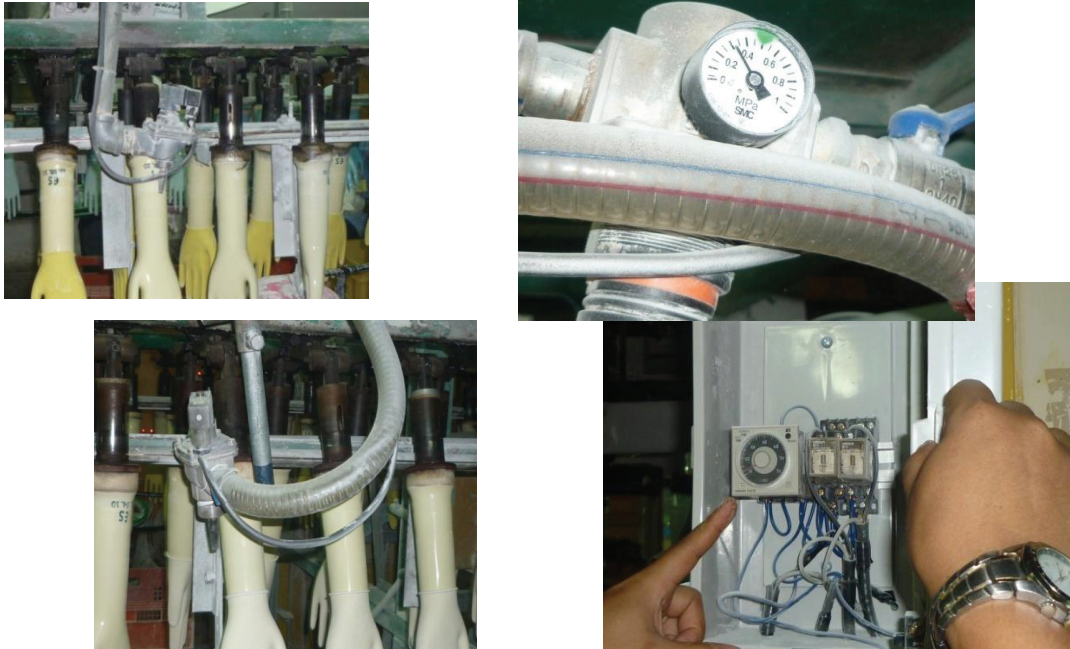
4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงานก่อนปรับปรุง	h_1	hr/day	8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ชั่วโมงการทำงานหลังปรับปรุง	h_2	hr/day	3.2	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	352	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.17	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 Load factor	LF	%	50	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม (ก่อน)	D_1	mm	10.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.7 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม (หลัง)	D_2	mm	5.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.8 ระดับความดันที่ใช้งานอากาศอัด	P_1	bar	4.00	เกจความดันหน้าเครื่องจักร
1.9 ความดันอากาศอัดที่ใช้งาน	P_2	bar	1.013	
1.10 จำนวนท่อลมเป่าถุงมือ	N	Unit	8	ข้อมูลจากเครื่องจักร
1.11 ค่าคงที่ของการรั่วไหลแบบรั่วโดยตรง	C_k	-	0.158	
1.12 ค่า SEC ของการอัดอากาศ	SEC	kW/L/sec	0.34	ข้อมูลจากเครื่องอัดอากาศ
2. การคำนวณ				
2.1 อัตราการไหลของอากาศอัดก่อนปรับปรุง $= C_k \times D_1^2 \times (P_1 + P_2) \times N$	Air_1	L/sec	633.64	
2.2 อัตราการไหลของอากาศอัดหลังปรับปรุง $= C_k \times D_2^2 \times (P_1 + P_2) \times N$	Air_2	L/sec	158.41	
2.3 พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง $= SEC \times Air_1 \times h_1 \times d \times LF$	E_1	kWh/yr	303,330.14	
2.4 พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง $= SEC \times Air_2 \times h_2 \times d \times LF$	E_2	kWh/yr	30,333.62	
2.5 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= E_1 - E_2$	E_s	kWh/yr	273,002.53	
2.6 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	865,418.01	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน (การปรับปรุงจำนวน 3 เครื่อง)	C	Baht	14,400	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.017	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงระบบการใช้ลมอัดที่เป่าถุงมือโดยการปรับลดขนาดท่ออากาศอัดและปรับลดระยะเวลาการเป่าถุงมือให้หลุดออกจากโมลลงพลว่าไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังส่งผลให้โรงงานมีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 2.2 แสดงหัวเป่าถุงมืออย่าง และ Timer ปรับเวลาในการเป่าหลังปรับปรุง

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงโดยทดลองปรับลดขนาดของรูท่อ ลดระยะเวลาการเป่าถุงมือ แต่ไม่สามารถลดแรงดันอากาศอัดให้ต่ำกว่าเดิมได้เนื่องจากกระทบต่อกระบวนการผลิตและการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นไปตามหัวข้อที่ 4 ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงหลังจากดำเนินการปรับปรุงที่ได้จากการคำนวณจึงเป็นไปตามการประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานในหัวข้อที่ 4

การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจริงสามารถคำนวณได้จากค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ยต่อเดือน : SEC ของเครื่องจักรนั้นๆ โดยผลประหยัดต่อปีคำนวณจาก

$$(SEC_{\text{เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักรก่อนปรับปรุง}} - SEC_{\text{เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักรหลังปรับปรุง}}) \times \text{ผลผลิตเฉลี่ยต่อปี}$$

โดยค่า SEC เฉลี่ยต่อเดือนได้จากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องจักร (Energy Input) เป็นรายเดือน และปริมาณผลผลิต (Product Output) ในช่วงเวลาเดียวกันของเครื่องจักรนั้น ๆ

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่องภายในโรงงาน เพื่อบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ
- วิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะและความร้อนจำเพาะของโรงงาน โดยอาจจะวิเคราะห์หลังรายละเอียดได้ในระดับเครื่องจักร เพื่อใช้เป็นตัวเลข Energy Baseline ของเครื่องจักรหรือเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรประเภทเดียวกันได้ เพื่อนำไปสู่การซ่อมบำรุง การจัดโหลดการใช้งานที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร เป็นต้น
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำแผนการตรวจสอบการรั่วไหลของลมอัดในระบบ
- จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้งานอากาศอัด
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการติดตามและประเมินผลผล เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า ระดับแรงดันลมอัดที่ใช้งาน การตั้งเวลาที่ Timer เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 3

การหุ้มฉนวนกันความร้อนของเครื่องฉีดพลาสติก

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ศรีไทยซูเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน)

สาขามตะนกร ชลบุรี

สถานที่ตั้ง : 700/13 ตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมือง

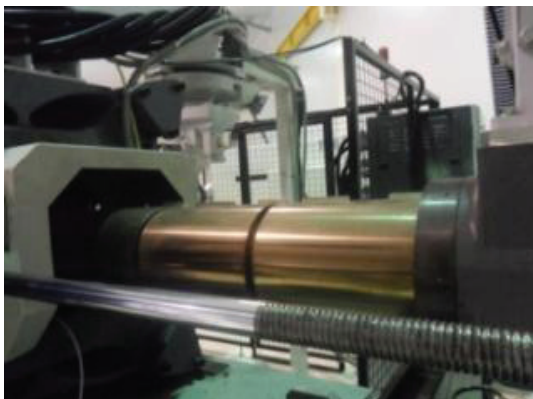
จังหวัดชลบุรี 20000

ผลิตภัณฑ์ : บรรจุภัณฑ์พลาสติก



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

เครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติกต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อนแก่ชุด Heater และการหมุนสกรูเพื่อหลอมละลายเม็ดพลาสติก การหลอมละลายเม็ดพลาสติกที่อยู่ในรูปของแข็งให้กลายเป็นของเหลวเพื่อจะฉีดเข้าแม่พิมพ์นั้นจำเป็นต้องใช้ความร้อนจาก Heater ไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงถึง 200°C โดยกระบอกฉีดไม่มีการหุ้มฉนวนความร้อนจะทำให้สูญเสียความร้อนให้กับบรรยากาศแวดล้อมตลอดเวลาเป็นผลให้ Heater ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก และอุณหภูมิอากาศภายในโรงงานค่อนข้างสูง ทั้งนี้หากดำเนินการติดตั้งฉนวนความร้อนที่กระบอกฉีด จะทำให้ Heater ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง และช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในโรงงานได้อีกทางหนึ่งด้วย



201 °C

รูปที่ 3.1 Heater และอุณหภูมิผิวของเครื่องฉีดที่ยังไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การประหยัดพลังงานเป็นหนทางหนึ่งที่จะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติกพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งของ Heater ไฟฟ้าต้องสูญเสียไปกับบรรยากาศในบริเวณกระบอกลด การติดตั้งชุดฉนวนกันความร้อนของกระบอกลด จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปหมายถึง วัสดุหรือวัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใด ด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆ หรือการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน ทั้งทางกายภาพและฟิสิกส์ ซึ่งลักษณะการถ่ายเทความร้อนดังกล่าวนี้มี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายๆ วิธีพร้อมกันหรือผสมผสานกัน ได้แก่ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

ในกรณีไม่หุ้มฉนวนกันความร้อนหรือกรณีหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ระดับความหนาต่างๆ กัน ค่าการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจะแตกต่างกันออกไป จากการติดตั้งฉนวนกันความร้อนสำหรับทรงกระบอกลดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 นิ้ว ที่ความหนาของฉนวน 1/2-1 1/2 นิ้วผลที่ได้คือสามารถลดการสูญเสียพลังงานความร้อนลงได้ประมาณ 73.89 - 97.63 % เมื่อเทียบกับที่ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน ทำให้ลดการสูญเสียพลังงานได้อย่างมากและยังสามารถนำพลังงานเหล่านั้นกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อีกทำให้ทั้งประหยัดเงินและลดพลังงาน

นอกจากนี้หลังจากการหุ้มฉนวนกันความร้อนจะทำให้อุณหภูมิบริเวณที่ทำงานโดยรอบลดลง และช่วยให้บรรยากาศในการทำงานดีขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เพื่อลดการสูญเสียความร้อนที่ Heater barrel ของเครื่องฉีดพลาสติกเนื่องจากการรั่วไหลของความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 ตรวจวัดกำลังไฟฟ้า อุณหภูมิผิวของ Heater barrel และอุณหภูมิในการใช้งานก่อนปรับปรุง
- 3.2 ตรวจวัดขนาดพื้นที่ของ Heater barrel ที่จะหุ้มฉนวน
- 3.3 วิเคราะห์ผลกระทบทางด้านกระบวนการผลิต คุณภาพของสินค้าและการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้น
- 3.4 ดำเนินการปรับปรุงโดยการติดตั้งชุดฉนวนกันความร้อนที่ Heater barrel
- 3.6 ตรวจสอบอุณหภูมิที่ผิวหลังหุ้มฉนวน
- 3.5 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	320	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.10	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 พื้นที่ผิวร้อนของผนังกระบอกฉีด	A	m ² /Unit	0.565	จากการตรวจวัด
1.5 อุณหภูมิผิวก่อนหุ้มฉนวน	$t_{s,1}$	°C	200	จากการตรวจวัด
1.6 อุณหภูมิผิวหลังหุ้มฉนวน	$t_{s,2}$	°C	80	จากการตรวจวัด
1.7 อุณหภูมิสภาพแวดล้อม	t_a	°C	34	จากการตรวจวัด
1.8 Surface coefficient ของพื้นผิววัตถุที่แผ่ความร้อน	α	-	2.2	
1.9 Surface emissivity	ϵ	-	0.35	วัสดุ Stainless steel
1.10 จำนวนเครื่องฉีดพลาสติกที่ปรับปรุง	n	Unit	10	
2. การคำนวณผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อ 1 Unit				
2.1 การสูญเสียความร้อนโดยการพา-ก่อนหุ้มฉนวน $Q_{1,b} = \alpha \times (t_{s,1} - t_a)^{1.25} \times 4.186$	$Q_{1,b}$	kJ/m ² hr	5,487.28	
2.2 การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี-ก่อนหุ้มฉนวน $Q_{2,b} = 4.88 \times \epsilon \times [(t_{s,1} + 273.15)/100]^4 - [(t_a + 273.15)/100]^4 \times 4.186$	$Q_{2,b}$	kJ/m ² hr	2,946.96	
2.3 การสูญเสียความร้อนรวมก่อนปรับปรุง $Q_{t,b} = (Q_{1,b} + Q_{2,b}) \times A$	$Q_{t,b}$	kJ/hr	4,765.35	
2.4 การสูญเสียความร้อนโดยการพา-หลังหุ้มฉนวน $Q_{1,a} = \alpha \times (t_{s,2} - t_a)^{1.25} \times 4.186$	$Q_{1,a}$	kJ/m ² hr	1,103.24	
2.5 การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี-หลังหุ้มฉนวน $Q_{2,a} = 4.88 \times \epsilon \times [(t_{s,2} + 273.15)/100]^4 - [(t_a + 273.15)/100]^4 \times 4.186$	$Q_{2,a}$	kJ/m ² hr	475.74	
2.6 การสูญเสียความร้อนรวมหลังปรับปรุง $Q_{t,a} = (Q_{1,a} + Q_{2,a}) \times A$	$Q_{t,a}$	kJ/hr	892.12	
2.7 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการหุ้มฉนวน $E_{s,1} = (Q_{t,b} - Q_{t,a}) \times h \times D / (1,000 \times 3.6)$	$E_{s,1}$	kWh/yr/Unit	8,262.89	(1 kWh = 3.6 MJ)
2.8 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวม $E_s = n \times E_{s,1}$	E_s	kWh/yr	82,628.90	
2.9 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $S_c = E_s \times C_e$	S_c	บาท/yr	256,149.60	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน (การปรับปรุงจำนวน 10 เครื่อง)	C	Baht	300,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	1.17	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

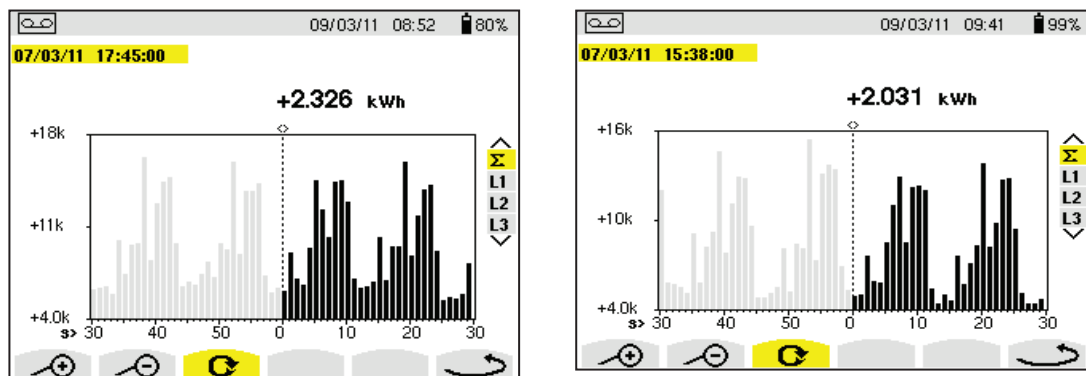
ดำเนินการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ Heater Barrel ของเครื่องฉีดพลาสติกจำนวน 10 Unit ดังรูปที่ 3.2 พบว่าอุณหภูมิที่ผิวภายนอกของเครื่องฉีดพลาสติกลดลง



รูปที่ 3.2 การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่กระบอกฉีดพลาสติก

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการติดตั้งฉนวนบริเวณ Heater Barrel ของเครื่องฉีดพลาสติก โดยใช้เวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์ ผลจากการตรวจวัด Electrical Profile และอุณหภูมิที่ผิวก่อนและหลังดำเนินการหุ้มฉนวนที่กระบอกพลาสติกแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 Electrical Profile ของเครื่องฉีดพลาสติกก่อนและหลังดำเนินการหุ้มฉนวน



201 °C

(ก) ก่อนดำเนินการปรับปรุง



79.9 °C

(ข) หลังดำเนินการปรับปรุง

รูปที่ 3.4 อุณหภูมิที่ผิวบริเวณ Heater Barrel เครื่องฉีดพลาสติกก่อนและหลังดำเนินการหุ้มฉนวน

ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการตรวจวัด

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อ 15 นาที : kW	9.30	8.12
ชั่วโมงการทำงานต่อวัน : h/d	24	24
จำนวนวันทำงาน : d/yr	320	320
จำนวนเครื่องฉีดพลาสติก : Unit	10	10
ราคาไฟฟ้าเฉลี่ย : Baht/kWh	3.10	3.10
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี : kWh/yr	714,240	623,616
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี : บาท/yr	2,214,144	1,933,210
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ : kWh/yr	90,624.00	
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ : Baht/yr	280,934.40	
เงินลงทุน : Baht/yr	300,000.00	
ระยะเวลาคืนทุน : yr	1.07	

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าประจำเครื่องฉีดพลาสติกแต่ละเครื่อง
- ควรพิจารณาเพิ่มเติมความหนาของฉนวนหรือเปลี่ยนประเภทของฉนวน (หากมีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่) เพื่อให้อุณหภูมิผิวหลังติดฉนวนลดลง
- ควรจัดทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องฉีดพลาสติกแต่ละเครื่อง โดยเก็บข้อมูลการหลอมพลาสติกแต่ละประเภท เพื่อใช้เป็น Energy Baseline ของการหลอมพลาสติกแต่ละประเภท
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องฉีดพลาสติกและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการเฝ้าระวัง เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า ตรวจวัดอุณหภูมิผิว กำหนดมาตรฐานการตั้งค่าอุณหภูมิที่ Heater ของการหลอมพลาสติกแต่ละชนิด เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม
- ควรติดต่อเพื่อขอข้อมูลอุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานผู้ผลิตเครื่องจักร

กรณีศึกษาที่ 4

การลดจำนวน Heating Lamp ในเครื่องเป่าขวดพลาสติก

ข้อมูลพื้นฐานของสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท อิมโก้ ฟู้ดแพ็ค จำกัด

สถานที่ตั้ง : 88 หมู่ที่ 1 นิคมอุตสาหกรรมเวลโกรว์

ถนนบางนาตราด กม.36 ตำบลหอมศีล อำเภอบางปะกง

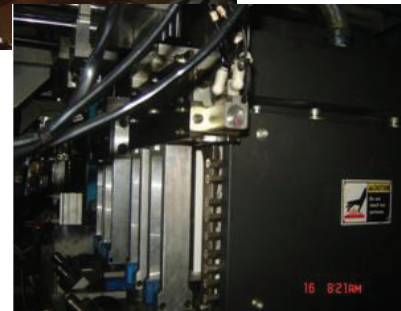
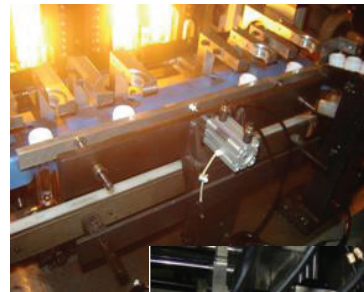
จังหวัดฉะเชิงเทรา 24180

ผลิตภัณฑ์ : บรรจุภัณฑ์พลาสติก



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

โรงงาน อิมโก้ ฟู้ดแพ็ค จำกัด เป็นโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่อาหารและเครื่องดื่ม จากการตรวจสอบพบว่าในกระบวนการเป่าขึ้นรูปภาชนะพลาสติก (เครื่อง ASB) มีการใช้พลังงานไฟฟ้าถึงร้อยละ 63 ของกระบวนการผลิตจากการใช้งานในปัจจุบันพบว่าเครื่อง ASB มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อนในขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปเม็ดพลาสติกสูงมากและมีการใช้ Heating Lamp มากเกินความจำเป็น ดังนั้นทีมงานฝ่ายผลิตและทีมงานช่างจึงมีแนวความคิดที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการลดจำนวน Heating Lamp ซึ่งเป็นคอมไฟความร้อนอินฟราเรดของเครื่อง ASB



รูปที่ 4.1 การใช้งานหลอด Heating lamp ในเครื่อง ASB

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

หลังจากดำเนินการตรวจสอบภายในกระบวนการผลิตของโรงงานหนึ่งๆ แล้วพบว่า ถ้าสามารถปรับลดการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้พลังงานลงได้ ซึ่งอาจจะหมายถึงการลดขนาดฟีดเครื่องจักร/อุปกรณ์ลง ยกเลิกการใช้งานเครื่องจักร/อุปกรณ์แบบถาวรหรือชั่วคราว หรือลดระยะเวลาการใช้งานเครื่องจักร/อุปกรณ์ลง เหล่านี้ล้วนเป็นมาตรการที่สามารถดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์พลังงานลงได้ทั้งสิ้น ทั้งนี้ต้องได้รับการทดสอบว่าจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ เหล่านี้

- ต้องไม่กระทบต่อกำลังการผลิตและสภาพแวดล้อมของการทำงาน
- ต้องไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเครื่องจักร เป็นต้น

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องเป่า ASB มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- 3.1 เครื่อง ASB-02 กำหนดลดจำนวนหลอด Heating lamp 1,000W จาก 80 Unit เหลือ 64 Unit
- 3.2 เครื่อง ASB-03 กำหนดลดจำนวนหลอด Heating lamp 1,000W จาก 96 Unit เหลือ 80 Unit
- 3.3 ตรวจสอบคุณภาพของสินค้าต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิต
- 3.4 วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นหลังจากดำเนินการปรับปรุง
- 3.5 ดำเนินการปรับปรุง
- 3.6 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.12	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 Load factor	LF	%	95	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 กำลังไฟฟ้าของ Heating lamp	P	W	1,000	ข้อมูลจากโรงงาน
1.7 จำนวน Heating lamp เครื่อง ASB-02 ก่อน	$n_{1,b}$	Unit	80	ข้อมูลจากโรงงาน
1.8 จำนวน Heating lamp เครื่อง ASB-02 หลัง	$n_{1,a}$	Unit	64	ข้อมูลจากโรงงาน
1.9 จำนวน Heating lamp เครื่อง ASB-03 ก่อน	$n_{2,b}$	Unit	96	ข้อมูลจากโรงงาน
1.10 จำนวน Heating lamp เครื่อง ASB-03 หลัง	$n_{2,a}$	Unit	80	ข้อมูลจากโรงงาน
2. การคำนวณ				
2.1 พลังงานไฟฟ้าของ Heating lamp ก่อนปรับปรุง $= P \times (n_{1,b} + n_{2,b}) / 1,000 \times h \times d \times LF$	E_1	kWh/yr	1,464,672.00	
2.2 พลังงานไฟฟ้าของ Heating lamp หลังปรับปรุง $= P \times (n_{1,a} + n_{2,a}) / 1,000 \times h \times d \times LF$	E_2	kWh/yr	1,198,368.00	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_5 = E_1 - E_2$	E_5	kWh/yr	266,304.00	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= E_5 \times C_e$	S_c	Baht/yr	830,868.48	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	-	

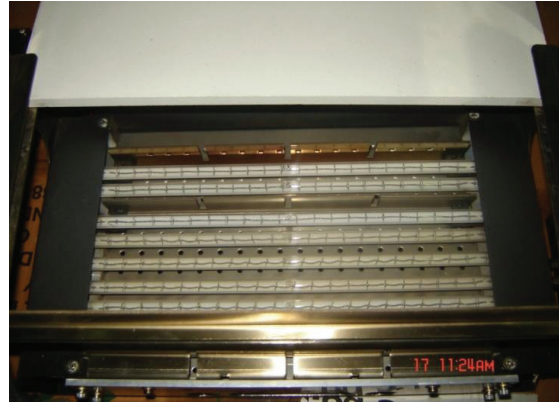
5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงโดยการลดจำนวน Heating Lamp ในเครื่องเป่า ASB-02 และ ASB-03 รวมทั้งสิ้น 144 Unit พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงโดยการปรับลดจำนวนหลอด Heating Lamp ขนาด 1,000 W ในเครื่องเป่าขวด PET พบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผ่านมาตรฐานและไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตโดยหลังดำเนินการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นไปตามหัวข้อที่ 4 ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานจะเป็นไปตามการประเมินข้างต้น



รูปที่ 4.2 หลอด Heating lamp
ที่ถูกลดจำนวนลงในเครื่อง ASB

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่องภายในโรงงาน เพื่อบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ
- วิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงาน หรือเครื่องจักรหลักที่ใช้พลังงานสูง เพื่อเป็นตัวเลข Energy baseline ของเครื่องจักรสำหรับใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงหรือซ่อมบำรุง การจัดโหลดการใช้งานที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร เป็นต้น
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการติดตามและประมวลผล เช่น ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่เครื่องจักรหรือชุด Heater ใช้ การตั้งค่าอุณหภูมิ อัตราการผลิต กำหนดค่าเกณฑ์พารามิเตอร์ต่างๆ เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

กรณีศึกษาที่ 5

การเปลี่ยนวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้ Vacuum อบสีแทนตู้ Oven

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท โมเดอร์น ไดสตัฟส์ แอนด์ พิกเมนต์ส์ จำกัด
 สถานที่ตั้ง : 688/3 หมู่ 1 ถนนชลบุรี-ระยอง
 ตำบลคลองกิ่ว อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี 20220
 ผลิตภัณฑ์ : สี



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการผลิตของโรงงาน มีการใช้ไอน้ำและไฟฟ้าในการอบแห้งสี โดยทางโรงงานตั้งความดันไอน้ำใช้งานไว้ที่ความดัน 6 Barg โดยปกติทางโรงงานจะทำการอบแห้งสีโดยใช้ตู้อบ Oven โดยทำการตากสีที่จะอบลงในถาดแล้วใช้ความร้อนจากไอน้ำเป็นตัวไล่ความชื้น จนได้ความชื้นตามต้องการ ซึ่งต้องใช้เวลานานมาก ในการอบ Oven (45 hr) ในการอบแต่ละครั้งจะใช้ตู้อบจำนวน 3 Unit ใน 1 yr จะมีการอบสี A3J0, L320, L540 และ L550 จำนวน 150 Lot/yr



รูปที่ 5.1 ภาพตู้อบ Oven ของทางโรงงาน

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเพาะของการอบสีแต่ละครั้งในการอบด้วยตู้ Oven พบว่าจะใช้ไอน้ำ 6,750 kg/Lot และใช้ไฟฟ้า 2,497.5 kWh/Lot ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้เวลาและพลังงานในการอบค่อนข้างสูง ดังนั้นทางโรงงานจึงค้นหาแนวทางการปฏิบัติเพื่อลดการใช้พลังงานดังกล่าวลง จึงได้ทำการศึกษาการใช้ตู้อบบแบบสุญญากาศเดิมของทางโรงงาน พบว่าสามารถใช้อบแห้งสี A3J0, L320, L540 และ L550 ได้จากการทดลองอบแห้งสีโดยใช้ตู้ Vacuum พบว่าใช้เวลาในการอบเพียง 8 hr

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เครื่องอบแห้งสุญญากาศเป็นเครื่องอบ (Drier) ประเภท Batch type ที่ทำงานภายใต้สภาวะที่ความดันอากาศต่ำกว่าความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) หรือสุญญากาศ ตาม phase diagram ทำให้น้ำสามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำลง โดยน้ำระเหยออกได้ที่อุณหภูมิประมาณ 40 - 80 °C ขึ้นอยู่กับความดันสุญญากาศที่ใช้ โดยวัตถุดิบที่ต้องการจะอบจะวางบนถาดที่อยู่ในตู้อบที่เป็นทรงกระบอกนอน เนื่องจากรูปทรงกลมจะสามารถทนแรงดันสุญญากาศได้ดีกว่ารูปทรงอื่นที่มีความหนาเท่ากัน ทั้งนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบจะต่ำกว่าตู้อบแบบธรรมดา

การทำให้เกิดสุญญากาศในห้องอบทำได้โดยจะใช้ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) เป็นตัวสร้างความดันติดลบโดยสูบน้ำอากาศออก การทำแห้งด้วยเครื่องอบสุญญากาศจะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการทำแห้งที่ความดันบรรยากาศ

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 วิจัยการทำงานของตู้อบสี่ Oven คุณภาพของสี่ที่ต้องการและการใช้พลังงาน (ปัจจุบัน)
- 3.2 ศึกษาการทำงานของตู้อบแบบ Vacuum
- 3.3 ทดสอบการอบสี่ด้วยตู้อบแบบ Vacuum และปรับแต่งการตั้งค่าควบคุมต่างๆ จนได้ผลิตภัณฑ์สี่ตามที่ต้องการ
- 3.4 ประเมินผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากการใช้ตู้อบแบบ Vacuum แทนตู้อบ Oven
- 3.5 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว ต้องไม่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตคุณภาพสินค้า ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมการทำงาน
- 3.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.7 ดำเนินการปรับปรุงโดยเปลี่ยนวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้ Vacuum อบสี่ A3J0, L320, L540, L550 แทนตู้ Oven
- 3.8 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานโดยการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า ปริมาณไอน้ำ จัปเวลาการทำงาน น้ำหนักผลผลิตเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเพาะหลังปรับปรุง



รูปที่ 5.2 ภาพตู้อบ Oven ของทางโรงงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
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	1,550	ข้อมูลจากการทดลอง
1.4 ปริมาณไฟฟ้าใช้ในการอบ	E_{va}	kWh/Lot	720	ข้อมูลจากการทดลอง
1.5 การอบสี A3J0, L320, L540 และ L550	n	Lot/ปี	150	จากการทำงานจริง
1.6 ความดันไอน้ำที่ใช้ใช้งาน		Bar.g	6	จากการทำงานจริง
1.7 เอนทาลปีของไอน้ำที่ความดัน 6 Barg	h_g	kJ/kg	2,763	จากตารางไอน้ำ
1.8 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง NG	LHV_f	MJ/MMBTU	1,055.16	ข้อมูลจริง
1.9 ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ย	C_f	Baht/MMBTU	241.08	จากการทำงานจริง
		Baht/MJ	0.2284	
1.10 ค่าพลังงานไฟฟ้า	E_c	Baht/kWh	3.44	
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง				
2.1 พลังงานความร้อนก่อนทำการปรับปรุง $(m_{so} \times n \times h_g) / 1,000$	Q_b	MJ/yr	2,797,537.5	
2.2 พลังงานไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุง = $E_{so} \times n$	E_b	kWh/yr	374,625	
การใช้พลังงานหลังปรับปรุง				
2.3 พลังงานความร้อนหลังทำการปรับปรุง $(M_{va} \times n \times h_g) / 1,000$	Q_a	MJ/yr	642,397.50	
2.4 พลังงานไฟฟ้าหลังทำการปรับปรุง = $E_{va} \times n$	E_a	kWh/yr	108,000	
2.5 พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ = $Q_b - Q_a$	Q_s	MJ/yr	2,155,140	
2.6 คิดเป็นค่าใช้จ่ายพลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ = $Q_s \times C_f$	C_q	Baht/yr	492,233.98	
2.7 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = $E_b - E_a$	E_s	kWh/yr	266,625	
2.8 คิดเป็นค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s \times E_c$	C_e	Baht/yr	917,190	
2.9 ผลการประหยัดรวมทั้งสิ้น = $C_q + C_e$	S_c	Baht/yr	1,409,423.98	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนติดตั้งอุปกรณ์	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน = C / S_c	PB	yr	-	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ทำการปรับปรุงโดยเปลี่ยนวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้ Vacuum อบสี A3J0, L320, L540, L550 แทนตู้ Oven พบว่าคุณภาพผิวของสีเป็นไปตามมาตรฐานและสามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนลงได้

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังปรับปรุงพบว่าการอบแห้งสี A3J0, L320, L540, L550 โดยการใช้ตู้ Vacuum และบันทึกข้อมูลด้านการใช้พลังงานของตู้ Vacuum พบว่าในการอบสีแต่ละครั้งใช้เวลาในการอบเพียง 8 ชั่วโมงในการอบด้วยตู้ Vacuum

ปริมาณไอน้ำใช้ในการอบต่อ Lot	1,600	kg/Lot
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบต่อ Lot	720	kWh/Lot
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	2,134,417.50	MJ/yr
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	266,625	kWh/yr
ผลการประหยัดที่เกิดขึ้นรวม	1,404,690.96	Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ฝ่ายวิจัยและพัฒนาของโรงงานควรศึกษาค้นคว้าและขยายแนวคิดนี้ในการอบแห้งสีรหัสอื่นๆ ในกระบวนการผลิตทั้งนี้ต้องทดสอบการปรับตั้งค่าควบคุม ต่างๆ เพื่อให้คุณสมบัติได้ตามมาตรฐาน
- ควรติดตั้ง Flow meter, Pressure meter และมิเตอร์ไฟฟ้าประจำเครื่องจักรภายในโรงงาน เพื่อบันทึกการใช้พลังงานประจำอย่างสม่ำเสมอ
- วิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องจักร เพื่อตรวจติดตาม การกำหนดเป้าหมายหรือเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรประเภทเดียวกัน เพื่อนำไปสู่แผนการซ่อมบำรุง การจัดโหลดการใช้ งานที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร เป็นต้น
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการติดตามและ ประมวลผลและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 6

การเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตของเครื่องฉีดพลาสติกแบบ Hydraulic และแบบ All-electric IM machine

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท เบญจมิตรบรรจุภัณฑ์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 111 หมู่ที่ 5 ถนนพุทธมณฑลสาย 4

อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73220

ผลิตภัณฑ์ : บรรจุภัณฑ์พลาสติก



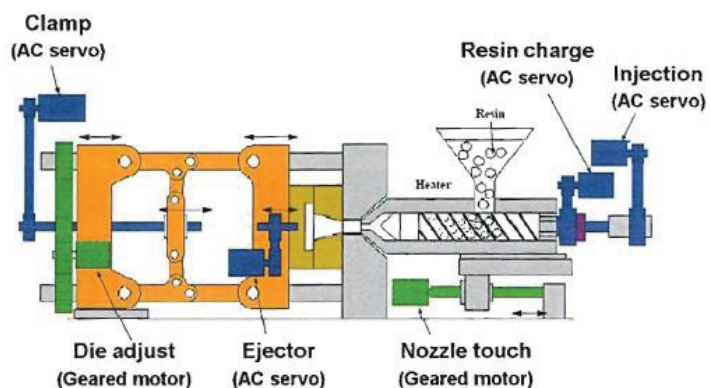
1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

การประหยัดพลังงานของเครื่องจักรในสายการผลิตได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งในส่วนของบริษัทฯ ได้มีการส่งเสริมเกี่ยวกับการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตต่างๆ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและเน้นการอนุรักษ์พลังงานเป็นหลัก

ดังนั้นทางโรงงานจึงมีโครงการศึกษาการผลิตชิ้นงานพลาสติกของบริษัทฯ ซึ่งมีการใช้งานเครื่องฉีดพลาสติกสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานอยู่ 2 ชนิดคือ แบบ Hydraulic และ แบบ All-electric IM machine เนื่องจากมีความแตกต่างกันในเรื่องประสิทธิภาพของการผลิตและในเรื่องของการประหยัดพลังงาน เพื่อเป็นตัวแปรในการเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตและเป็นแนวทางในการตัดสินใจของฝ่ายบริหาร จึงต้องมีการศึกษาข้อมูลและความเป็นไปได้ในการทำงานของเครื่องจักรแต่ละชนิด

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เครื่อง Injection molding machine แบบ Electric (Electric IM machine) เป็นเครื่องที่ใช้ Servo-motor แทน Hydraulic motor ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดพลังงานได้ 30-60% ตัวอย่างเครื่อง All-electric IM machine แสดงได้ดังรูปที่ 6.1

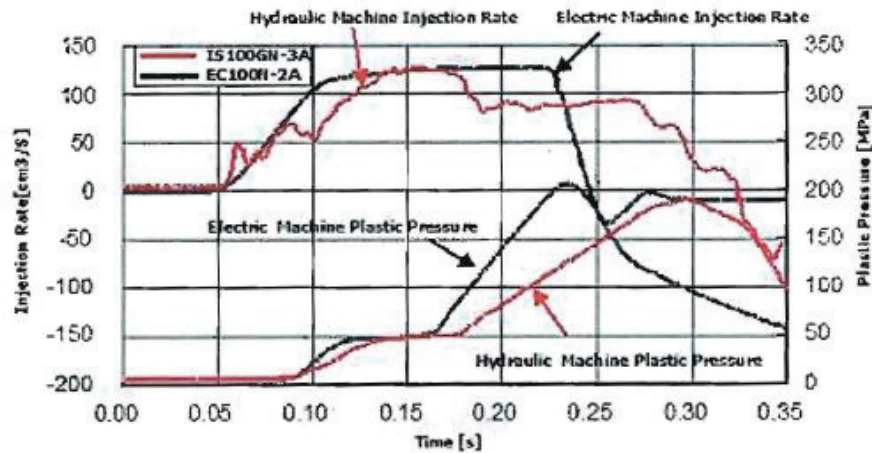


ตัวอย่าง All-electric IM machine (Toshiba machine)

รูปที่ 6.1 ตัวอย่าง เครื่อง All-electric IM machine

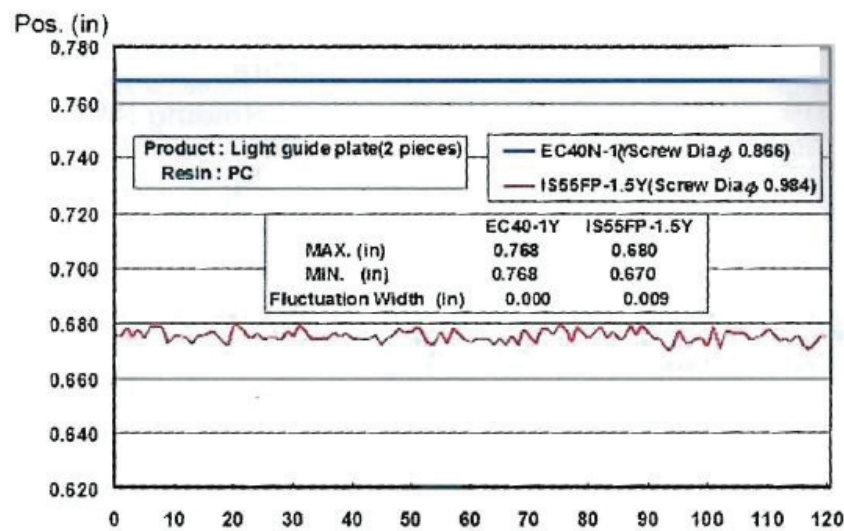
ข้อเปรียบเทียบสำหรับระหว่าง Electric machine และ Hydraulic machine

1. Injection rate profile จะแตกต่างกันโดย Hydraulic machine ขึ้นอยู่กับ Pressure resistance แต่ Electric machine จะค่อนข้างคงที่แสดงได้ดังรูปที่ 6.2



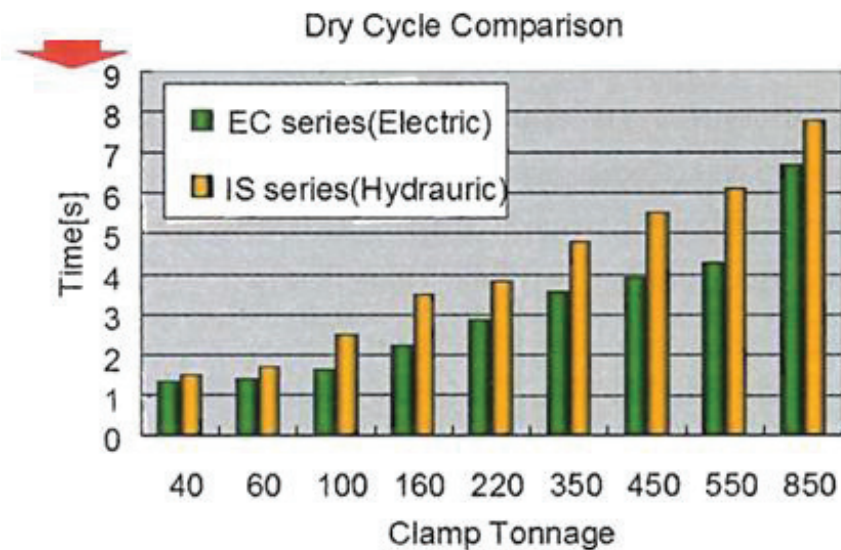
รูปที่ 6.2 การเปรียบเทียบค่า Injection rate profile

2. ความเสถียรของตำแหน่ง Injection start position พบว่าเครื่อง Electric machine มีตำแหน่งในการ start เสถียรค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับ Hydraulic machine ที่มีการแกว่ง 0.009 in แสดงได้ดังรูปที่ 6.3



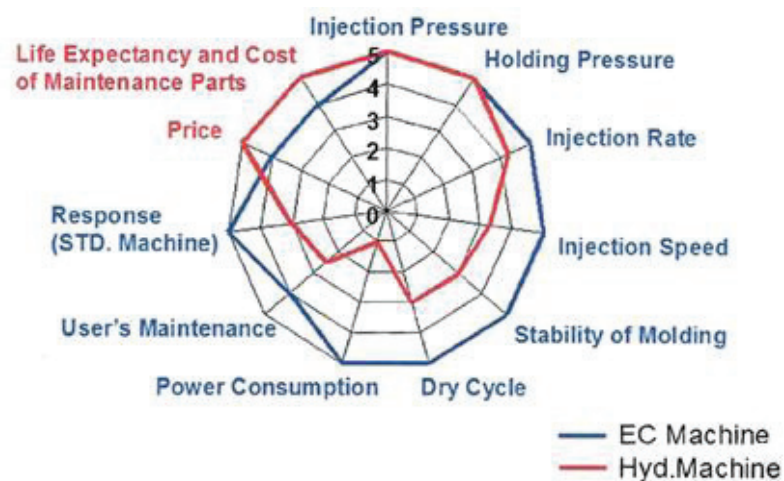
รูปที่ 6.3 การเปรียบเทียบความเสถียรของ Injection start position

3. Dry cycle พบว่าเครื่อง Electric machine ใช้เวลาสั้นกว่า Hydraulic machine ในทุกๆขนาดของเครื่อง แต่จะพบว่าเครื่องที่มีขนาดเล็กนั้นจะมีความแตกต่างของ Dry cycle ระหว่างเครื่องทั้งสองชนิดน้อยกว่าในเครื่องขนาดใหญ่ ที่จะได้เห็นได้ว่า Electric machine มี Dry cycle ที่สั้นกว่าอย่างชัดเจน แสดงได้ดังรูปที่ 6.4



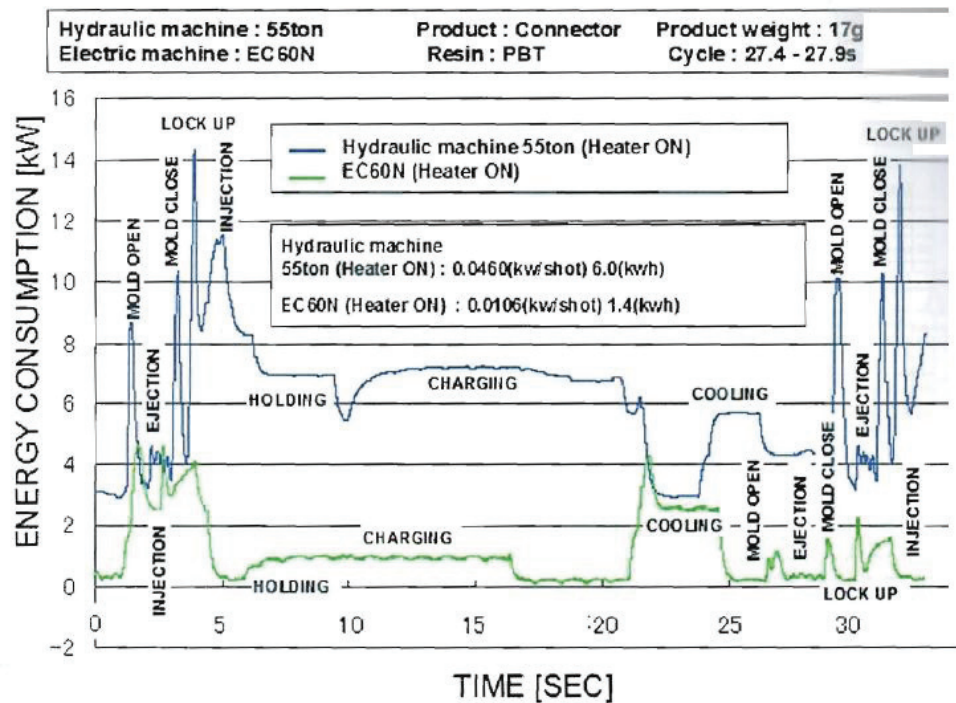
รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบ Dry Cycle

4. Characteristic chart เมื่อพิจารณาจะพบว่าโดยส่วนใหญ่เครื่อง Electric machine จะมีสมบัติที่ดีกว่า Hydraulic machine ทั้งในด้านที่มี Injection rate, Injection speed, Stability of molding ที่สูงกว่า ในขณะที่ Dry cycle ก็ใช้เวลาที่สั้นกว่าและใช้พลังงานที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ยังมีการตอบสนองของเครื่องจักร (Respond STD, machine) ที่เร็วกว่า Hydraulic machine และต้องการการดูแลรักษาที่ต่ำกว่า มีแต่เพียงในด้านราคาของเครื่องจักร ราคาของชิ้นส่วน และอายุการใช้งานเท่านั้นที่ Hydraulic machine นั้นสูงกว่าของ Electric machine ในขณะที่การทำงานของเครื่องจักรในด้าน Injection pressure และ holding pressure ไม่มีความแตกต่าง



รูปที่ 6.5 Characteristic chart

5. Energy Consumption เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่อง Hydraulic machine และ Electric machine จะพบว่า Hydraulic machine นั้นจะใช้พลังงานสูงกว่า Electric machine ในเกือบทุกขั้นตอนของการใช้งาน ตั้งแต่การเปิด/ปิด mold, injection, charging และ cooling เป็นต้น โดยพบว่า Hydraulic machine ใช้พลังงานมากกว่า Electric machine ประมาณ 77% แสดงได้ดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 Energy consumption ระหว่าง Hydraulic machine และ Electric machine

6. Running Cost ระหว่าง Hydraulic machine และ Electric machine ทั้ง 1 ปี, 3 ปี และ 5 ปี พบว่า Hydraulic machine นั้นมี running cost ที่สูงกว่า Electric machine ตลอดเนื่องจาก Hydraulic machine นั้นมีการใช้ Oil และ Cooling water ทำให้มี Running Cost ที่สูงกว่าในขณะที่ Electric machine จะใช้ Cooling water เพียง Unit เดียวเท่านั้นจึงมี running cost ต่ำกว่า

Electricity cost comparison	Average power consumption	Electricity cost		
	kW/hr	1 st year	3 rd year	5 th year
55-ton hydraulic	6.0	933,120	2,799,360	4,665,600
60-ton electric	1.4	217,728	653,184	1,088,640
Difference		715,392	2,146,176	3,576,960

รูปที่ 6.7 การเปรียบเทียบ Running Cost

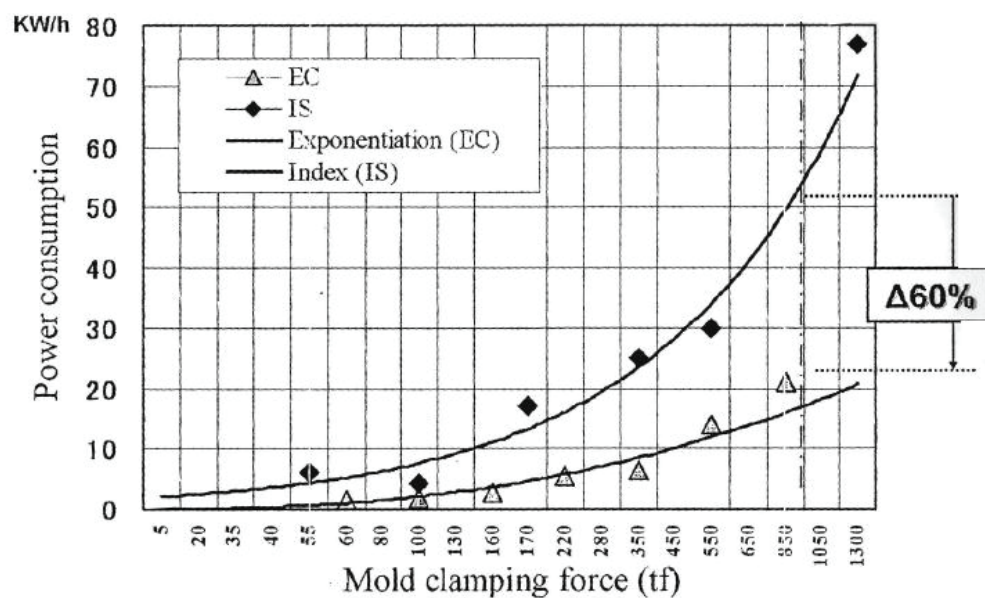
Oil cost comparison	Operating oil amount	Oil cost		
	L	1 st year	3 rd year	5 th year
55-ton hydraulic	130	15,600	0	15,600
60-ton electric	0	0	0	0
Difference		15,600	0	15,600

Comparison of cost of water for cooling oil	Cooling water consumption	Cost of water for cooling oil		
	Tons/day	1 st year	3 rd year	5 th year
55-ton hydraulic	36	324,000	972,000	1,620,000
60-ton electric	0	0	0	0
Difference		324,000	972,000	1,620,000

Overall comparison	Overall running coat difference		
	1 st year	3 rd year	5 th year
	1,054,992	3,118,176	5,212,560

รูปที่ 6.7 การเปรียบเทียบ Running Cost (ต่อ)

7. Power Consumption เมื่อเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่อง Injection แบบ Hydraulic machine และ Electric machine พบว่า Hydraulic machine นั้นมีการใช้ Power consumption ที่สูงกว่าในทุกๆ mold clamping force โดย Electric machine มีการใช้ Power consumption ที่น้อยกว่า 60%



รูปที่ 6.8 การเปรียบเทียบ Power consumption

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 บันทึกข้อมูล Electrical profile ของเครื่องฉีดพลาสติกแบบ Hydraulics (IJV08-011) และแบบ All electric (JS11-016)
- 3.2 ประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรทั้งสอง ทั้งนี้ในการตรวจวิเคราะห์ต้องพิจารณาปัจจัยในเรื่องจังหวะของการผลิตชิ้นงานของเครื่องฉีดพลาสติกทั้ง 2 ประเภทว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร เช่น ช่วง Mold close, Injection (Increase pressure), Injection (Filling), Holding, Cooling จนถึง Mold Open
- 3.3 ประเมินผลโดยพิจารณาถึงปัจจัยในการผลิตของเครื่องจักรทั้งสองที่มีความแตกต่างกัน เช่น พลังงานไฟฟ้า และน้ำที่ใช้ในระบบ Cooling น้ำมันสำหรับระบบ Hydraulic และกำลังการผลิต
- 3.4 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว เช่น กำลังการผลิต คุณภาพชิ้นงาน ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมการทำงาน
- 3.5 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.6 ดำเนินการปรับปรุง
- 3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนดำเนินการตรวจวัด

เป็นการศึกษาในโครงการผลิตชิ้นงานพลาสติกของบริษัท เบญจมิตรบรรจุกภัณฑ์ จำกัด โดยใช้เครื่องฉีดพลาสติกในการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีอยู่ 2 ชนิด คือ แบบ Hydraulic และ All-electric เพื่อศึกษาถึงข้อแตกต่างกันในเรื่องประสิทธิภาพการผลิตและเรื่องการประหยัดพลังงาน โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาคือ การผลิตถ้วยโพลีคาร์บอเนตชนิด PS น้ำหนัก 12 g และ แม่พิมพ์แบบ 4



รูปที่ 6.9 เครื่องฉีดพลาสติกแบบ All Electric



รูปที่ 6.10 เครื่องฉีดพลาสติกแบบ Hydraulic

ข้อมูลประกอบการวิเคราะห์เปรียบเทียบแสดงได้ดังตารางที่ 6.10

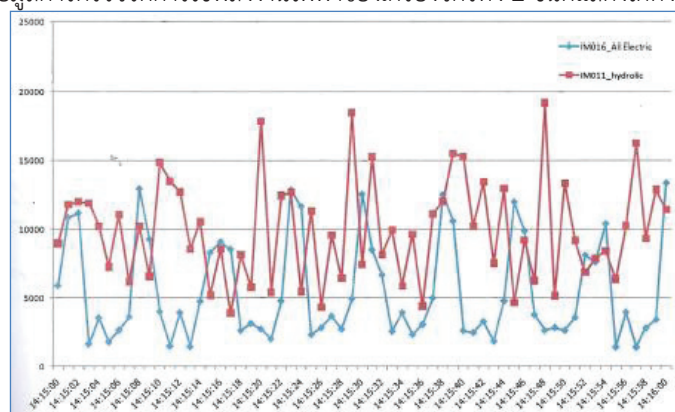
ตารางที่ 6.10 ข้อมูลประกอบของเครื่องฉีดพลาสติกทั้ง 2 ประเภท

Manufac.		Sumitomo	Victor
No.		IJS11-016	IJV08-0011
Model		SE180DUZ	VE-140
kW	min	934.86	3,515.46
	max	14,328.50	22,470.01
kWh	@Hr1	5.36	9.53
	@Hr2	5.37	9.12
	Total	10.72	18.65
	Average/hr	5.36	9.33
Average saving/1hr	kWh	3.96	-
	%	42.51	-
Production@2hr	Piece	1,659	1,157
	kg	19.91	12.73
SEC	kWh/piece	0.0032	0.0081
	kWh/kg	0.54	1.47

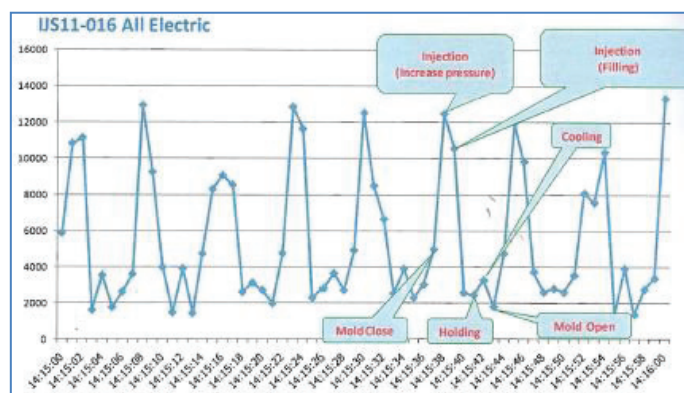
5. ผลของการตรวจวัดด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการตรวจวัด

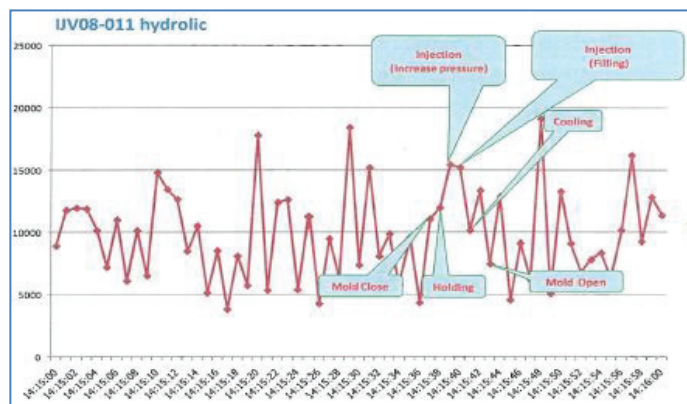
จากข้อมูลการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรทั้ง 2 ชนิดแสดงได้ดังรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 Electrical profile ของเครื่องฉีดพลาสติกแบบ Hydraulic และ All electric



รูปที่ 6.12 การใช้พลังงานในแต่ละจังหวะการทำงานเครื่องฉีดพลาสติกแบบ All Electric



รูปที่ 6.13 การใช้พลังงานในแต่ละจังหวะการทำงานเครื่องฉีดพลาสติกแบบ Hydraulic

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการ

1. ผลการประหยัดที่เกิดจากการพิจารณาถึงปัจจัยในการผลิต

Cost Saving the same running time

Electricity cost comparison	Average power consumption	Electricity cost (Thai Baht)		
	kW/hr	1 st year	3 rd year	5 th year
140-ton hydraulic (IJV08-011)	9.33	265,399	796,197	1,326,995
180-ton electric (IJS11-016)	5.36	152,469	457,408	762,346
Difference		112,930	338,789	584,648
Oil cost comparison	Operating oil amount	Oil cost (Thai Baht)		
	L	1 st year	3 rd year	5 th year
140-ton hydraulic (IJV08-011)	195	11,115	33,345	55,575
180-ton electric (IJS11-016)	0	0	0	0
Difference		11,115	33,345	55,575
Comparison of cost of water for cooling oil	Cooling water consumption	Cost of water for cooling oil (Thai Baht)		
	Tons/day	1 st year	3 rd year	5 th year
140-ton hydraulic (IJV08-011)	10.35	89	266	443
180-ton electric (IJS11-016)	0	0	0	0
Difference		89	266	443
Overall comparison		Overall running coat difference (Thai Baht)		
		1 st year	3 rd year	5 th year
140-ton hydraulic (IJV08-011)		276,603	829,808	1,383,013
180-ton electric (IJS11-016)		152,469	457,408	762,346
Difference		124,133	372,400	620,667

จากปัจจัยในการผลิตพื้นฐานจะเห็นได้ว่า ประกอบไปด้วย พลังงานไฟฟ้า น้ำสำหรับการหล่อเย็น น้ำมัน สำหรับระบบ Hydraulic ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยหากเปรียบเทียบจะเห็นว่าเครื่องฉีดพลาสติกแบบ All electric สามารถประหยัดต้นทุนได้มากกว่าเครื่องแบบ Hydraulic

2. ผลการประหยัดที่เกิดจากการพิจารณาถึงปัจจัยในการผลิต

Cost Saving at the same amount of production

Production comparison	Production (Pieces)		
	1 st year	3 rd year	5 th year
104-ton hydraulic (IJV08-011)	4,956,588	14,869,764	24,782,940
108-ton electric (IJS11-016)	7,107,156	21,321,468	35,535,780
Difference	2,150,568	6,451,704	10,752,840

หากพิจารณาประสิทธิภาพการผลิต (กรณีตัวอย่างฉีดด้วยพลาสติกชนิดเดียวกัน แม่พิมพ์แบบเดียวกัน) เครื่องฉีดพลาสติกแบบ All electric สามารถผลิตชิ้นงานในประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องแบบ Hydraulic

Electricity cost comparison	Production	Average Electricity cost (Thai Baht)		
	Pieces/year	1 st year	3 rd year	5 th year
104-ton hydraulic (IJV08-011)	4,956,588	40,148.36	120,445.09	200,741.81
108-ton electric (IJS11-016)	4,956,588	15,861.08	47,583.24	79,305.41
Difference		24,287.28	72,861.84	121,436.41
Oil cost		11,115	33,345	55,575
Cost of water for cooling oil		89	266	443
Overall Difference		35,490.96	106,472.88	177,454.80

สรุปข้อมูลจากการตรวจวัด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการใช้พลังงาน อัตราการผลิต รวมถึงผล ประหยัดที่เกิดจากการคำนวณแล้ว พบว่าประสิทธิภาพโดยรวมเมื่อวิเคราะห์ในรูปแบบการทำงานที่เหมือนกัน เครื่องฉีดพลาสติกแบบ All-electric นั้นมีประสิทธิภาพการทำงานและผลการประหยัดที่ดีกว่า

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- นำผลสรุป เช่น มูลค่าการประหยัด ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ของเครื่องจักร Operating cost ไว้เป็นแนวทาง ประกอบการตัดสินใจของฝ่ายบริหารในเรื่องการลงทุน
- หากต้องการลงทุนเปลี่ยนเครื่องจักร ต้องศึกษาข้อมูลเทคโนโลยีที่มีในปัจจุบันอย่างละเอียด รอบคอบ
- ควรติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
- ควรวิเคราะห์ค่า Specific energy consumption ของเครื่องจักรจัดทำ Energy baseline เพื่อใช้ติดตาม ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในปัจจุบันและเปรียบเทียบกับแต่ละเครื่องชนิดเดียวกัน
- การอบรมพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอๆ ในเรื่องการเดินทาง เครื่องจักรและบำรุงรักษาอย่างถูกวิธีและเพิ่มเติมเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มบันทึกพารามิเตอร์ที่จำเป็น เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ชนิดและปริมาณ ผลผลิต การกำหนดค่าควบคุมตัวแปรอื่นที่อาจจะแตกต่างกันตามประเภทผลผลิตและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- การจัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- การจัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาและดำเนินการตามแผน

กรณีศึกษาที่ 7

การติดตั้ง Inverter สำหรับระบบ Hydraulic

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท บางกอกโฟม จำกัด

สถานที่ตั้ง : 4/9 บางบอน 5 ถนนบางบอน 5 เขตบางบอน

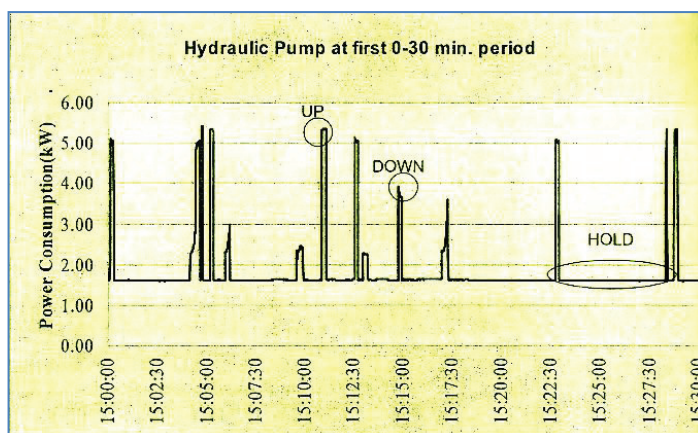
กรุงเทพมหานคร 10110

ผลิตภัณฑ์ : ฟองน้ำวิทยาศาสตร์



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการอัดก้อนฟองน้ำ โดยการนำเศษก้อนฟองน้ำที่ได้ทำการย่อยให้ได้ขนาดตามที่ต้องการและ ขบวนการอัดก้อนฟองน้ำต้องใช้ระบบ Hydraulic ในการอัดก้อนฟองน้ำให้มีความหนาแน่นตามที่ต้องการ ซึ่งการใช้งาน ของระบบ Hydraulic ต้องใช้เวลา 15 sec ในการกดฝา หลังจากนั้นต้องกดฝาค้างไว้เป็นเวลา 8 min เมื่อครบตาม ระยะเวลาที่กำหนดแล้วจะทำการยกฝาชขึ้นเพื่อเอาก้อนฟองน้ำออกเป็นเวลา 11 sec จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 8 min ที่กดฝา ทิ้งไว้ปั๊ม Hydraulic จะทำงานโดยเปล่าประโยชน์ load profile ของปั๊ม Hydraulic ในช่วงเวลา 30 min แสดงได้ดังรูปที่ 7.1

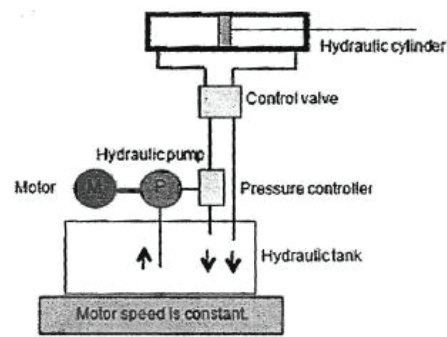


รูปที่ 7.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของ Hydraulic pump เมื่อเทียบกับเวลา

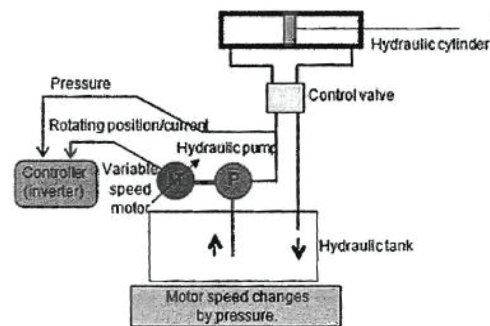
2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์ พลังงาน

ปกติการควบคุมการทำงานของปั๊มไฮดรอลิกแบบเดิมที่มีความเร็วรอบคงที่ ในช่วงที่ไม่มีความต้องการใช้ แรงดันจะเกิดการสูญเสียพลังงาน อย่างไรก็ตามเมื่อมีการประยุกต์ใช้ Inverter จะสามารถประหยัดการใช้พลังงาน ในช่วงดังกล่าวได้ ซึ่งตัวอย่างการประหยัดพลังงานจากมาตรการนี้ ได้มาจากกรณีศึกษาที่มีการดำเนินการและประสบ ความสำเร็จแล้วในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีข้อสรุปจากการดำเนินการดังต่อไปนี้

- สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่า 50%
- การทำงานของ Inverter hydraulic pump จะเหมือนกับการทำงานของปั๊มที่มีความเร็วรอบคงที่
- จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มาก หากเครื่องจักรไฮดรอลิกมีระยะเวลาการ standby นานหรือมีการรักษาระดับความดันนาน
- อุปกรณ์ไฮดรอลิกที่มีการออกแบบเพื่อขนาดไว้มาก จะมีความเป็นไปได้มากในการลดขนาดกำลังของปั๊ม (Pump capacity) ลงอย่างน้อยหนึ่งขนาด
- Inverter ปั๊มไฮดรอลิกจะมีระดับเสียงต่ำ ซึ่งจะทำให้สภาวะแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น เช่น เดิม 85 dB ลดลงเหลือ 40 dB
- Inverter ปั๊มไฮดรอลิกจะผลิตความร้อนออกมาน้อยกว่า ซึ่งจะทำให้สภาวะแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น
- ปริมาณของน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้สามารถลดลงได้ประมาณครึ่งหนึ่ง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนและภาระด้านสิ่งแวดล้อม



(ก) ระบบไฮดรอลิกความเร็วรอบคงที่



(ข) ระบบไฮดรอลิกที่มีอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบ

รูปที่ 7.2 ระบบไฮดรอลิก

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากการทำงานของชุดอัดก้อนโฟมจะเห็นได้ว่าเวลาที่มอเตอร์ปั๊มน้ำมันของระบบ Hydraulic หมุนฟรีนั้นจะอยู่ที่ 8 นาที ซึ่งถ้าหากเราสามารถลดความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มน้ำมัน Hydraulic จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ ซึ่งการปรับปรุงโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- 3.1 ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและปริมาณการใช้งาน
- 3.2 ติดตั้ง Inverter Drive และระบบควบคุม
- 3.3 วิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานที่ได้และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
- 3.4 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินการดังกล่าว เช่น กำลังการผลิต คุณภาพของสินค้าต้องไม่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องจักร
- 3.5 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

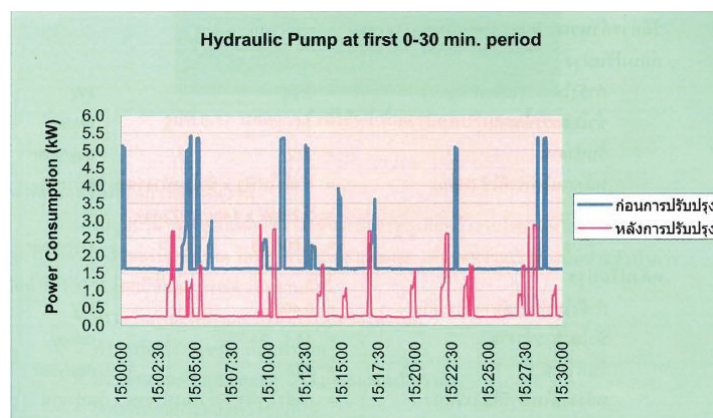
4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เฉลี่ยก่อนปรับปรุง	P_1	kW	2.26	จากการตรวจวัด
1.2 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	f_1	Hz	50	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	14	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	272	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าหลังปรับปรุง	f_2	Hz	20	จากการประเมิน
1.6 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.5	ข้อมูลจากโรงงาน
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 ความเร็วรอบต่อนาทีก่อนปรับปรุง $N_1 = (120 \times f_1)/P$	N_1	rpm	6,000/P	
2.2 ความเร็วรอบต่อนาทีหลังปรับปรุง $N_2 = (120 \times f_2)/P$	N_2	rpm	2,400/P	
2.3 กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เฉลี่ยหลังปรับปรุง $P_2 = [N_2/N_1]^3 \times P_1$	P_2	kW	0.145	
2.4 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = (P_1 - P_2) \times h \times d$	E_s	kWh/yr	8,053.92	
2.5 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	28,188.72	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์	C	Baht	20,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.71	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ทำการลดความเร็วของปั๊ม Hydraulic โดยการติดตั้ง Inverter โดยการรับสัญญาณจาก PLC เมื่อมีการกดหรือยกฝาขึ้นลง ระบบจะส่งสัญญาณให้ inverter ขับมอเตอร์ที่ 50 Hz และเมื่อไม่มีการกดยกฝาขึ้นลง PLC จะสั่งให้ Inverter ขับมอเตอร์ที่ 20 Hz ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพียง 0.402 kW จากการปรับปรุงจะแสดงให้เห็นการใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำมัน Hydraulic เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้ง Inverter ดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 กราฟการทำงานของ Hydraulic pump เปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง



7.4 (ก)



7.4 (ข)

รูปที่ 7.4 (ก) และ 7.4 (ข) การปรับปรุงการทำงานของ Hydraulic pump โดยการติดตั้ง Inverter

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง โดยตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุงดังนี้

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนปั๊ม Hydraulic เฉลี่ย : kW	2.260	0.402
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนปั๊ม Hydraulic : kWh/yr	8,606.080	1,530.820

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 7,075.26 kWh/yr
 คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้จริง = 24,763.41 Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

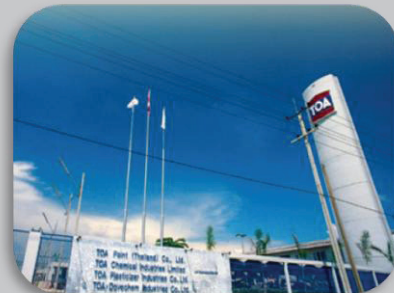
- จำเป็นต้องระมัดระวังความเสี่ยงที่เกิดจากความไม่แน่นอนด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการใช้ Inverter ควบคุมความเร็วรอบของ Hydraulic pump แทนการใช้งานแบบเดิมที่มีรอบคงที่
- การอบรมพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอๆ ในเรื่องการเดินเครื่องจักร และบำรุงรักษาอย่างถูกวิธีและเพิ่มเติมเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน
- ดำเนินการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าเพื่อให้สะดวกต่อการตรวจสอบปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องจักรได้ตลอดเวลา
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มบันทึกพารามิเตอร์ที่จำเป็น เช่น ตัวเลขมิเตอร์ไฟฟ้า ปริมาณผลผลิตเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่า Specific energy consumption และระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

กรณีศึกษาที่ 8

การปรับลดเวลาการกวน Slurry ของกระบวนการผลิตสี

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ทีโอเอฟเพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด
 สถานที่ตั้ง : 31/2 หมู่ 3 ถนนบางนา-ตราด ตำบลบางเสาธง
 อำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ 10540
 ผลิตภัณฑ์ : สี



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการผลิตสีน้ำเมื่อนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมในถังผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ต่อจากนั้นจะผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการ Let Down โดยมีการแต่งสีและเติมกาวลงไปซึ่งจะได้ Slurry ที่รอการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีการใช้มอเตอร์สำหรับกวนส่วนผสม 13 Unit ประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 18.5 kW จำนวน 2 Unit และ 15 kW จำนวน 5 Unit และ 5 kW จำนวน 5 Unit และ 2.2 kW จำนวน 1 Unit โดยมีการทำงานตลอด 24 hr และมีวันทำงาน 365



รูปที่ 8.1 ถังผสมสี

แต่เนื่องจาก Slurry ที่ได้จะถูกเก็บไว้ในถังเพื่อรอการผลิตในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจำเป็นต้องมีการรักษาคุณภาพของ Slurry ด้วยการกวน (Stirring) ให้ส่วนผสมต่างๆเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยจะทำการกวน Slurry ทุกๆ 2 hr เป็นเวลา 10 min โดยมีกำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยรวมของ Stirring Motor เท่ากับ 85.02 kW ดังนั้นแผนกผลิตจึงได้นำเสนอแนวทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการลดความถี่ของการกวนลงจากเดิมทุก 2 hr/time เป็น 4 hr/time ทั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองแล้วเก็บผลตรวจสอบพบว่าคุณภาพของสีเป็นไปตามมาตรฐาน

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

หลักการลดการใช้ไฟฟ้าโดยการลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักร โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ไม่เสียหาย ถือว่าเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ต้องมีการทดลองเป็นโครงการนำร่อง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามมาตรฐานและสามารถพัฒนาไปสู่การค้นหาคำทำงานที่เหมาะสม (Process Optimization) เพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้จากทุกกิจกรรมให้มีต้นทุนต่ำที่สุด ลดการสูญเสียของทุกๆกระบวนการ โดยใช้เวลาน้อยลงและเพิ่มผลผลิต

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในมอเตอร์ของมอเตอร์สำหรับกวนส่วนผสม โดยลดความถี่ของการกวนลง 50% มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 ดำเนินการตรวจวัด Electrical profile ในช่วงของการกวนสีก่อนดำเนินการปรับปรุง
- 3.2 ทดลองปรับขยายคาบเวลาเพื่อหาคาบเวลาที่เหมาะสมเพื่อลดความถี่ของการกวนลงโดยค่อยๆปรับเพิ่มครั้งละ 30 min แล้วนำผลผลิตที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพ จนได้คาบเวลาที่เหมาะสมคือ 4 hr/time
- 3.2 วิเคราะห์ผลกระทบทางด้านกระบวนการผลิต คุณภาพของสินค้าและการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้น
- 3.3 ดำเนินการปรับปรุงโดยการลดความถี่ของการกวนจาก 2 hr/time เป็น 4 hr/time ทั้งนี้การกวนแต่ละครั้งจะใช้เวลา 10 min

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.25	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ความถี่ของการกวนก่อนปรับปรุง	f_1	hr/time	2	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 ระยะเวลาการกวนก่อนปรับปรุง	t_1	min	10	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 ความถี่ของการกวนหลังปรับปรุง	f_2	hr/time	4	ข้อมูลจากโรงงาน
1.7 ระยะเวลาการกวนหลังปรับปรุง	t_2	min	10	ข้อมูลจากโรงงาน
1.8 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในมอเตอร์ ในขณะกวน Slurry	P	kW	139.2	ฟักัดของมอเตอร์
1.9 Operating factor	%OF	%	80	
2. การคำนวณผลประหยัดที่เกิดขึ้น				
2.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง $E_1 = P \times \%OF \times (24/f_1) \times (t_1/60) \times d$	E_1	kWh/yr	81,293	
2.2 พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง $E_2 = P \times \%OF \times (24/f_2) \times (t_2/60) \times d$	E_2	kWh/yr	40,646	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = E_1 - E_2$	E_s	kWh/yr	40,646	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	132,099.50	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	-	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

หลังจากทดสอบลดความถี่ในการกวน Slurry จากเดิมที่ทำการกวนทุกๆ 2 hr เป็นเวลา 10 min ให้เป็นการกวนทุกๆ 4 hr เป็นเวลา 10 min พบว่าไม่ทำให้คุณภาพของ Slurry ในถังเปลี่ยนแปลงไป (จากการตรวจสอบของแผนก QC) ทำให้ลดเวลาการทำงานของ Stirring Motor ลงได้ถึง 50%

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย	85.02 kW	85.02 kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	(85.02 kW) x (24/2x10/60 hr/d) x (365 d/yr) = 62,064.6 kWh/yr	(85.02 kW) x (24/4x10/60 hr/d) x (365 d/yr) = 31,032.3 kWh/yr
ผลการประหยัด	62,064.6-31,032.3 = 31,032.3 kWh/yr	
คิดเป็นเงิน	(31,032.3 kWh/yr)x(3.25 Baht/kWh) = 100,854.98 Baht/yr	

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรขยายแนวคิดเรื่อง Process Optimization ในกระบวนการผลิตอื่นๆ
- ควรจัดทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยเก็บข้อมูลด้านพลังงานและผลผลิตเพื่อใช้เป็น Energy Baseline
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม

กรณีศึกษาที่ 9

การเพิ่มความเร็วยรอบชุด Conveyor เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตแผ่นฉนวนยาง

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท แวนด้าแพค จำกัด

สถานที่ตั้ง : 700/135 หมู่ 5 นิคมจอมเทียนนคร

ถนนบางนา-ตราด ตำบลคลองตำหรุ

อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000

ผลิตภัณฑ์ : บรรจุภัณฑ์พลาสติก อุปกรณ์ยานยนต์ ยางฉนวนกันความร้อน



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ในขั้นตอนการผลิตแผ่นฉนวนยางของแผนก PD#3 จะมีการอบแผ่นฉนวนยางเพื่อให้มีการขยายตัว โดยการใช้เตาอบเพื่อให้ความร้อนกับแผ่นฉนวนยางให้มีอุณหภูมิตามที่ต้องการโดยในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงจะใช้เตาอบจำนวน 4 เตาที่ตั้งอุณหภูมิไว้แตกต่างกันเพื่อให้ความร้อนกับแผ่นฉนวนยางซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการ Preheating และการ heating และการ cool down และควบคุมความเร็วรอบของชุด Conveyor ในแต่ละเตาให้แตกต่างกัน โดยระยะเวลาในการอบแต่ละครั้งประมาณ 3.5 hr สำหรับผลผลิตที่ 130 kg



รูปที่ 9.1 ลักษณะเตาอบแผ่นฉนวนยาง

ผู้รับผิดชอบมีแนวคิดที่จะเพิ่มกำลังการผลิตให้มากขึ้นโดยการเพิ่มความเร็วยรอบของชุดสายพาน Conveyor ในเตาอบพร้อมๆ กับการเพิ่มอุณหภูมิในเตาอบให้สูงขึ้นเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น ทางแผนก PD#3 ได้ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลอัตราการผลิตแผ่นฉนวนยางที่ได้หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการปรับตั้งค่าอุณหภูมิในการอบใหม่พร้อมๆ กับการปรับเพิ่มความเร็วของสายพานลำเลียงเพื่อให้ได้อัตราการผลิตที่สูงขึ้น

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

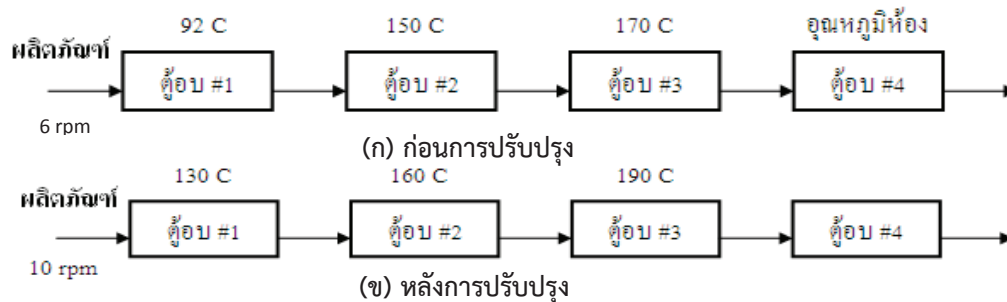
เป็นการใช้เทคนิคการเพิ่มผลิตภาพ (Productivity Improvement) โดยวิธีการเพิ่มผลิตภาพมีมากมายหลายวิธีแต่โดยสรุปจะมีเป้าหมายที่สำคัญ 5 ด้านคือ

1. การลดค่าใช้จ่าย (Cost) เช่น การลดต้นทุนการผลิต
2. การลดระยะเวลาการทำงาน (Time) เช่น การลดขั้นตอนการทำงานที่เสียเปล่า
3. การรักษาคุณภาพงาน (Quality) เช่น การปรับปรุงสินค้าให้ได้คุณภาพมีมาตรฐานสม่ำเสมอ
4. การดูแลความปลอดภัย (Safety) เช่น การจัดสถานที่การทำงานให้มีความปลอดภัย
5. การลดความเสียหายและเศษวัสดุจากการทำงาน (Waste) เช่น ระบบวางแผนทรัพยากรการผลิตโดยใช้กระบวนการแก้ไขปัญหาโดย Problem solving process ที่ประกอบไปด้วย
 - การกำหนดปัญหา (Problem Definition)
 - การวิเคราะห์ปัญหา (Analysis of problem)
 - การหาวิธีแก้ไขที่เป็นได้ (Search for possible solution)
 - การประเมินทางเลือก/วิธีการแก้ไข (Evaluation of alternatives)
 - การแนะนำให้เกิดการปฏิบัติ (Recommendation for action)

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยการเพิ่มความเร็วรอบของชุดสายพานและการตั้งค่าอุณหภูมิในเตาอบใหม่ให้สูงขึ้น มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 ประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาบทสรุปในแผนการดำเนินการ Productivity Improvement
- 3.2 ดำเนินการตรวจวัด Electrical profile ของตู้อบทั้งหมดก่อนดำเนินการปรับปรุง
- 3.3 บันทึกการปรับตั้งค่าอุณหภูมิของตู้อบแต่ละเครื่องก่อนดำเนินการปรับปรุง
- 3.4 ปรับเพิ่มอุณหภูมิของตู้อบดังนี้ ตู้อบที่ 1 (92°C เป็น 130°C) ตู้อบที่ 2 (150°C เป็น 160°C) และตู้อบที่ 3 จาก (170°C เป็น 190°C)
- 3.5 ปรับเพิ่มความเร็วรอบของสายพานจาก 6 rpm เป็น 10 rpm
- 3.6 วิเคราะห์ผลกระทบทางด้านกระบวนการผลิต คุณภาพของสินค้าและการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้น
- 3.7 ดำเนินการปรับปรุงโดยลดความถี่ของการกวนจาก 2 hr/time เป็น 4 hr/time ทั้งนี้การกวนแต่ละครั้งจะใช้เวลา 10 min
- 3.8 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 9.2 Flow chart ของการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตภาพ (Productivity)

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

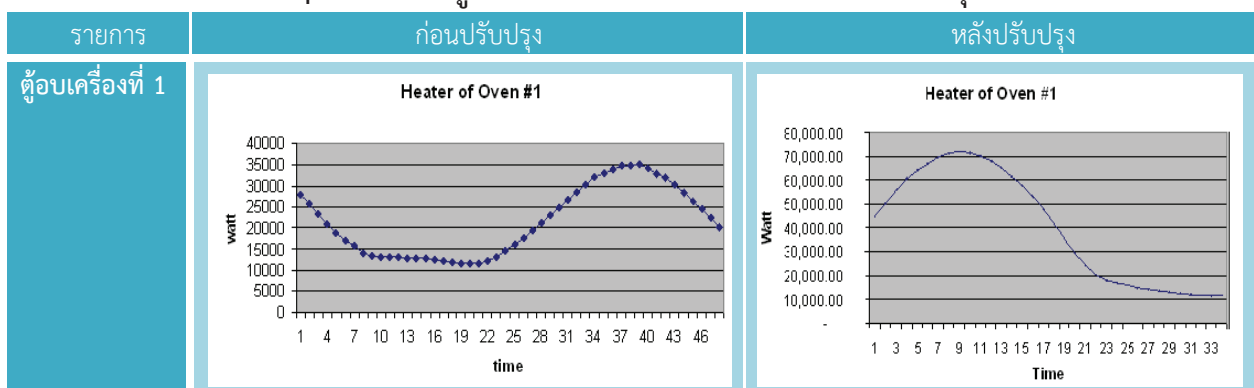
รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อปี	M	kg/yr	101,420	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ชั่วโมงการทำงานต่อ Batch	h	hr	3.5	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ปริมาณผลผลิตต่อ Batch	m_p	kg	130	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อ Batch	P	kW	136.60	ข้อมูลจากการตรวจวัด
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.04	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 ผลการประหยัดที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	%Saving	%	10	ข้อมูลจาก R & D
2. การคำนวณผลประหยัดที่เกิดขึ้น				
2.1 ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะก่อนปรับปรุง $SEC_1 = P \times h / m_p$	SEC_1	kWh/kg	3.678	
2.2 ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะหลังปรับปรุง $SEC_2 = (100 - \%Saving) \times SEC_1$	SEC_2	kWh/kg	3.310	
2.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง $E_1 = SEC_1 \times M$	E_1	kWh/yr	373,023	
2.2 พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง $E_2 = SEC_2 \times M$	E_s	kWh/yr	335,720	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = E_1 - E_2$	E_s	kWh/yr	37,302	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	113,399	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	-	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

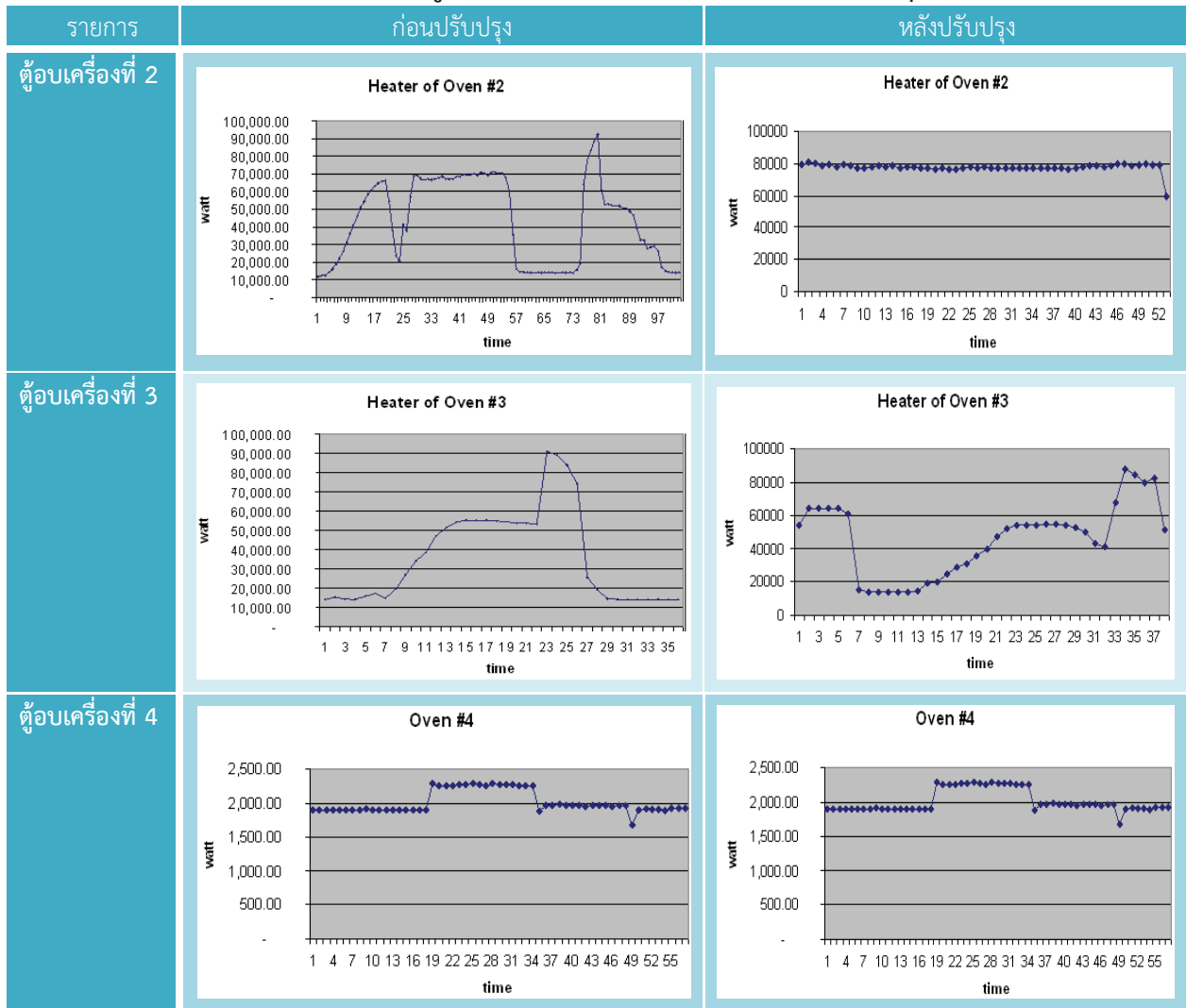
5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการปรับเพิ่มอุณหภูมิที่ตู้อบที่ 1-4 และเพิ่มความเร็วรอบของสายพานรายละเอียดการวัด Electrical Profile ของตู้อบทั้ง 4 เครื่องก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงแสดงได้ดังตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 Electrical profile ของตู้อบ No.1-4 ก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง



ตารางที่ 9.3 Electrical profile ของตู้อบ No.1-4 ก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง (ต่อ)



5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถเพิ่มความเร็วรอบของชุดสายพานจาก 6 rpm เป็น 10 rpm และตั้งอุณหภูมิในเตาอบใหม่เป็น 130, 160 และ 190 °C ตามลำดับ โดยที่ผลผลิตที่ได้ยังมีคุณภาพตามที่กำหนด และจากการที่ทางทีมที่ปรึกษาได้ทำการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรวมก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงพบว่ามีค่าเท่ากับ 136.6 kW และ 152.6 kW ตามลำดับ แต่มีระยะเวลาในการอบลดลงจากเดิม 3.5 hr/batch เป็น 2.5 hr/batch

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ปริมาณการผลิตต่อ Batch	130 kg	
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ต่อ Batch	136.6 kW	152.6 kW
ชั่วโมงที่ใช้ต่อ Batch	3.5 hr	2.5 hr
ค่า SEC	3.678 kWh/kg	2.935 kWh/kg
ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อปี	101,420 kg/yr	
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	373,023 kWh/yr	297,629 kWh/yr
ผลประหยัด	373,023 - 297,629 = 75,394 kWh/yr	
คิดเป็นเงิน	(75,394 kWh/yr)x(3.04 Baht/kWh) = 229,197 Baht/yr	

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรขยายแนวคิดเรื่อง Productivity Improvement ในกระบวนการอื่นๆ
- ควรจัดทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เช่น ตู้อบเครื่องที่ 1-4 โดยเก็บข้อมูลด้านพลังงาน, การตั้งค่าอุณหภูมิและผลผลิตเพื่อใช้เป็น Energy Baseline
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม

กรณีศึกษาที่ 10

การปรับปรุงลดขั้นตอนระบบลำเลียงวัตถุดิบเพื่อลดการใช้งานเครื่องอัดอากาศ

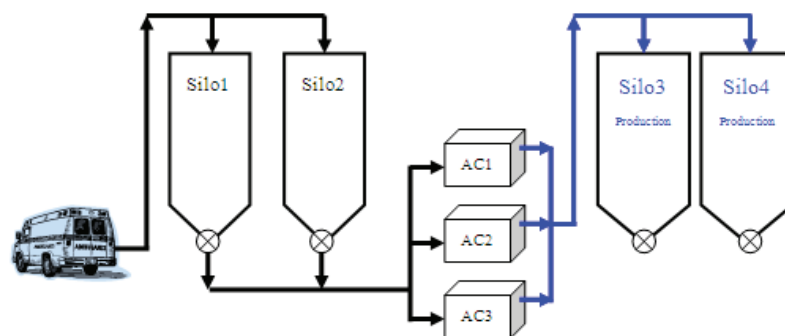
ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บางกอกโพลีเอสเตอร์ จำกัด (มหาชน)
 สถานที่ตั้ง : 45/9 ม.4 ตำบลนิคมพัฒนา อำเภอนิคมพัฒนา
 จังหวัดระยอง 21180
 ผลิตภัณฑ์ : PET RESIN



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ในขั้นตอนแรกของการผลิตวัตถุดิบจะถูกนำมายังโรงงานโดยรถบรรทุกซึ่งจะต้องมีการลำเลียงวัตถุดิบเข้าถังเก็บก่อน แล้วจึงใช้ลมอัดจากเครื่องอัดอากาศของระบบส่งพาววัตถุดิบส่งไปยังถังเก็บในกระบวนการผลิตอีกทอดหนึ่ง ซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้าไปกับการผลิตลมอัดสำหรับลำเลียงเป็นจำนวนมาก โดยเครื่องอัดอากาศที่ใช้มีขนาด 150 kW (200 HP) จำนวน 3 Unit ซึ่งมีการเปิดใช้งานครั้งละ 1 Unit สลับกันทำงานตลอดเวลาโดยคิดเป็นชั่วโมงทำงาน 8 hr/day และ 350 day/yr จากการตรวจวัดพบว่าเครื่องอัดอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 141 kW ตลอดเวลาที่มีการลำเลียงเพื่อเติมถังวัตถุดิบภายในให้เต็ม ซึ่งหากสามารถลดขั้นตอนดังกล่าวลงได้จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่องอัดอากาศลงได้อย่างมาก ซึ่งสามารถทำได้โดยการบริหารจัดการเรื่องรถขนส่งและปรับปรุงระบบท่อใหม่



รูปที่ 10.1 แผนผังการทำงานระบบลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

รถส่งวัตถุดิบจะวิ่งเข้ามาสู่โรงงานตามช่วงเวลาที่กำหนดตลอดวัน โดยสามารถบริหารจัดการกำหนดการส่งวัตถุดิบใหม่ให้เหมาะสมกับการปริมาณการเก็บในถังเก็บของกระบวนการผลิต ดังนั้นจะสามารถลดขั้นตอนการส่งให้สั้นลงและช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องอัดอากาศที่เป็นต้นกำลังในการส่งลมลงได้

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การปรับปรุงเพื่อลดขั้นตอนระบบลำเลียงวัตถุดิบจากรถขนส่งเข้าสู่ถังเก็บ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 ประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาข้อสรุปในแผนการดำเนินการบริหารจัดการด้านการขนส่ง
- 3.2 ดำเนินการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศ ก่อนดำเนินการปรับปรุง
- 3.3 กำหนดแผนการจัดการขนส่งวัตถุดิบให้เหมาะสมกับปริมาณการจัดเก็บของถังเก็บ
- 3.4 ปรับปรุงระบบท่อลำเลียงวัตถุดิบเพิ่มเติมเพื่อลดขั้นตอนในการลำเลียงวัตถุดิบจากรถขนส่งเพื่อส่งเข้าถังกักเก็บโดยให้ส่งเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยตรง จะช่วยลดการใช้อากาศอัดสำหรับลำเลียงวัตถุดิบเข้าถังกักเก็บลงได้
- 3.5 วิเคราะห์ผลกระทบทางด้านกระบวนการผลิต คุณภาพและการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้น
- 3.6 ดำเนินการปรับปรุงจริงตามแผนงาน
- 3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน จากมิเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งประจำหน่วยงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงานของระบบลำเลียง	h	hr/day	8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงานต่อปี	d	day/yr	350	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 พลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศสำหรับระบบลำเลียงวัตถุดิบที่ใช้ (ก่อน)	P_1	kW	150	พิกัดเครื่องอัดอากาศ
1.4 พลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศสำหรับระบบลำเลียงวัตถุดิบที่ใช้ (หลัง)	P_2	kW	0	จากแผนการจัดการ
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	2.70	ข้อมูลจากโรงงาน
2. การคำนวณผลประหยัดที่เกิดขึ้น				
2.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง $E_1 = P_1 \times d \times h$	E_1	kWh/yr	420,000	
2.2 พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง $E_2 = P_2 \times d \times h$	E_2	kWh/yr	0	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = E_1 - E_2$	E_s	kWh/yr	420,000	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	1,134,000	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน	C	Baht	350,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.30	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการปรับปรุงระบบท่อลำเลียงใหม่ เพื่อให้รถขนส่งวัตถุดิบส่งตรงเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งจะลดการใช้อากาศอัดเพื่อลำเลียงวัตถุดิบเข้าถังกักเก็บลงได้ อย่างไรก็ตามระบบขนส่งแบบเดิมยังสามารถใช้งานได้เพื่อสำหรับกรณีที่ต้องการมีการเก็บ Stock วัตถุดิบในปริมาณมากกว่าการใช้งานปกติ

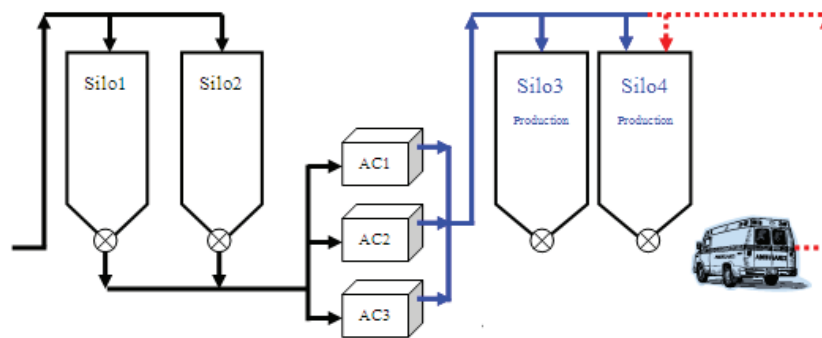


(ก) เครื่องปรับอากาศส่งวัตถุดิบ



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะทำงาน 141 kW

รูปที่ 10.2 การตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าและการทำงานของเครื่องปรับอากาศลำเลียงวัตถุดิบ



รูปที่ 10.3 หลังปรับปรุงรถส่งเข้าสู่การผลิตโดยตรง

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ปรับปรุงระบบท่อลำเลียงวัตถุดิบเพื่อลดขั้นตอนในการลำเลียงวัตถุดิบจากรถขนส่งเพื่อส่งเข้าถังกักเก็บ โดยให้ส่งเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยตรง จะช่วยลดการใช้อากาศอัดสำหรับลำเลียงวัตถุดิบเข้าถังกักเก็บลงได้ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 394,800 kWh/yr คิดเป็นเงินที่ประหยัดที่ได้ 1,065,960 Baht/yr ใช้เงินลงทุน 350,000 Baht คืนทุนประมาณ 0.33 yr

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ : kW	141	-
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ : kWh/yr	394,800	-
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ : kWh/yr		394,800.00
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ : Baht/yr		1,065,960.00
เงินลงทุน : Baht/yr		350,000.00
ระยะเวลาคืนทุน : yr		0.33

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และ บำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 11

การเปลี่ยนเครื่อง Chiller ประสิทธิภาพสูง

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท เพียวเคมี จำกัด

สถานที่ตั้ง : 65 หมู่ 11 ซอยวิลาลัย 1 ถนนบางนา-ตราด กม.20
ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ
10540

ผลิตภัณฑ์ : อาหาร และยา



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการผลิตของโรงงานมีความจำเป็นต้องใช้น้ำเย็นเพื่อการหล่อเย็นซึ่งผลิตจาก Chiller โดยน้ำเย็นที่ผลิตได้จะถูกส่งเก็บไว้ในถังเก็บน้ำหล่อเย็นก่อนจะถูกสูบแจกจ่ายไปยังกระบวนการผลิต Chiller ชุดเดิม ที่ทางโรงงานได้ติดตั้งมีอายุการใช้งานมานานและเป็นเครื่องแบบ Two-stage

ปัจจุบันพบว่าความต้องการน้ำหล่อเย็นของกระบวนการผลิตมีค่าน้อย ส่งผลให้ Chiller ทำงานที่โหลดต่ำ ประสิทธิภาพของเครื่องต่ำ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

ทางโรงงานจึงมีโครงการที่จะดำเนินการเปลี่ยนเครื่อง Chiller ใหม่เป็นแบบ Multi-stage ที่มีขนาดเท่าเดิมคือ 160 ตันความเย็น ทดแทนเครื่องเดิมที่เป็นแบบ Two-stage ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำกว่า โดยเครื่อง Chiller แบบ Multi-stage จะสามารถทำงานแปรผันตามภาระความต้องการการทำความเย็นได้มีประสิทธิภาพมากกว่าและรองรับกำลังการผลิตที่คาดว่าจะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าให้กับทางโรงงานได้

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เครื่องทำน้ำเย็นจัดว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่สุดในระบบทำความเย็น วิธีการประหยัดพลังงานที่สำคัญที่สุดคือ การเลือกใช้เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Chiller) ซึ่งมีหลักการการทำงานที่ไม่ได้แตกต่างจากเครื่องทำน้ำเย็นทั่วไป แต่ได้การออกแบบในรายละเอียดของอุปกรณ์โดยใช้วัสดุที่มีคุณภาพและลดการสูญเสียจากการใช้งาน โดยทั่วไปมีรายละเอียดดังนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพช่วงที่มีโหลดน้อย (Partial load) ด้วยการใช้ระบบควบคุมการทำงานแบบไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ต่างๆ หรือด้วยการใช้ Electronic expansion valve หรือการติดตั้งชุดควบคุมการเปิดปิดแบบ Variable orifice
2. เลือกใช้ Hermetic compressor ซึ่งเป็นแบบที่ไม่มีการรั่วไหลของสารทำความเย็น ดังนั้นที่รอยต่อต่างๆ จึงไม่จำเป็นต้องมีปะเก็นหรือการเชื่อมต่อ ทำให้มีน้ำยาในระบบอยู่เต็มตลอดเวลา จึงส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่อง หรือการเลือกใช้ Compressor แบบ Motor open type ซึ่งระบายความร้อนออกจากคอมเพรสเซอร์ด้วยอากาศโดยไม่ต้องใช้สารทำความเย็นในการระบายความร้อน
3. ออกแบบ Compressor ให้ไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่นในสารทำความเย็น ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นต่ำลง

เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงจะถูกออกแบบเพื่อมุ่งเน้นให้มีค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การบำรุงรักษาเครื่องอย่างถูกต้องจะทำให้เครื่องทำน้ำเย็นมีสมรรถนะการทำงานที่ดีตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งเกิดผลประหยัดพลังงานเป็นอย่างมากในระบบปรับอากาศถึงแม้เงินลงทุนเบื้องต้นจะสูง แต่ผลตอบแทนในระยะยาวคุ้มค่า

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากการประเมินพบว่าการใช้ Chiller แบบ Multi-stage เครื่องใหม่ที่มีขนาดเท่าเดิมคือ 160 Ton ทดแทนเครื่องเดิมที่เป็นแบบ Two-stage จะสามารถทำงานแปรผันตามภาระความต้องการการทำความเย็นได้มีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

- 3.1 ดำเนินการตรวจวัด Electrical profile ของ Chiller เครื่องเดิมและตรวจสอบ Load profile, ประสิทธิภาพของเครื่องในปัจจุบัน
- 3.2 ตรวจสอบ Chiller ในห้องตลาดที่ทันสมัยมีประสิทธิภาพและเหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
- 3.3 ประเมินผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยน Chiller ประสิทธิภาพสูง
- 3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.5 ดำเนินการปรับปรุงตามขั้นตอนการจัดซื้อการติดตั้ง
- 3.6 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 11.1 2-stage Chiller เครื่องเดิม
ขนาด 160 Ton_{ความเย็น}

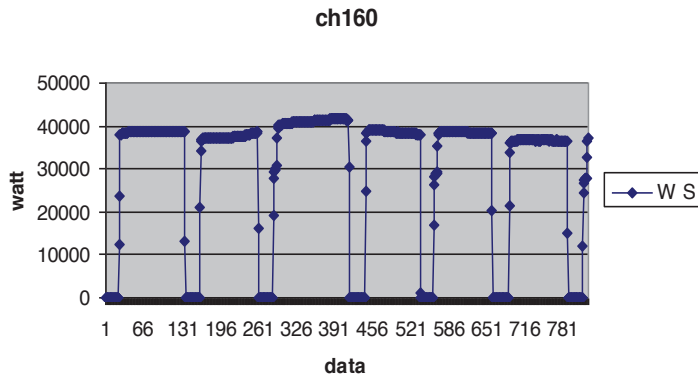
4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของ Chiller ก่อนปรับปรุง	P_1	kW	40	จากการตรวจวัด
1.2 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของ Chiller หลังการปรับปรุง	P_2	kW	28	ข้อมูลจากผู้ผลิต
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.27	ข้อมูลจากโรงงาน
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง $E_1 = P_1 \times h \times d$	E_1	kWh/yr	350,400.00	
2.2 พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง $E_2 = P_2 \times h \times d$	E_2	kWh/yr	245,280.00	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = E_1 - E_2$	E_s	kWh/yr	105,120.00	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	343,742.40	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	1,500,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	4.36	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการจัดซื้อและติดตั้ง Multi-stage Chiller ขนาด 160 ตันความเย็น พบว่าการทำงานเป็นปกติแต่สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 11.2 Electrical profile ของ Multi-stage Chiller
ขนาด 160 ตันความเย็น

รูปที่ 11.3 Multi-stage Chiller
ขนาด 160 ตันความเย็น

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจริง โดยทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ Chiller ก่อนและหลังดำเนินการมาตรการ พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของ Chiller : kW	40	15.3
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ : kWh/yr	350,400	134,028

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= 350,400 - 134,028 && \text{kWh/yr} \\
 &= 216,372 && \text{kWh/yr} \\
 \text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= 216,372 \times 3.27 && \text{Baht/yr} \\
 &= 707,536.44 && \text{Baht/yr}
 \end{aligned}$$

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- จัดทำแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นเป็นระยะๆ (kW/Ton, EER) เพื่อนำไปสู่การวางแผนงานซ่อมบำรุงที่เหมาะสมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
- กำหนดช่วงเวลาการทำความสะอาด Condenser tube จากค่า Condenser approach temperature
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นทั้งในส่วนเครื่องทำน้ำเย็นและส่วนระบายความร้อน เช่น Cooling tower บั้มต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจติดตามการใช้ไฟฟ้า อัตราการไหลของน้ำ อุณหภูมิ น้ำเย็น ความดันของปั้ม ระดับแรงดันน้ำยาทำความเย็น เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำ Checklist สำหรับการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อวินิจฉัยหาแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

กรณีศึกษาที่ 12

การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 202 หมู่ที่ 1 ถนน สุขสวัสดิ์

ตำบลปากคลองบางปลากด อำเภอพระสมุทรเจดีย์

จังหวัดสมุทรปราการ 10290

ผลิตภัณฑ์ : เคมีภัณฑ์



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เดิมโรงงานมีการใช้น้ำหล่อเย็นที่ออกจาก Cooling tower เพื่อเข้าไประบายความร้อนในกระบวนการผลิต โดยผ่าน Plate heat exchanger หลังจากรับความร้อนที่กระบวนการผลิตแล้วน้ำหล่อเย็นดังกล่าวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากค่าอุณหภูมิแตกต่างที่มีค่าน้อยและการออกแบบเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีขนาดใหญ่เกินความต้องการของภาระ โหลดในปัจจุบัน โดยมอเตอร์ของปั๊มน้ำหล่อเย็นจะทำงานที่ความเร็วรอบคงที่และอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นจะถูกควบคุมด้วยการหรีวาล์ว

ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปั๊มน้ำหล่อเย็นที่ถูกออกแบบให้มีขนาดใหญ่เพื่อให้รองรับ กับโหลดในอนาคต ในขณะที่ปัจจุบันโหลดมีค่าไม่คงที่จึงควรดำเนินการติดตั้ง Variable speed drive (VSD) ทดแทน การหรีวาล์วาล์วเพื่อให้สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ตามภาระโหลดจริงซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า ตามกฎของ Affinity laws และยังเป็นวิธีที่รองรับการเพิ่มหรือลดกำลังการผลิตของโรงงานได้ดีกว่าวิธีอื่น

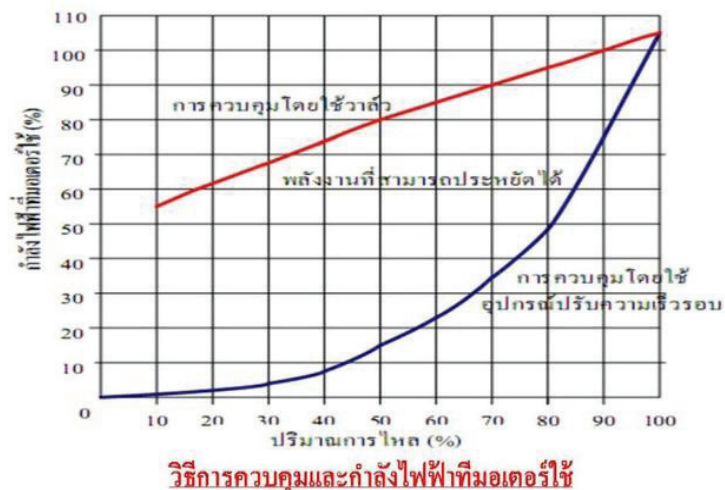
2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์ พลังงาน

Inverter หรือ Variable speed drive (VSD) เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยการปรับ ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยต่อคั่นระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับมอเตอร์

VSD สามารถนำมาใช้กับมอเตอร์ในงานที่มอเตอร์ไม่จำเป็นต้องมีความเร็วคงที่ เมื่อมอเตอร์ทำงานที่สภาวะ โหลดต่ำๆ โดยมอเตอร์ยังคงมีความเร็วตามปกติแต่เป็นการสูญเสียพลังงานเกินความจำเป็น จึงสามารถนำ VSD มาปรับ ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จะจ่ายให้มอเตอร์ลง เพื่อลดความเร็วรอบของมอเตอร์ รวมทั้งลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ มอเตอร์ VSD รับสภาวะโหลดจริงจากสัญญาณ Sensor ที่เป็นแบบ Analog Input ขนาด 4-20 mA หรือ 0-10 VDC ในรูปแบบต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า เป็นต้น

VSD ใช้ได้กับมอเตอร์ที่สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วรอบได้ เช่น มอเตอร์เครื่องสูบน้ำชนิดต่างๆ พัดลม คอมเพรสเซอร์ เครื่องฉีดพลาสติก เครื่องบด เครื่องโม่ เป็นต้น ประโยชน์จากการใช้ VSD มีดังต่อไปนี้

- ทำให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมตามต้องการในการทำงานแต่ละลักษณะ และยังทำการควบคุม แบบ Closed loop control เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพคงที่อยู่ตลอดเวลา
- ช่วยลดการสึกหรอของเครื่องจักร และป้องกันการสูญเสียของมอเตอร์ พัดลม และเครื่องสูบน้ำ
- ลดการกระชากไฟฟ้าตอนเริ่มต้น ทำให้ลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า โดยเฉพาะมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่
- ประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยจะใช้พลังงานตามความจำเป็น



รูปที่ 12.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มกรณีที่ควบคุมโดยใช้วาล์วและควบคุมโดยใช้ VSD

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากการประเมิน พบว่าการปรับลดรอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นให้มีความเหมาะสมต่อปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตโซดาไฟ จะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็นลงได้โดยมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

- 3.1 ยกเลิกการใช้งาน Release valve แต่ยังคงติดตั้งไว้ในระบบเพื่อใช้งานในกรณีฉุกเฉิน
- 3.2 ติดตั้ง VSD ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าก่อนจ่ายให้กับมอเตอร์เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น ทั้งนี้การเลือกขนาดของ VSD จะเลือกตาม FLA (Full load Amp) ซึ่งจะอยู่ในรูป hp หรือ kW
- 3.3 ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้ลดลงโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ซึ่งอยู่ในรูปของสมการ $N = 120f/P$ เมื่อ
 N = ความเร็วรอบต่อนาที (รอบ/นาที), f = ความถี่ไฟฟ้า (เฮิรตซ์), P = จำนวนขั้วของมอเตอร์
 จากความเร็วรอบที่ลดลงจะทำให้ปั๊มน้ำมีอัตราการไหลที่ลดลงเหมาะสมกับการใช้งาน
- 3.4 เมื่ออัตราการไหลของน้ำลดลงกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนสูบน้ำจะลดลงตามกฎ Affinity laws

$$P_2/P_1 = [N_2/N_1]^3$$
- 3.5 ประเมินผลประหยัดที่เกิดขึ้น
- 3.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.7 ดำเนินการปรับปรุง
- 3.8 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 12.2 มอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นสำหรับระบายความร้อนให้ส่วนการผลิต

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ก่อนปรับปรุง	P_1	kW	280	จากการตรวจวัด
1.2 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	f_1	Hz	50	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 จำนวนชั่วโมงของมอเตอร์	P		4	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	358	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าหลังปรับปรุง	f_2	Hz	45	ประเมินจากสมการความสัมพันธ์
1.7 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	2.36	ข้อมูลจากโรงงาน
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 ความเร็วรอบต่อนาทีก่อนปรับปรุง $N_1 = (120 \times f_1)/P$	N_1	rpm	1,500.00	
2.2 ความเร็วรอบต่อนาทีก่อนปรับปรุง $N_2 = (120 \times f_2)/P$	N_2	rpm	1,350.00	
2.3 กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์หลังปรับปรุง $P_2 = [N_2/N_1]^3 \times P_1$	P_2	kW	204.12	
2.4 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = (P_1 - P_2) \times h \times d$	E_s	kWh/yr	651,960.56	
2.5 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	1,538,627.87	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์	C	Baht	1,700,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	1.10	



รูปที่ 12.3 การติดตั้ง VSD อยู่บริเวณตู้ควบคุม
เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ โดยนำมาใช้กับเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นดังรูปที่ 12.2 พบว่ามอเตอร์เครื่องสูบน้ำด้วยความเร็วรอบที่ลดลง ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ค่าความถี่ที่ปรับลดลงเป็นค่าที่ปั๊มน้ำหล่อเย็นยังสามารถส่งน้ำหล่อเย็นเข้าสู่กระบวนการผลิตโซดาไฟได้อย่างเหมาะสม

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการติดตั้ง VSD ที่ระบบปั๊มเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น โดยทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ปั๊มน้ำหล่อเย็นก่อนและหลังดำเนินการ พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับมอเตอร์ปั๊มน้ำหล่อเย็น : kW	280.00	181.00
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับมอเตอร์ปั๊มน้ำ : kWh/yr	2,405,760.00	1,555,152.00

$$\begin{aligned}\text{ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= (2,405,760.00 - 1,555,152.00) \times 2.36 && \text{Baht/yr} \\ &= 2,007,434.88 && \text{Baht/yr}\end{aligned}$$

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- การอบรมพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอๆ ในการเดินเครื่องจักรอย่างถูกวิธีและเพิ่มเติมเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในระบบปั๊มน้ำ เช่น เลือกใช้ปั๊มน้ำตัวเล็กจำนวนหลายตัวดีกว่าตัวใหญ่น้อยตัว ไม่ควรออกแบบเผื่อขนาดมากเกินไป เป็นต้น
- ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าเฉพาะปั๊มน้ำหล่อเย็นและบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มน้ำหล่อเย็นเป็นประจำ เพื่อตรวจสอบการทำงานของปั๊มน้ำและ VSD
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาปั๊มน้ำ ทดสอบประสิทธิภาพของปั๊มน้ำและอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยรักษาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำให้สูงและประหยัดพลังงาน

กรณีศึกษาที่ 13

การติดตั้ง Cooling Tower ระบบปิดที่ปรับสภาพการทำงานได้ตามสภาพอากาศ

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ศรีไทยซูเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน)

สาขามตะนกร ชลบุรี

สถานที่ตั้ง : 700/13 ตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมือง

จังหวัดชลบุรี 20000

ผลิตภัณฑ์ : บรรจุภัณฑ์พลาสติก

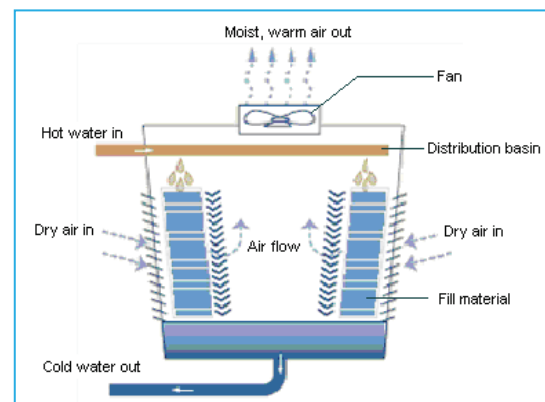


1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

การระบายความร้อนออกจากน้ำระบายความร้อนที่หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) แบบปกติมีข้อจำกัดที่ส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานดังนี้

- พัดลมไม่สามารถปรับความเร็วรอบได้ จึงเกิดสภาวะการระบายความร้อนเกินความจำเป็นในบางช่วงเวลา เช่น เวลากลางคืนและช่วงเวลาที่อากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำ โดยสังเกตได้จากการที่อุณหภูมิน้ำด้านออกจาก Cooling Tower ต่ำเกินความต้องการใช้งานในกระบวนการผลิต
- เกิดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการระเหยและการกระเด็น เนื่องจากการที่ Cooling Tower เดิมเป็นแบบระบบเปิด

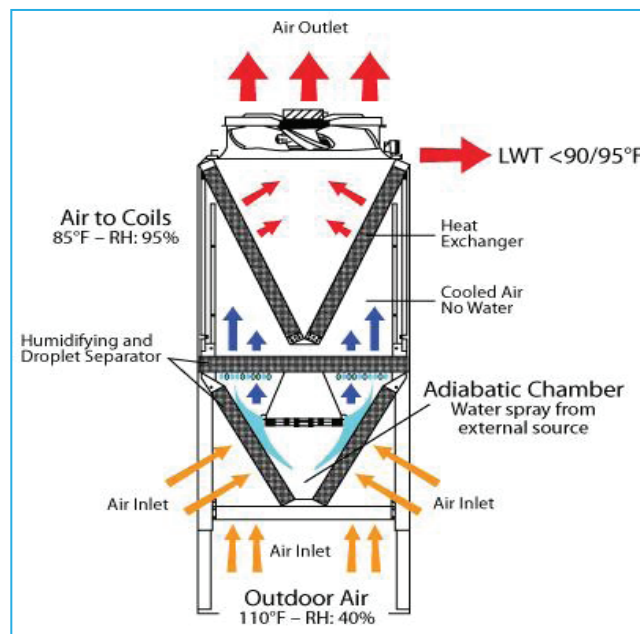
นอกจากนั้นแล้วยังต้องมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการล้างทำความสะอาด Cooling Tower ค่อนข้างสูง



รูปที่ 13.1 Normal Cross Flow Cooling Tower

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากประเด็นของปัญหาดังที่ได้กล่าวมา ทางโรงงานจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ Cooling Tower ที่เป็นระบบปิด ซึ่งมี Nozzle สำหรับพ่นละอองน้ำจากภายนอกเพื่อการระบายความร้อนที่ดีและติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (VSD) สำหรับมอเตอร์พัดลม เพื่อให้สามารถเปลี่ยนแปลงความสามารถในการระบายความร้อนตามสภาพอากาศแวดล้อม และภาระโหลดได้ โดยมีลำดับการทำงาน 3 รูปแบบ ดังนี้



รูปที่ 13.2 โครงสร้างภายใน และสภาวะอากาศ ณ จุดต่างๆ ของ Cooling Tower ระบบปิด

1. ระบายความร้อนด้วยพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศเท่านั้น (พัดลมไม่หมุนระบายความร้อน และหัวฉีดไม่พ่นละอองน้ำ)
2. ระบายความร้อนด้วยพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศ และปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อน (หัวฉีดไม่พ่นละอองน้ำ)
3. ระบายความร้อนด้วยพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศ และปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อน รวมถึงการพ่นละอองน้ำของหัวฉีดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อน

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 ตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องของระบบหล่อเย็น ก่อนดำเนินการปรับปรุง
- 3.2 ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ Cooling Tower แบบใหม่
- 3.3 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินการมาตรการดังกล่าว
- 3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.5 ดำเนินการปรับปรุง
- 3.6 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
อุปกรณ์ในระบบหล่อเย็นก่อนดำเนินการปรับปรุงประกอบด้วย				
1.1 ปั๊มน้ำหล่อเย็น – ก่อน	P_1	kW	22.0	Nameplate
1.2 จำนวนปั๊มน้ำหล่อเย็น – ก่อน	n_1	Unit	6	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 พัดลม Cooling tower – ก่อน	P_2	kW	7.5	Nameplate
1.4 จำนวนพัดลม Cooling tower – ก่อน	n_2	Unit	3	ข้อมูลจากโรงงาน
อุปกรณ์ในระบบหล่อเย็นหลังดำเนินการปรับปรุงประกอบด้วย				
1.5 ปั๊มน้ำหล่อเย็น – หลัง	P_3	kW	11	Nameplate
1.6 จำนวนปั๊มน้ำหล่อเย็น – หลัง	n_3	Unit	6	ข้อมูลจากโรงงาน
1.7 พัดลม Cooling tower – หลัง	P_4	kW	2.25	Nameplate
1.8 จำนวนพัดลม Cooling tower – หลัง	n_4	Unit	20	ข้อมูลจากโรงงาน
1.9 จำนวนชั่วโมงทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.10 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.11 Operating factor	%OF	%	85	ข้อมูลจากโรงงาน
1.12 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.10	ข้อมูลจากโรงงาน
2. การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบก่อนการปรับปรุง $P_b = (P_1 n_1 + P_2 n_2)$	P_b	kW	154.5	
2.2 พิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบหลังการปรับปรุง $P_a = (P_3 n_3 + P_4 n_4)$	P_a	kW	111.0	
2.3 พลังงานไฟฟ้าของระบบก่อนปรับปรุง $E_1 = P_b \times h \times d \times \%OF$	E_1	kWh/yr	1,150,407	
สมมติฐานการวิเคราะห์ หลังดำเนินการปรับปรุงพัดลม Cooling tower สามารถหยุดทำงานในช่วงกลางคืนและช่วงที่อากาศเย็นประมาณ 40 %				
2.4 กำลังไฟฟ้าของระบบ				
2.5 พลังงานไฟฟ้าของระบบหลังปรับปรุง $E_2 = [60\% \times (P_3 n_3 + P_4 n_4) + 40\% \times (P_3 n_3 + 0)] \times h \times d \times \%OF$	E_2	kWh/yr	692,478	
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = E_1 - E_2$	E_s	kWh/yr	457,929	
2.7 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	1,419,580	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนในระบบ	C	Baht	8,000,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	5.63	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการปรับปรุงโดยการติดตั้ง Cooling Tower ระบบปิดทดแทน Cooling Tower ระบบเดิมดังรูป ซึ่งหลังดำเนินการปรับปรุงพบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของโรงงานแต่อย่างใด



รูปที่ 13.3 Cooling Tower ระบบปิด ที่ติดตั้งใช้งานแทนแบบเดิม

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง ทางโรงงานได้ทำการบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุง ดังนี้

ข้อมูล	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ : kWh/day	49,440.00	47,939.60
พลังงานที่ประหยัดได้	= 49,440.00 - 47,939.60	
	= 1,500.40	kWh/day
จำนวนวันทำงานเฉลี่ยต่อปี	= 365	day/yr
	= 1,500.40 x 365	
	= 547,646.00	kWh/yr
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้จริง	= 480,128.00 x 3.10	
	= 1,697,702.60	Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- กำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุง อย่างสม่ำเสมอ ในการ Operate อย่างถูกวิธี และกระตุ้นเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติเพื่อตรวจติดตาม (Monitoring) เช่น จัดทำฟอร์มบันทึกพารามิเตอร์ที่จำเป็น เช่น อุณหภูมิน้ำเข้า - ออก กำหนดเกณฑ์ควบคุมพารามิเตอร์ที่สำคัญ และระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- กำหนดแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพของ Cooling Tower โดยประเมินเบื้องต้นได้จากผลต่างของอุณหภูมิน้ำด้านเข้าและออก Cooling Tower

กรณีศึกษาที่ 14

การเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูงและปรับมุมใบพัด Cooling fan

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยเอ็มเอ็มเอ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 271 ถนนสุขุมวิท ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง
จังหวัดระยอง 21150

ผลิตภัณฑ์ : เคมี



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เดิม Cooling tower (Z-8100A) ใช้ใบพัดเป็นแบบอลูมิเนียมซึ่งมีน้ำหนักมากทำให้การหมุนต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสูงและประสิทธิภาพต่ำประกอบกับทางโรงงานได้มีนโยบายลดการใช้พลังงาน จึงได้มีแนวคิดเรื่องการเปลี่ยนใบพัดรุ่นใหม่เป็นแบบ FRP (Fiberglass Reinforce Plastic) เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการหมุนประสิทธิภาพสูงขึ้นซึ่งทำให้ใช้พลังงานน้อยกว่าและให้อัตราการไหลที่มากกว่าเดิม และหลังจากดำเนินการเปลี่ยนใบพัดใหม่พบว่าอัตราการไหลของอากาศมีมากกว่าเดิม (เนื่องจากประสิทธิภาพสูงขึ้น) ทำให้ต้องทำ Balance ปรับมุมใบพัดเพื่อปรับอัตราการไหลของอากาศลงให้ใกล้เคียงกับที่ใช้งานอีกทั้งยังลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง



รูปที่ 14.1 ใบพัดแบบอลูมิเนียม (ก่อนการปรับปรุง)

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

วัตถุประสงค์ในการทำงานของพัดลมใน Cooling tower คือ การทำให้อากาศจำนวนหนึ่งเคลื่อนที่ผ่านระบบ โดยพัดลมจะต้องเอาชนะแรงต้านทานของระบบให้ได้ ซึ่งก็คือการสูญเสียแรงดันในการเคลื่อนย้ายอากาศนั่นเอง ผลผลิตหรือผลการทำงานของพัดลมก็คือ ผลผลิตของอากาศไหลและแรงดันที่สูญเสีย ผลผลิตของพัดลมและกำลังไฟฟ้า kW ที่ใส่เข้าไปนั้น ก็จะเป็นตัวกำหนดค่าประสิทธิภาพของพัดลม

ประสิทธิภาพของพัดลมนั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของใบพัดอย่างมาก

- ใบพัดโลหะ ซึ่งผลิตขึ้นโดยกระบวนการอัดรีด หรือการหล่อ เพราะฉะนั้นจึงเป็นการยากที่จะผลิตใบพัดที่มีลักษณะถูกต้องตามหลักของอากาศพลศาสตร์ได้
- ใบพัดพลาสติกเสริมใยแก้ว (F.R.P) ถูกทำขึ้นโดยการพิมพ์แบบด้วยมือ ซึ่งก็จะง่ายต่อการผลิตให้ตรงกับรูปแบบตามหลักอากาศพลศาสตร์ได้มากที่สุด สำหรับการใช้งานเฉพาะอย่าง เพราะว่า FRP มีน้ำหนักเบาและต้องการแรงบิดเริ่มต้นน้อย และใช้มอเตอร์ที่มีแรงม้าต่ำ ตลอดจนมีอายุการใช้งานของกล่องเกียร์ มอเตอร์ และลูกปืน ที่ยาวนานขึ้นการบำรุงรักษาจึงทำได้ง่ายกว่า

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

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของใบพัด cooling tower ก่อนดำเนินการปรับปรุง
- 3.2 ตรวจสอบ Specification ของใบพัดประสิทธิภาพสูงของ cooling tower ที่มีอยู่ปัจจุบันในท้องตลาด
- 3.3 ประเมินผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นเมื่อติดตั้งใบพัด cooling tower ประสิทธิภาพสูง
- 3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.5 ดำเนินการปรับปรุงโดยการติดตั้งใบพัดประสิทธิภาพสูง cooling tower
- 3.6 ตรวจสอบผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้นหลังดำเนินการเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูง พบว่าต้องปรับลดอัตราการไหลของอากาศเนื่องจากเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 25%
- 3.7 ดำเนินการปรับปรุงโดยการปรับตั้งมุมใบพัดเพื่อให้อัตราการไหลลดลงมาที่จุดใช้งานเดิม นอกจากนี้ยังสามารถประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นได้อีก
- 3.8 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริง

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนและระหว่างดำเนินการปรับปรุง

การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานจากการเปลี่ยนใบพัด Cooling ประสิทธิภาพสูง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	360	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 พิกัดมอเตอร์พัดลม Cooling tower	P_{cool}	HP	300	Nameplate
1.4 % ผลประหยัดจากการเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูง	SAVE1	%	10	ข้อมูลจากผู้ผลิต
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	2.80	
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{save} = P_{cool} \times 0.746 \times h \times d \times SAVE1$	E_{save}	kWh/yr	193,363.20	
2.2 ผลประหยัดที่เกิดขึ้น $S_c = E_{save} \times C_e$	S_c	Baht/yr	541,416.96	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	750,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	1.38	

หลังจากดำเนินการปรับเปลี่ยนใบพัด ประสิทธิภาพสูงพบว่า มีอัตราการไหลของอากาศมากกว่าความจำเป็นในการใช้งาน จึงต้องการปรับมุมใบพัดเพื่อให้อัตราการไหลลดลงใกล้เคียงกับที่ใช้งานซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้อีกทางหนึ่ง

หลังจากดำเนินการเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูงแล้วได้ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงพบว่ามอเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้า 165 kW

การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานจากการปรับมุมใบพัด

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	360	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์	P	kW	165	ตรวจวัด
1.4 % ผลประหยัดจากการปรับมุม	SAVE2	%	6	ข้อมูลจากผู้ผลิต
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	2.80	
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{\text{save}} = P \times h \times d \times \text{SAVE2}$	E_{save}	kWh/yr	85,536.00	
2.2 ผลประหยัดที่เกิดขึ้น $S_c = E_{\text{save}} \times C_e$	S_c	Baht/yr	239,500.00	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	-	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการจัดซื้อและติดตั้งใบพัด Cooling แบบประสิทธิภาพสูงพบว่าการใช้พลังงานลดลง และอัตราการไหลของลมมากขึ้น

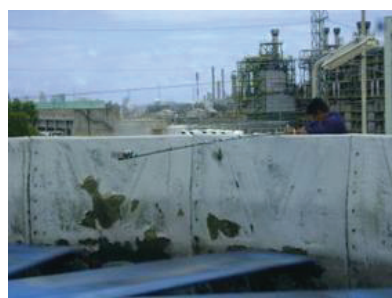
เนื่องจาก Cooling tower (Z-8100A) ได้เปลี่ยนใบพัดเป็นใบพัดประสิทธิภาพสูง ผลการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่าพลังงานประหยัดพลังงานลง 17% และอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นจากที่ใช้งานปกติถึง 25% ทำให้ต้องปรับรอบของใบพัดเพื่อให้อัตราการไหลลดลงมาที่จุดใช้งานเดิม ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้อีก



รูปที่ 14.2 ใบพัด Cooling ประสิทธิภาพสูงหลังดำเนินการปรับปรุง



รูปที่ 14.3 เจ้าหน้าที่ดำเนินการปรับลมใบพัด Cooling ประสิทธิภาพสูง



5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริง โดยทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าก่อนและหลังดำเนินการมาตรการเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูงและปรับมุมใบพัด พบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

มาตรการ : การเปลี่ยนใบพัดประสิทธิภาพสูง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของมอเตอร์ : kW	198.90	165.00
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ : kWh/yr	1,646,892.00	1,366,200.00

มาตรการ : การปรับมุมใบพัดประสิทธิภาพสูง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของมอเตอร์ : kW	165.00	160.00
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ : kWh/yr	1,366,200.00	1,324,800.00

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= 1,646,892 - 1,324,800 && \text{kWh/yr} \\
 &= 322,092.00 && \text{kWh/yr} \\
 \text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= 322,092.00 \times 2.8 && \text{Baht/yr} \\
 &= 901,857.60 && \text{Baht/yr}
 \end{aligned}$$

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- หมั่นตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำคูลลิ่งอย่างสม่ำเสมอ
- การใช้งาน cooling tower ต้องเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาและการจัดการบำบัดน้ำที่หมุนเวียนในระบบเพื่อความปลอดภัยและอาชีวอนามัยอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันอันตรายจากเชื้อ Legion Ella
- จัดทำระเบียบวิธีในการตรวจติดตาม ตรวจวัดเพื่อนำไปสู่การวางแผนบำรุงรักษาที่เหมาะสม เช่น การดูแล Cooling fin, กำจัดตะกอน, ตรวจสอบเมื่อกะดะใครที่เกาะติดบริเวณ filling เป็นต้น
- การจัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นพร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการเดินเครื่องและบำรุงรักษา Cooling tower และแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำ Checklist สำหรับการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อวินิจฉัยหาแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ เพื่อนำไปสู่แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและอาชีวอนามัย
- ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทางด้าน cooling tower เช่น การใช้ไอโซนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

กรณีศึกษาที่ 15

การเจียรลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด Centrifugal pump

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยเอ็มเอ็มเอ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 271 ถนนสุขุมวิท ตำบลมาบตาพุด

อำเภอเมือง จังหวัดระยอง 21150

ผลิตภัณฑ์ : เคมี



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

เครื่องสูบน้ำเครื่องเดิม No. P-4426 ขนาดพิกัด 7 kW ทำงานที่ระดับความดันและอัตราการไหลคงที่ เกิดการชำรุดเสียหายไม่สามารถซ่อมแซมกลับมาใช้งานได้เหมือนเดิม ทีมงานซ่อมบำรุงของบริษัทฯ จึงนำเครื่องสูบน้ำสำรองซึ่งมีขนาด 11 kW มาติดตั้งและใช้งานแทนเครื่องสูบน้ำเครื่องเดิมที่ชำรุดเสียหาย ส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากจุดที่ใช้งานเครื่องสูบน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ออกแบบไว้ โดยทีมงานได้ใช้วิธีตรวจสอบว่าอัตราการไหลเกินความต้องการที่ออกแบบไว้โดยการวัดความดันคร่อมเครื่องสูบน้ำ พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าที่ออกแบบแสดงว่าอัตราการไหลมีค่ามากกว่าเดิม ดังนั้นทีมงานจึงได้ดำเนินการเจียรเพื่อลดขนาดใบพัดของเครื่องสูบน้ำขนาด 11 kW ลงเพื่อให้อัตราการไหลและความดันใช้งานอยู่ที่จุดเดิมจะส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้

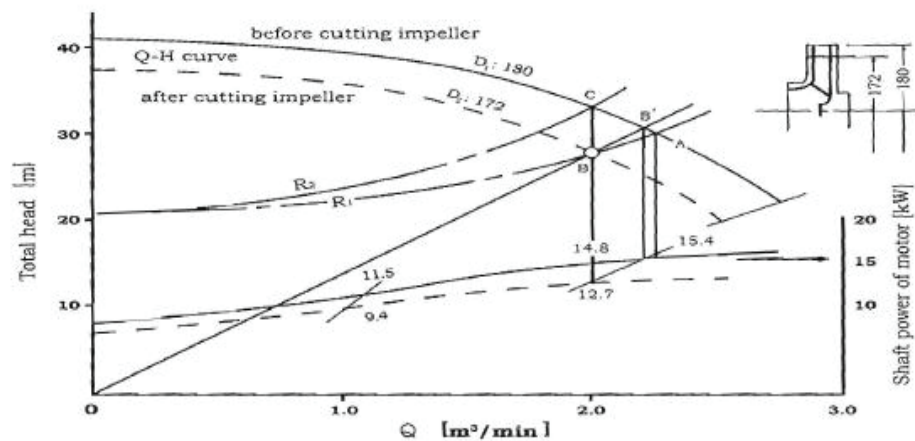
2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานโดยการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด ควรดำเนินการเมื่อปริมาณน้ำที่จ่ายและเฮดรวมของเครื่องสูบน้ำในขณะทำงานมากกว่าค่าที่ต้องการอันเนื่องจากการประเมินปริมาณน้ำและความดันในขณะที่ออกแบบมากเกินไปหรือความต้องการปริมาณน้ำและความดันเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของใบพัดของเครื่องสูบน้ำและการปรับแต่งเครื่องสูบน้ำให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำและความดันที่ต้องการจะทำให้ลดกำลังไฟฟ้าลงได้ โดยทั่วไปเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของใบพัดลดลงการเปลี่ยนแปลงการใช้งานของเครื่องสูบน้ำจะสอดคล้องกับสมการ $L_2 = [D_2/D_1]^4 \times L_1$

เมื่อ L_1, L_2 คือ กำลังงานที่เพลาดิมและเพลานใหม่หลังเจียรใบพัด ตามลำดับ

D_1, D_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเดิมและหลังเจียรใบพัด ตามลำดับ

จะเห็นได้ชัดเจนนว่ากำลังงานของเพลาลงลดลงเป็นสัดส่วนกำลัง 4 ของอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง อย่างไรก็ตามเมื่ออัตราส่วนการเจียรมีค่าสูง ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำจะลดลง นอกจากนี้การเจียรใบอาจทำได้ในเครื่องสูบน้ำบางชนิด



รูปที่ 15.1 การทำงานที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการตัดใบ

- เมื่อ A : จุดทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการตัดใบ ($2.26 \text{ m}^3/\text{min} \times 30 \text{ m}$)
 B : จุดที่ต้องการ ($2 \text{ m}^3/\text{min} \times 28 \text{ m}$)
 B' : จุดที่ทำงานถึงจุด B ก่อนการตัดใบ ($2.2 \text{ m}^3/\text{min} \times 30.7 \text{ m}$)
 C : จุดทำงานสำหรับอัตราการไหลของน้ำที่จุด B ปรับโดยวาล์วควบคุม ($2 \text{ m}^3/\text{min} \times 33 \text{ m}$)

ตารางที่ 15.2 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนและหลังการเจียรใบพัดเครื่องสูบน้ำ (ทำงาน 3,000 hr/yr)

รายการ	จุดทำงานที่ต้องการ	กำลังไฟฟ้าที่เพล่า (kW)	ประสิทธิภาพของมอเตอร์ (%)	กำลังเข้ามอเตอร์ (kW)	พลังงานที่ใช้ (kWh)
ก่อนตัดใบ (180φ)	A $2.26 \text{ m}^3/\text{min} \times 30 \text{ m}$	13.6	88.2	15.4	46,200
ก่อนตัดใบ (180φ)	C $2.026 \text{ m}^3/\text{min} \times 30 \text{ m}$	13.1	88.3	14.8	44,400
หลังตัดใบ (172φ)	B $2.026 \text{ m}^3/\text{min} \times 28 \text{ m}$	11.2	88.4	12.7	38,000

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 ตรวจสอบ อัตราการไหลและความดันที่ใช้งานจริง
- 3.2 ตรวจสอบ Head & Flow ของเครื่องสูบน้ำก่อนการเจียรใบพัดจากกราฟสมรรถนะของปั๊ม
- 3.3 ประเมินผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการดังกล่าว
- 3.5 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินการดังกล่าว ต้องไม่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิต คุณภาพสินค้า ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมการทำงาน
- 3.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.7 ดำเนินการปรับปรุง โดยการนำใบพัดของเครื่องสูบน้ำไปเจียรให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงเพื่อลดเฮดรวมลง
- 3.8 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานโดยการตรวจวัดการใช้พลังงานจริงของเครื่องสูบน้ำก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง

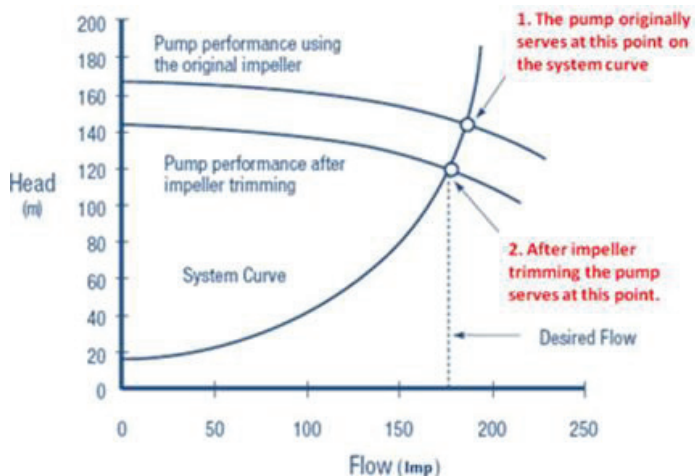
4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/yr	8,400.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/ kWh	2.8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 พิกัดของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ	P	kW	11.00	Nameplate
1.4 อัตราการส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดก่อนต่อ หลังเจียร	D_2/D_1	-	0.88	ข้อมูลจากโรงงาน
2. การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง $E_1 = P \times h$	E_1	kWh/yr	92,400	
2.2 พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง $E_2 = E_1 \times (D_2/D_1)^4$	E_2	kWh/yr	55,411.85	
2.3 ผลประหยัดที่เกิดขึ้น $E_s = E_1 - E_2$	E_s	kWh/yr	36,988.15	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	103,566.82	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์รวมทั้งค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	15,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.14	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการถอดใบพัดเครื่องสูบน้ำ (Impeller) ไปเจียรเพื่อลดขนาด เพื่อให้ได้อัตราการไหลและแรงดันใช้งานเดิมและนำกลับมาติดตั้งเพื่อใช้แทนที่เครื่องสูบน้ำขนาด 7 kW เครื่องเดิมพบว่าสามารถทำงานได้ปกติเหมือนเครื่องสูบน้ำ 7kW เครื่องเดิม



รูปที่ 15.4 ใบพัดเครื่องสูบน้ำก่อนและหลังดำเนินการเจียรเพื่อลดขนาดและการติดตั้งปั้มน้ำขนาด 11 kW (หลังดำเนินการเจียรลดขนาด)

รูปที่ 15.3 กราฟสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำ

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง โดยตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุงดังนี้

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าที่ขั้วมอเตอร์ปั๊ม 11 kW	9.5 kW	6.65 kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขั้วมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ : kWh/yr	79,800.00	55,860.00

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 23,940.00 kWh/yr
 คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้จริง = 67,032.00 Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรมีแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำเป็นรายตัว โดยเฉพาะที่มีขนาดใหญ่ใช้พลังงานสูง , ตรวจสอบ Load factor ของมอเตอร์เป็นรายตัว เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เหมาะสม เช่น ติดตั้ง VSD, การเจียรลดขนาดใบพัด, การเปลี่ยนขนาดมอเตอร์ ฯลฯ
- ควรติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
- ควรจัดทำกราฟวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องจักร เพื่อใช้เป็น Energy baseline และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรประเภทเดียวกัน
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และ บำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ประสิทธิภาพของมอเตอร์ เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า ตรวจสอบอุณหภูมิผิว ตรวจสอบเสียง การสั่นสะเทือน เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- ควรจัดทำ Checklist สำหรับการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อวินิจฉัยหาแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ เช่น ควรพิจารณาเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงก่อน
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

กรณีศึกษาที่ 16

การปรับปรุงจุดลมรั่วและการปรับลดแรงดันผลิตอากาศอัด

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท เบญจมิตรบรรจุภัณฑ์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 111 หมู่ที่ 5 ถนนพุทธมณฑลสาย 4

อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73220

ผลิตภัณฑ์ : บรรจุภัณฑ์พลาสติก



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

จากการตรวจสอบพบว่ากระบวนการฉีดและพิมพ์พลาสติกมีจุดรั่วซึมของลมอัดจำนวน 5 จุด โดยใช้งานลมอัดที่ความดัน 6.2 bar ตรวจสอบพบขนาดรูรั่วประมาณ 1 mm แสดงได้ดังรูปที่ 16.1 ทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศอัดจำนวนมาก ส่งผลให้เครื่องอัดอากาศทำงานหนักและสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า โดยลมอัดที่ใช้ภายในกระบวนการผลิตมาจากเครื่องอัดอากาศชนิดสกรูจำนวน 2 Unit ขนาด 29 KW และ 37 KW ซึ่งผลิตลมอัดที่ความดัน 7.3 bar โดยจุดที่ใช้งานลมอัดแรงดันสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 7 bar แสดงได้ดังรูปที่ 16.2

หลังจากดำเนินการซ่อมแซมจุดรั่วซึมของลมอัดแล้ว ทีมงานได้สำรวจการใช้งานลมอัดในกระบวนการผลิตพบว่ามีการตั้งค่าแรงดันอากาศอัดเกินความจำเป็นในการใช้งานจริงหลายจุด จึงได้ปรับตั้งค่าแรงดันอากาศอัดให้ลดลง นอกจากนี้ยังควบคุมพฤติกรรมการใช้งานอากาศอัดที่ไม่เหมาะสมและปรับปรุง ซ่อมแซม แก๊สไฮดรอลิกต่างๆ ที่ใช้งานอากาศอัดให้อยู่ในสภาพดี จากการดำเนินการทั้งหมดพบว่าสามารถลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลงได้ตั้งแต่ต้นทางการผลิต



รูปที่ 16.1 จุดที่ตรวจสอบพบลมรั่วในกระบวนการผลิต



รูปที่ 16.2 เครื่องอัดอากาศที่ใช้ในกระบวนการผลิต

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การทดสอบหาปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหลทำได้โดยอาศัยอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบ ซึ่งไม่ต้องการลงทุนเพิ่มเติม แต่ต้องปิดโหลดทุกชนิดของระบบอัดอากาศที่จะทำการทดสอบ วิธีการทดสอบดังกล่าวมีอยู่ 2 แบบคือ

- 1) การทดสอบเครื่องอัดอากาศที่ทำงานแบบ ON/OFF Load สำหรับเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กจำพวกลูกสูบหรือเครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่ที่มีลักษณะการทำงานแบบนี้
- 2) การทดสอบเครื่องอัดอากาศแบบ Load + Unload ทัวไปไม่เหมาะกับเครื่องที่ทำงานแบบ Modulate เพราะการหวั่นไหวทำให้เราหาค่าการผลิตอากาศอัดได้ยาก เครื่องอัดอากาศบางยี่ห้อหรือตัวแบบจะไม่ผลิตอากาศอัดออกมา แต่เครื่องอัดอากาศยังต้องใช้พลังงานมากถึง 70% ของพิกัดเครื่อง (เครื่องอัดอากาศแบบนี้ไม่ควรอย่างยิ่งที่จะนำมาทำงานในลักษณะ Load + Unload)

หากทดสอบการรั่วไหลแล้วอัตราการรั่วไหลเกินกว่า 5% โรงงานควรดำเนินการแก้ไขโดยด่วนเพื่อ

- 1) ลดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์
- 2) ลดปัญหาแรงดันอากาศตก
- 3) ลดการใช้งานของเครื่องอัดอากาศ
- 4) ลดต้นทุนการใช้พลังงานในส่วนของบริษัทอัดอากาศ

ตำแหน่งการรั่วไหลที่มักพบบ่อยๆ เช่น วาล์ว หน้าแปลน ข้อต่อท่อต่างๆ จุดต่อเข้าเครื่องจักร หัวต่อสาย และตำแหน่งที่รั่วมักจะรั่วซ้ำๆ จุดเดิมอาจเนื่องมาจากการยึดท่อที่ไม่แข็งแรง หรือบริเวณใช้งานมีการเคลื่อนไหวหรือ การต่อสายท่ออ่อนไม่ถูกต้อง เป็นต้น การรั่วมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การรั่วตรงและการรั่วซึมส่วนมากจะเป็นรั่วซึมมากกว่าเพราะการรั่วซึมสังเกตได้ยากเสียงเบาส่วน การรั่วตรงส่วนใหญ่จะพบที่จุดควบคุมนิวเมตริก เช่น การรั่วไหลของวาล์วคอนโทรล หรือชุดปรับลดแรงดันก่อนเข้าอุปกรณ์ ซึ่งภายหลังจากที่โรงงานดำเนินการแก้ไขโดยการอุดรอยรั่วทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว

จากนั้นควรพิจารณาเรื่องการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลง เนื่องจากมักมีความเข้าใจที่ผิดว่าการผลิตแรงดันอากาศอัดที่ความดันสูงๆ แล้วให้เครื่องหยุดพักในลักษณะแบบไว้ไหลด จะทำให้เครื่องได้หยุดพักและใช้พลังงานน้อยลง ซึ่งก็เป็นความจริงเครื่องอัดอากาศที่ทำงานในลักษณะไว้ไหลดเป็นการที่มอเตอร์กินไฟแต่ไม่ได้จ่ายอากาศอัดออกมา อุปกรณ์ที่ใช้งานอากาศอัดโดยทั่วๆ ไปนั้นมีความต้องการอากาศอัดที่ความแรงดัน 4-5 บาร์เท่านั้น หากอุปกรณ์ได้มีการใช้อากาศอัดที่ความดันสูงกว่านี้จะถูกจัดไว้เป็นอุปกรณ์พิเศษ ควรจะแยกระบบออกไปหรือใช้บูสเตอร์เพรสเซอร์ (Pressure Booster) เพื่อเพิ่มแรงดันอากาศอัดเฉพาะเป็นจุดๆ ไม่ควรผลิตอากาศอัดที่แรงดันสูง เพื่อรองรับอุปกรณ์ที่ใช้ความดันพิเศษเพียงบางจุด โดยประโยชน์ที่ได้จากการลดแรงดันอากาศอัดคือ

1. ช่วยลดการใช้พลังงาน โดยทั่วไปการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลง 1 bar จะลดการใช้พลังงาน ได้ 7.25% หรือลดแรงดันลงทุกๆ 2 psi ประหยัดพลังงานได้ 1% สำหรับสำหรับเครื่องอัดอากาศทั่วไป
2. ช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหล เนื่องจากแรงดันอากาศอัดที่สูงยอมรั่วไหลในปริมาณที่สูง
3. ช่วยลดการใช้อุปกรณ์ปรับลดแรงดันก่อนการใช้งานกรณีแรงดันสูงกว่าความต้องการ
4. เมื่อลดแรงดันในการผลิตลงส่งผลให้เครื่องอัดอากาศสามารถผลิตอากาศอัดได้มากขึ้น

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เพื่อเป็นการลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการรั่วไหลของอากาศอัดร่วมกับการณรงค์ให้มีการปิดวาล์วลมท่อกลมในขณะที่ไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องจักร โดยในการลดการรั่วไหลตั้งเป้าหมายว่าจะมีการรั่วไหลไม่เกิน 5% ในระบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 สำรวจและตรวจสอบเช็คจุดที่มีการรั่วไหลของลมอัด
- 3.2 ทำการเปลี่ยน Seal ตามข้อต่อที่มีรอยรั่วทั้ง 5 จุด พร้อมตรวจเช็ควาล์วในทุกระบบ
- 3.3 จากนั้นสำรวจความต้องการแรงดันอากาศอัดของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตว่าต้องการแรงดันสูงสุดเท่าไร
- 3.4 ปรับลดแรงดันผลิตลมอัดของเครื่องอัดอากาศขนาด 37 kW จากเดิมตั้งไว้ 7.3 bar เป็น 6.8 bar แต่สำหรับเครื่องอัดอากาศขนาด 29 kW จะไม่ปรับลดแรงดันเนื่องจากใช้สำหรับจ่ายในจุดที่ต้องการลมอัดแรงดัน 7 bar
- 3.5 วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นรวมในระบบ
- 3.6 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/yr	7,200	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ความดันอากาศ ณ.จุดที่รั่วไหล	p_g	Barg	6.5	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ความดันอากาศอัดที่ผลิตก่อนปรับปรุงขาออก	p_1	Barg	7.3	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 Free air delivery	FAD	m^3/min	7.0	ข้อมูลจากเครื่องอัดอากาศ
1.6 % On load ของเครื่องอัดอากาศ 37 kW	%OL	%	63	ข้อมูลจากเครื่องอัดอากาศ
1.7 จำนวนรูรั่ว	n	Point	5	ข้อมูลจากโรงงาน
1.8 ขนาดรูรั่ว	D	mm	1	ข้อมูลจากโรงงาน
1.9 Specific power consumption	SEC	kW/litre/sec	0.395	ข้อมูลจากเครื่องอัดอากาศ
2. ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการปรับปรุงจุดลมรั่ว				
2.1 อัตราการรั่วของอากาศอัด $Q_a = 0.158 \times (p_g + 1.013) \times D^2 \times n$	Q_a	litre/sec	5.94	
2.2 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{s,1} = Q_a \times SEC \times h$	$E_{s,1}$	kWh/yr	16,893	
3. ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการปรับลดแรงดันผลิตอากาศอัด				
3.1 ความดันอากาศอัดที่ผลิตหลังปรับปรุงขาออก	p_2	Barg	6.8	ข้อมูลจากโรงงาน
3.2 ความดันสัมบูรณ์อากาศอัดที่ผลิตขาออก ก่อนปรับปรุง = $p_1 \times 1.0197 + 1.013$	$p_{1,a}$	$kg/cm^2(abs)$	8.457	
3.3 ความดันสัมบูรณ์อากาศอัดที่ผลิตขาออก หลังปรับปรุง = $p_2 \times 1.0197 + 1.013$	$p_{2,a}$	$kg/cm^2(abs)$	7.947	
3.4 จำนวนขั้นในการอัด (Stage)	m	-	1	จากข้อมูลเครื่องอัดอากาศ
3.5 Specific Heat Ratio ของอากาศอัด	K	-	1.4	ค่าคงที่
3.6 งานที่ใช้ในการอัดตามทฤษฎี (ก่อนปรับปรุง) $P1 = [m \times k \times 1.013 \times FAD \times (p_{1,a}/1.013)^{(k-1)/(mk)}] / (0.612 \times (K-1))$	P1	kW	74.36	
3.7 งานที่ใช้ในการอัดตามทฤษฎี (หลังปรับปรุง) $P2 = [m \times k \times 1.013 \times FAD \times (p_{2,a}/1.013)^{(k-1)/(mk)}] / (0.612 \times (K-1))$	P2	kW	73.05	
3.8 % การประหยัดพลังงานที่ใช้ในการอัด $\%PS = (P1 - P2) \times 100 / P2$	%PS	%	4.03	
3. ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการปรับลดแรงดันผลิตอากาศอัด				
3.9 กำลังไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (ช่วง Load)	E_{in}	kW	37	จากพิกัดเครื่องที่ Nameplate
3.10 กำลังไฟฟ้าที่ลดลงได้เทียบเท่า = $\%PS \times E_{in}$	$E_{s,1}$	kW	1.491	
3.11 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{s,2} = \%OL \times h \times E_{s,1}$	$E_{s,2}$	kWh/yr	6,763.17	
3.12 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวมทั้งสิ้น $E_{s,t} = E_{s,1} + E_{s,2}$	$E_{s,t}$	kWh/yr	23,656.17	
3.13 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_{s,t} \times C_e$	S_c	Baht/yr	89,893.45	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 เงินลงทุน	C	Baht	500	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.006	



รูปที่ 16.3 การปรับตั้งค่าการผลิตอากาศอัด

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการเปลี่ยน Seal ตามข้อต่อที่มีรอยรั่วทั้ง 5 จุด พร้อมตรวจเช็คควาล์วทุกๆ จุดโดย จากนั้นตรวจสอบการใช้งานลมอัดในกระบวนการผลิต หากพบว่าจุดใดที่ปรับตั้งแรงดันไว้สูงเกินความต้องการใช้งาน ให้ปรับลดลงให้ใกล้เคียงกับความดันใช้งานโดยใช้เวลาดำเนินการประมาณ 1-2 day หลังจากดำเนินการดังกล่าวแล้วข้างต้น พบว่าสามารถปรับลดการตั้งค่าการผลิตอากาศอัดจากเดิม 0.5 บาร์ ในเครื่องอัดอากาศขนาด 37 kW โดยไม่กระทบต่อโหลดในกระบวนการผลิตแต่อย่างใด

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ไม่ระบุผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศก่อนและหลังดำเนินการซ่อมแซมรอยรั่วลมอัดในระบบ และปรับลดความดันลมอัดที่ผลิตลง อย่างไรก็ตามพารามิเตอร์ต่างๆ หลังดำเนินการปรับปรุงเป็นไปตามตารางในหัวข้อที่ 4 ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าหลังดำเนินการปรับปรุงคงใกล้เคียงผลการประเมินในหัวข้อที่ 4

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอๆ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ ระบบส่งจ่ายอากาศอัด และอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดอย่างถูกวิธี และการอนุรักษ์พลังงาน ตั้งแต่ต้นทางการผลิตอากาศอัด จนถึงการใช้งานในกระบวนการผลิต
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ เช่น แรงดันปรับตั้ง แรงดันที่ใช้งานในแต่ละอุปกรณ์ กำหนดแผนทดสอบเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลในระบบอากาศอัด ตรวจสอบจุดรั่วไหล การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องอัดอากาศ เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- ทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ

กรณีศึกษาที่ 17

การลดการสูญเสียไอน้ำในกระบวนการผลิตโดยการติดตั้ง Steam Trap

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท อิติตยา เบอร์ล่า เคมีคอลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

สถานที่ตั้ง : 77 หมู่ 6 ซอย สุขาภิบาล ถนน ปู่เจ้าสมิงพราย

ตำบลลำโรง อำเภอพระประแดง

จังหวัดสมุทรปราการ 10130

ผลิตภัณฑ์ : สารเคมี



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

จากการสำรวจของทีมงานพบว่า ในส่วนของกระบวนการผลิต Plant Liquid SHMP (L-SHMP) มีการรั่วไหลของไอน้ำเนื่องจากในกระบวนการนี้มีการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์โดยติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ทางโรงงานตั้งความดันไอน้ำใช้งานที่ระดับ 5 bar ชั่วโมงการทำงานของโรงงาน 24 hr/day และ 365 day/yr แต่ไม่มีการติดตั้ง Steam Trap ทำให้มีไอน้ำรั่วไหลออกมาตลอดเวลา จากการตรวจวัดพบว่าอัตราการรั่วไหลของไอน้ำมีค่าเท่ากับ 4.8 ke/min



รูปที่ 17.1 การตรวจสอบจุดรั่วไหลไอน้ำ

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

Steam Trap มีหน้าที่คือ ระบายคอนเดนเสทและในขณะเดียวกันก็ป้องกันการรั่วไหลของไอน้ำ แต่ Steam Trap อาจต้องมีหน้าที่เพิ่มอีกสำหรับการเริ่มต้นระบบ (Start Up) คือการระบายอากาศหรือก๊าซ (air and non-condensable gases) เพราะเมื่อตอนหยุดระบบอากาศจะถูกดึงเข้ามาแทนที่ไอน้ำภายในท่อส่งไอน้ำหรืออุปกรณ์ความร้อนและเมื่อตอน Start Up ไอน้ำที่ถูกส่งมาตามท่อส่งจะดันอากาศเหล่านี้ ถ้าอากาศมาถึง Steam Trap อากาศจะยังคงค้างอยู่ภายในเครื่องจักร เป็นผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนไม่ดี

สามารถสรุปหน้าที่ของ Steam Trap ที่สำคัญ 3 ประการคือ

1. ระบายคอนเดนเสท
2. ป้องกันการรั่วของไอน้ำ
3. ระบายอากาศหรือก๊าซ

ปัจจุบันมี Steam Trap อยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดล้วนทำงานตามหน้าที่หลัก 3 ข้อตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่เราจะจำกัดชนิดของ Steam Trap ได้อยู่ 3 ชนิดคือ

1. Mechanical ทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างคอนเดนเสทและไอน้ำ เช่น ลูกกลอยจะลอยเมื่อมีระดับคอนเดนเสท ทำให้วาล์วเปิด เมื่อเกิดไอน้ำลูกกลอยจะตกลง ทำให้วาล์วปิด แต่ปัญหาของ Mechanical คือไม่สามารถระบายอากาศหรือก๊าซตอนเริ่มระบบได้ จึงทำให้ต้องเพิ่ม Thermal Element เพื่อช่วยในส่วนนี้ ซึ่ง Thermal Element นี้ มีการทำงานคล้ายกับ Thermostatic Trap
2. Thermostatic ทำงานโดยเทียบอุณหภูมิของคอนเดนเสทกับไอน้ำ คือ เมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเสทที่สะสมอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ วาล์วภายใน Steam Trap จะเปิดออก เพื่อระบายคอนเดนเสท
3. Thermodynamic ทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของความเร็วในการไหลของ ไอน้ำ กับ คอนเดนเสท ณ พื้นที่เดียวกัน เมื่อไอน้ำไหลผ่านผิวระบายจะทำให้เกิดความดันขึ้นเล็กน้อยซึ่งใช้เป็นหลักในการ เปิด-ปิด วาล์ว

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 ดำเนินการตรวจสอบการรั่วไหลของไอน้ำ Process Plant Liquid SHMP (L-SHMP)
- 3.2 ประเมินปริมาณการรั่วไหลของไอน้ำในจุดที่ตรวจพบ เช่น ประเมินจากขนาดรูรั่ว การตรวจวัดปริมาณคอนเดนเสทเฉลี่ย เป็นต้น
- 3.3 ประเมินผลการประหยัดพลังงานความร้อนที่จะเกิดขึ้นเมื่อติดตั้ง steam Trap
- 3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.5 ดำเนินการปรับปรุงโดยการติดตั้ง Steam trap
- 3.6 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 17.2 การรั่วไหลของไอน้ำบริเวณ Plant Liquid SHMP (L-SHMP)

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าความร้อน LPG	LHV	MJ/L	26.62	
1.4 ความดันไอน้ำ ณ จุดที่รั่วไหล	P_s	Barg	5.0	Pressure guage
1.5 ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ย	C_f	Baht/L	8.07	
1.6 ตรวจวัดปริมาณ Condensate ณ จุดรั่วไหล	Loss	kg/sec	4.8	ตรวจวัด
1.7 ค่าเอนทัลปีของไอน้ำที่ความดันใช้งาน	h_{fg}	kJ/kg	2,757	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานความร้อนที่สูญเสีย (ประหยัดได้) $E_{\text{loss}} = (\text{Loss} \times 60 \times h \times d \times h_{fg}) / 1,000$	E_{loss}	MJ/yr	6,955,580.16	
2.2 ประเมินเป็นปริมาณ LPG ที่สูญเสีย (ประหยัดได้) $\text{LPG}_{\text{loss}} = E_{\text{loss}} / \text{LHV}$	LPG_{loss}	L/yr	261,291.52	
2.3 ค่าใช้จ่าย LPG ที่ประหยัดได้ $= \text{LPG}_{\text{loss}} \times C_f$	S_c	Baht/yr	2,108,622.57	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	3,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $\text{PB} = C / S_c$	PB	yr	0.0014	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการจัดซื้อและติดตั้ง Steam Trap พบว่าสามารถลดการรั่วไหลของไอน้ำได้ และสามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิง LPG ของ Boiler ลงได้



5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงโดยการติดตั้ง Steam Trap พบว่าไม่มีการรั่วของ Condensate และการปรับปรุงดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ทั้งนี้หลังดำเนินการปรับปรุงพบว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นไปตามหัวข้อที่ 4 ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานจะเป็นไปตามการประเมินข้างต้น อย่างไรก็ตามควรมีการตรวจสอบผลการประหยัดโดยตรวจสอบจากค่า SEC (ประมาณการใช้ไอน้ำ/ปริมาณผลผลิต) ก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขของ Process Plant Liquid SHMP (L-SHMP)



รูปที่ 17.3 หลังดำเนินการปรับปรุงโดยการติดตั้ง Steam Trap

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรมีการตรวจติดตามค่า Specific energy consumption ของเครื่องจักรเพื่อใช้วางแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่เหมาะสม สำหรับกรณีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนควรตรวจสอบพารามิเตอร์ด้านจ่ายพลังงาน (Heat source) และด้านรับพลังงาน (Heat sink) เช่น Flowrate อุณหภูมิเข้าและออก เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน หากค่าประสิทธิภาพลดลงการถ่ายเทความร้อนลดลงควรวางแผนทำความสะอาดพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน เป็นต้น
- กำหนดแผนฝึกอบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอๆ ในเรื่องการเดินเครื่องจักรและบำรุงรักษาอย่างถูกวิธีและเพิ่มเติมเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำในกระบวนการผลิต
- ตรวจสอบระบบไอน้ำและท่อส่งจ่ายรวมทั้งเครื่องจักรที่ใช้ไอน้ำ อุปกรณ์ต่างๆ เช่น Steam trap จุดเชื่อมต่อต่างๆ ของท่อไอน้ำ วาล์ว เกจวัดความดันต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ปกติ
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ
- จัดทำ Checklist สำหรับการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อวินิจฉัยหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 18

การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำและผนังประตูตู้อบที่มีลมร้อนรั่วไหลออก

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท บางกอกโพลี จำกัด

สถานที่ตั้ง : 4/9 บางบอน 5 ถนนบางบอน 5 เขตบางบอน

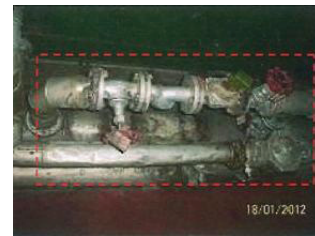
กรุงเทพมหานคร 10110

ผลิตภัณฑ์ : ฟองน้ำวิทยาศาสตร์



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

ในส่วนของตู้อบ Oven มีท่อลมร้อนสำหรับบอโคมเพื่อไล่กลิ่น น้ำยา จะมีการติดตั้งฉนวนใยแก้วเพื่อลดการสูญเสียความร้อนของตู้อบและท่อลมร้อน นอกจากนั้นยังช่วยลดการการแผ่รังสีความร้อนมาสู่พนักงานในบริเวณดังกล่าวด้วย แต่จากการตรวจสอบพบว่า ท่อไอน้ำและผนังประตูตู้อบบางส่วนไม่ได้หุ้มฉนวนและมีช่องที่ทำให้ลมร้อนรั่วไหลออก ดังรูปที่ 18.1 ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนออกจากท่อไอน้ำและผนังประตู นอกจากนั้นความร้อนดังกล่าวยังส่งผลกระทบต่อพนักงาน จึงควรดำเนินการแก้ไขโดยการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำใหม่เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและปรับปรุงสภาพแวดล้อมของการทำงานให้ดีขึ้น



รูปที่ 18.1 ท่อไอน้ำบางส่วนไม่ได้หุ้มฉนวนและผนังประตูมีลมร้อนรั่วไหลออก

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การหุ้มฉนวน (Insulation) ท่อหรืออุปกรณ์ที่เป็นแหล่งสร้างความร้อน จะช่วยป้องกันไม่ให้ความร้อนออกทางการแผ่รังสีความร้อน เมื่อท่อและอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งความร้อนไม่ได้ทำการหุ้มฉนวนจะทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อน ทำให้อุณหภูมิบรรยากาศภายในโรงงานสูงขึ้น บรรยากาศในการทำงานก็จะแย่ลงจึงมักมีการเปิดพัดลมหรือเปิดหน้าต่าง ก็จะทำให้เพิ่มการสูญเสียความร้อนด้วยการพาความร้อนมากขึ้นไปอีก

ดังนั้นจึงควรลดการสูญเสียความร้อนในระบบการผลิตด้วยการหุ้มฉนวนความร้อน อากาศเป็นฉนวนความร้อนที่ดี เพราะมี Thermal conductivity ต่ำกว่าสารอื่นๆ ดังนั้นฉนวนความร้อนที่ดีต้องมีอากาศอยู่มากๆ เมื่อเทียบกับปริมาณหรือขนาดของฉนวน ในทางปฏิบัติถึงแม้ว่าเราจะหุ้มฉนวนแล้วก็ตามแต่ก็ยังปรากฏว่ามีความร้อนสูญเสียอยู่แต่พบว่าปริมาณการสูญเสียลดลงจากเดิมมาก

การตรวจสอบสภาพฉนวนถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ พบว่าโดยทั่วไปฉนวนความร้อนจะมีอายุการใช้งานนาน ประมาณ 5 – 15 yr ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพการติดตั้งใช้งาน ถ้าการติดตั้งใช้งานไม่เหมาะสมจะทำให้อายุการใช้งานของฉนวนสั้นลง เช่น การติดตั้งในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงและไม่มีวัสดุห่อหุ้มฉนวนความร้อน ความชื้นจะทำให้ฉนวนความร้อนเสื่อมอายุเร็วขึ้น

การบ่งบอกว่าฉนวนเสื่อมสภาพได้แก่ หลังจากการติดตั้งใช้งาน อุณหภูมิผิวฉนวนสูงกว่าเดิมเกิน 20 °C และ การเกาะยึดตัวของเนื้อฉนวนความร้อนจะเริ่มเปื่อยยุ่ยไม่เกาะติดกัน เมื่อใช้มือจับดึงเนื้อฉนวนจะหลุดติดมือออกมาจำนวนมากได้ง่าย โดยที่ใช้แรงดึงน้อย หรือสังเกตจากการที่มีเศษฉนวนหลุดร่วงลงพื้น

ตารางที่ 18.1 การประเมินการสูญเสียความร้อนของผิวผนังที่ไม่ได้หุ้มฉนวน

อุณหภูมิผิวผนัง °C	70	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
ความสูงผนัง (m)	การสูญเสียความร้อนของพื้นผิวผนังที่ไม่ได้หุ้มฉนวนต่อความกว้างผนัง (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

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ดำเนินการเปลี่ยนฉนวนที่หุ้มตู้อบและท่อไอน้ำใหม่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 ตรวจสอบอุณหภูมิผิวท่อไอน้ำและวัดพื้นที่ที่จะทำการหุ้มฉนวน
- 3.2 กำหนดความหนาของฉนวนพร้อมประเมินอุณหภูมิผิวหลังหุ้มฉนวน
- 3.3 คำนวณผลการประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
- 3.4 ดำเนินการปรับปรุงและตรวจวัดอุณหภูมิผิวหลังหุ้มฉนวน
- 3.5 ทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 อุณหภูมิผิวร้อนของท่อก่อนปรับปรุง	t_1	°C	120	จากการตรวจวัด
1.2 พื้นที่ผิวของท่อทรงกระบอก	A_1	m ²	13.36	จากการตรวจวัด
1.3 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	13.5	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	272	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	t_b	°C	33	จากการตรวจวัด
1.6 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	η_b	%	80	
1.7 อุณหภูมิหลังการหุ้มฉนวนท่อ	t_2	°C	45	ตัวเลขประเมินเบื้องต้น
1.8 ราคา LPG เฉลี่ย	C_f	Baht/kg	17.21	ข้อมูลจากโรงงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.9 Surface coefficient	α	-	2.0	วัตถุทรงกระบอก
1.10 Surface emissivity	ϵ	-	0.2	Insulation surface
1.11 ค่า LHV ของ LPG	LHV	MJ/kg	50.22	
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 การสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนก่อนปรับปรุง $Q_{1,1} = \alpha \times (t_1 - t_b)^{1.25} \times 4.186$	$Q_{1,1}$	$\text{kJ/m}^2 \cdot \text{hr}$	2,224.48	
2.2 การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีก่อนปรับปรุง $Q_{2,1} = 4.88 \times \epsilon \{[(t_1+273)]^4 - (t_b+273)/100\} \times 4.186$	$Q_{2,1}$	$\text{kJ/m}^2 \cdot \text{hr}$	617.16	
2.3 การสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนก่อนปรับปรุง $Q_{1,2} = \alpha \times (t_2 - t_b)^{1.25} \times 4.186$	$Q_{1,2}$	$\text{kJ/m}^2 \cdot \text{hr}$	186.98	
2.4 การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีก่อนปรับปรุง $Q_{2,2} = 4.88 \times \epsilon \{[(t_2+273)]^4 - (t_b+273)/100\} \times 4.186$	$Q_{2,2}$	$\text{kJ/m}^2 \cdot \text{hr}$	59.67	
2.5 การสูญเสียความร้อนรวมก่อนปรับปรุง $Q_{t,1} = Q_{1,1} + Q_{2,1}$	$Q_{t,1}$	$\text{kJ/m}^2 \cdot \text{hr}$	2,841.64	
2.6 การสูญเสียความร้อนรวมหลังปรับปรุง $Q_{t,2} = Q_{1,2} + Q_{2,2}$	$Q_{t,2}$	$\text{kJ/m}^2 \cdot \text{hr}$	246.65	
2.7 การสูญเสียความร้อนจากไอน้ำที่ลดลง $Q_s = (Q_{t,1} - Q_{t,2}) \times A_1 \times h \times d$	Q_s	kJ/yr	127,304,811.80	
2.8 คิดเป็นปริมาณ LPG ที่ประหยัดได้ $m_f = Q_s / (1,000 \times \eta_b \times \text{LHV})$	m_f	kg/yr	3,168.68	
2.9 คิดเป็นราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ประหยัดได้ $S_c = m_f \times C_f$	S_c	Baht/yr	54,532.98	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน	C	Baht	27,160	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.5	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการหุ้มฉนวนใยแก้วปิดผิวภายนอกด้วยอลูมิเนียมพอยล์ แสดงได้ดังรูปที่ 18.2



รูปที่ 18.2 การหุ้มฉนวน
ที่ท่อไอน้ำตูบใหม่

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ติดตั้งฉนวนใยแก้วที่ภายนอกหุ้มปิดด้วยอลูมิเนียมพอยล์ ในบริเวณท่อไอน้ำที่มีสภาพชำรุดและผ่นงประทุ ตูบเพื่อลดการสูญเสียความร้อนจากฉนวนที่เสื่อมสภาพและชำรุด ทั้งนี้หลังจากปรับปรุงด้วยการหุ้มฉนวนใหม่และ ตรวจวัดอุณหภูมิที่ผิวเฉลี่ยหลายจุดพบว่ามีความใกล้เคียง 45°C ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานจึงเป็นไปตามการ ประเมินในหัวข้อที่ 4

วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณได้จากค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ยต่อเดือน (SEC) ของเครื่องจักรนั้นๆ โดยค่า SEC เฉลี่ยต่อเดือนได้จากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องจักร (Energy Input) เป็นรายเดือนและปริมาณผลผลิต (Product Output) ในช่วงเวลาเดียวกันของเครื่องจักรนั้นๆ

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- กำหนดแผนตรวจวัดอุณหภูมิผิวด้านนอกของเครื่องจักรเพื่อตรวจสอบสภาพนวนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
- กำหนดแผนฝึกอบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอๆ ในเรื่องการเดินเครื่องจักรและบำรุงรักษาอย่างถูกวิธีและเพิ่มเติมเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำในกระบวนการผลิต
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มบันทึกพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการมอนิเตอร์ เช่น ระดับความดันไอน้ำที่ใช้งาน อุณหภูมิผิวของอุปกรณ์ เป็นต้น และ ระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- ตรวจสอบระบบไอน้ำและท่อส่งจ่ายรวมทั้งเครื่องจักรที่ใช้ไอน้ำ อุปกรณ์ต่างๆ เช่น Steam trap, Gauge ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ปกติ
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

กรณีศึกษาที่ 19

การติดตั้ง Economizer เพื่อนำความร้อนทิ้งจาก Flue gas กลับมาใช้

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด

สถานที่ตั้ง : 202 หมู่ที่ 1 ถนน สุขสวัสดิ์

ตำบลปากคลองบางปลากด อำเภอพระสมุทรเจดีย์

จังหวัดสมุทรปราการ 10290

ผลิตภัณฑ์ : เคมีภัณฑ์

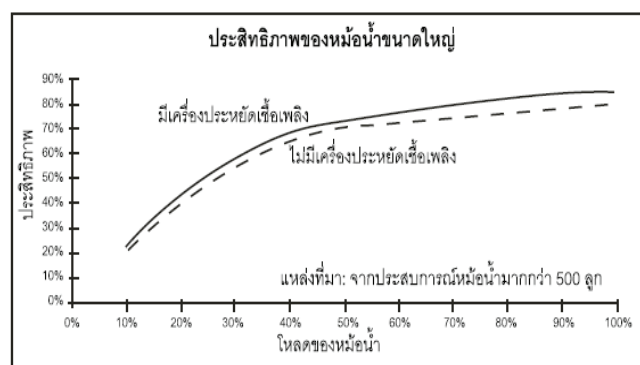


1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

ทางโรงงานให้ความสำคัญในเรื่องของการประหยัดพลังงานและการนำความร้อนทิ้งในกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ต่างๆ โดยพยายามนำกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ทั้งนี้จากการตรวจวัดอุณหภูมิที่ปล่องไอเสียของ Boiler ขนาด 6 ตันไอ น้ำ ผลิตไอน้ำที่ระดับความดัน 11 barg เดินเครื่องตลอด 24 hr/day มีวันทำงาน 358 day/yr พบว่ามีอุณหภูมิสูง (ประมาณ 237 °C) ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวอยู่ในกลุ่มความร้อนทิ้งที่มีศักยภาพระดับกลางในการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยความร้อนทิ้งดังกล่าวจะนำมาใช้เพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า Boiler ผ่านอุปกรณ์ Economizer ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำและนำไปสู่การประหยัดเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำในที่สุด

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การนำความร้อนทิ้ง ซึ่งเกิดจากกระบวนการสันดาปเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือปฏิกิริยาเคมีแล้วปล่อยสู่บรรยากาศ เช่น ก๊าซไอเสียที่เกิดจากหม้อไอน้ำ เตาเผาขยะ เตาอบและเตาเหล็ก กลับมาใช้ใหม่ในหลายส่วน เช่น การอุ่นอากาศ การอุ่นน้ำร้อน หรือการต้มน้ำต่าง ๆ ได้ โดยผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น Economizer, Recuperator หรือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน Heat Exchanger เป็นต้น การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้อย่างพอเหมาะนั้นจำเป็นต้องรู้ปริมาณที่สามารถนำกลับมาใช้ได้และนำกลับมาใช้อย่างไร



รูปที่ 19.1 แสดงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของหม้อไอน้ำเมื่อติดตั้ง Economizer

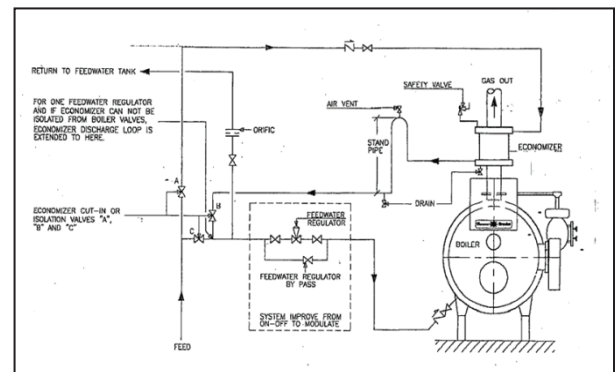
Economizer เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยรับความร้อนจากแหล่งความร้อน (ก๊าซทิ้งจากกระบวนการผลิตหรือหม้อไอน้ำ) และถ่ายเทให้กับน้ำที่ต้องใช้ในอุปกรณ์หรือกระบวนการผลิต สำหรับระบบหม้อไอน้ำนั้นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับของเหลวทำงานโดยรับความร้อนจากก๊าซไอเสียทิ้งจากหม้อไอน้ำโดยส่วนใหญ่และถ่ายเทให้กับน้ำ (preheating) ก่อนเข้าหม้อไอน้ำ การแลกเปลี่ยนความร้อนนี้อาศัยหลักการนำความร้อนและพาความร้อนผ่านตัวกลางวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง โดยทั่วไปการนำความร้อนทิ้งจากหม้อไอน้ำไปใช้ในการอุ่นน้ำป้อนจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 1% ทุก 22 °C ของก๊าซไอเสียที่สามารถดึงกลับมาใช้ได้หรือทุกๆ 6 °C ของอุณหภูมิน้ำป้อนที่เพิ่มขึ้นได้

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 ตรวจวัดอุณหภูมิและปริมาณ Flue gas ของ Boiler
- 3.2 ตรวจวัดอุณหภูมิขาเข้าและปริมาณของน้ำป้อนเข้า Boiler
- 3.3 คำนวณและออกแบบขนาด Economizer ทั้งนี้อุณหภูมิของก๊าซไอเสียไม่ควรต่ำเกินไปเนื่องจากจะมีผลต่อแรงลมไหลผ่าน (Draft Force) และต้องประเมินค่า Pressure drop ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการติดตั้ง Economizer จะส่งผลต่อการแรงขับเคลื่อนอากาศและก๊าซในห้องเผาไหม้ และการกระจายตัวออกสู่บรรยากาศ
- 3.4 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินการมาตรการดังกล่าว
- 3.5 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.6 ดำเนินการปรับปรุง
- 3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 19.2 (ก) หม้อไอน้ำขนาด 6 Ton (ก่อนปรับปรุง)



รูปที่ 19.2 (ข) การออกแบบติดตั้ง Economizer

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 % Operating Factor (หระเหย)	%OF	%	77	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 อัตราการผลิตโซดาไฟ	m _p	ton/day	384	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 Specific energy consumption ด้านความร้อนของการผลิตโซดาไฟ	SEC	BTU/ton	0.93x10 ⁶	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 % Heat recovery จาก Flue gas	%HR	%	3.6	ข้อมูลจาก Vender กำหนด 4.1% ที่พิกัด
1.5 ชั่วโมงการทำงานของหม้อไอน้ำ	h	hr/ton	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 จำนวนวันทำงานของหม้อไอน้ำ	d	day/yr	358	ข้อมูลจากโรงงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.7 ราคาเฉลี่ยเชื้อเพลิง NG	C_f	Baht/MMBTU	365	ข้อมูลจากโรงงาน
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานความร้อนที่ต้องการจากหม้อไอน้ำ $Q = m_p \times SEC \times \%OF/24$	Q	BTU/hr	11,457,600	
2.2 พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ต่อปี $Q_s = Q \times \%HR \times h \times d / 1 \times 10^6$	Q_s	MMBTU/yr	3,543.97	
2.3 ค่าเชื้อเพลิง NG ที่ประหยัด $S_c = Q_s \times C_f$	S_c	Baht/yr	1,293,549.05	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์ Economizer และชุดควบคุม รวมทั้งค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	1,908,600	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	1.48	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการติดตั้ง Economizer ดังแสดงในรูปที่ 19.3 และเปลี่ยนระบบควบคุมปริมาณน้ำใน Boiler จากเดิม On-off control เป็น Modulating control เพื่อให้หม้อไอน้ำเข้า Boiler อย่างต่อเนื่อง

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการติดตั้ง Economizer แล้วพบว่านอกจากปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ใน Boiler จะลดลงแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง Feed water nozzle และ feed water pump เนื่องจากระบบควบคุมปริมาณน้ำเข้าหม้อไอน้ำหลังจากติดตั้ง Economizer แล้วต้องเปลี่ยนจากแบบเปิดปิด (On-off control) เป็นแบบทำงานอย่างต่อเนื่อง (Modulating control) ซึ่งจะช่วยลดการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ที่สึกหรอเนื่องจากแรงกระแทกของน้ำความดันสูงที่ชนกับอุปกรณ์ดังกล่าวคิดเป็น



รูปที่ 19.3 การติดตั้ง ECONOMIZER ของโรงงาน

ค่าบำรุงรักษา Feed water nozzle และ Feed water pump ที่ลดลง	70,000 Baht/yr	
% Heat recovery จาก Flue gas	3.27	%
ปริมาณ NG ที่ประหยัดได้เฉลี่ย	320,317	BTU/hr
ปริมาณ NG ที่ประหยัดได้ต่อปี	2,752,163.66	BTU/yr
คิดเป็นมูลค่า NG ที่ประหยัดได้ต่อปี	1,004,539.74	Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ทางโรงงานใช้เครื่องมือ TPM ในเรื่องของการอบรมและทบทวนให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอๆ ในการเดินหม้อไอน้ำอย่างถูกวิธีและเพิ่มเติมเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในหม้อไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำในกระบวนการผลิต
- ควบคุมด้านการปฏิบัติโดยการจัดทำ Form สำหรับบันทึกพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิด้านขาออกที่ปล่องไอเสีย อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า Boiler ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ ระดับแรงดันไอน้ำ ฯลฯ และระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- กำหนดแผนการบำรุงรักษาเนื่องจาก Economizer ต้องการการทำความสะอาดพื้นผิวการแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากการใช้งานจะมีคราบสกปรกเกาะติดทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง

กรณีศึกษาที่ 20

การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลทดแทนน้ำมันเตาในหม้อไอน้ำ

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ไฮแคร์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

สถานที่ตั้ง : 1197 ถนนเลี้ยวเมือง ตำบลควนลัง

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

ผลิตภัณฑ์ : ถุงมือยางธรรมชาติ



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

บริษัท ไฮแคร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด เป็นโรงงานผลิตถุงมือจากยางพารา ที่มีกำลังผลิตถุงมือยางจำนวน 8 ล้านชิ้น/month โดยกระบวนการผลิตถุงมือจะต้องใช้พลังงานความร้อนจำนวนมากในกระบวนการ เช่น ใช้น้ำร้อน ในการล้างแบบถุงมือ และใช้ความร้อนจากไอน้ำจ่ายเข้า Heat exchanger เพื่อทำอากาศร้อนในการอบถุงมือให้แห้ง และเพื่อให้ได้คุณสมบัติของเนื้อยางตามข้อกำหนด เดิมโรงงานมีการใช้หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงน้ำมันเตา มีปริมาณการใช้อยู่ที่ปีละประมาณ 11 ล้านลิตร ในการผลิตไอน้ำป้อนสู่กระบวนการผลิต ซึ่งจากราคาเชื้อเพลิงมีการปรับราคา สูงขึ้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตถุงมือของทางโรงงานสูงขึ้น โรงงานจึงได้ติดตั้งหม้อไอน้ำตัวใหม่ซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลหรือเศษไม้พื้น

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass fuel) นั้น จัดอยู่ในรูปแบบของสารอินทรีย์ (Organic matters) ในทางปฏิบัตินั้น พืชผลทางการเกษตรที่เหลือใช้ หรือเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตรจัดอยู่ในรูปของเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น แกลบ (Rice husk) ทะลายปาล์มเปล่า (Empty fruit bunch) ปาล์มไฟเบอร์ (Palm fiber) ไม้สับ (Wood chipped) ก้านใบ/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

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 3.1 บันทึกข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงของ Boiler ราคาเชื้อเพลิง ปริมาณผลผลิตเพื่อวิเคราะห์ Specific Energy Consumption ซึ่งจะใช้เป็นค่าทวนสอบผลประหยัดพลังงานจริงหลังปรับปรุง
- 3.2 ตรวจวัดประสิทธิภาพของ Boiler
- 3.3 คำนวณและออกแบบ Boiler ที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
- 3.4 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว เช่น กระบวนการผลิต คุณภาพสินค้า ความปลอดภัย สภาพแวดล้อม เป็นต้น
- 3.5 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
- 3.6 ดำเนินการปรับปรุง
- 3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานจาก Specific Energy Consumption

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล	Q_d	kg/day	104,120	
1.2 จำนวนวันทำงานของ Boiler	d	day/yr	365	
1.3 ประสิทธิภาพของ Boiler น้ำมันเตา	EFF_o	%	85.10	ค่าจากการตรวจวัด
1.4 ประสิทธิภาพของ Boiler เชื้อเพลิงชีวมวล	EFF_b	%	89.42	ข้อมูลจากผู้ผลิต
1.5 ค่าความร้อนของน้ำมันเตา	h_o	kcal/L	9,600.00	
1.6 ค่าความร้อนของชีวมวล	h_b	kcal/L	3,750.00	
1.7 ราคาน้ำมันเตา	P_o	Baht/L	14.00	
1.8 ราคาชีวมวล	P_n	Baht/kg	3.00	
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 การเทียบเท่าน้ำมันเตา 1 ลิตรกับชีวมวล $Ratio = (EFF_o \times h_o) / (EFF_b \times h_b)$	Ratio	-	2.44	
2.2 ปริมาณการใช้ชีวมวล $Q_n = Q_d \times d$	Q_n	kg/yr	38,003,800.00	
2.3 เทียบเท่าการใช้ น้ำมันเตา $Q_o = Q_n / Ratio$	Q_o	L/yr	15,575,327.87	
2.4 ค่าใช้จ่ายชีวมวล $C_n = Q_n \times P_n$	C_n	Baht/yr	114,011,400.00	
2.5 ค่าใช้จ่ายน้ำมันเตา $C_o = Q_o \times P_o$	C_o	Baht/yr	218,054,590.18	
2.6 ผลการประหยัด $C_s = C_o - C_n$	C_s	Baht/yr	101,469,219.21	
2.7 คิดเทียบเท่าน้ำมันเตา $S = C_s / P_o$	S	L/yr	7,431,656.44	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าเงินลงทุน Boiler ชุดควบคุมรวม ทั้งค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	33,400,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.32	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

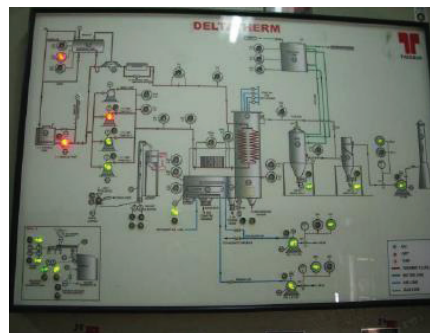
ทางโรงงานได้ดำเนินการติดตั้งหม้อไอน้ำตัวใหม่ซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวล (เศษกะลาปาล์ม) หรือเศษไม้ฟืน โดยได้ผลประหยัดด้านราคาเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจริงประมาณปีละ 78,288,789.20 Baht/yr



รูปที่ 20.1 อาคารหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวภาพ



รูปที่ 20.2 ปีกไม้และเศษเชื้อเพลิงสำรองในการป้อนเข้าเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 20.3 ระบบการควบคุมของหม้อไอน้ำใหม่

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการติดตั้ง Boiler ซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลแล้ว พบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงลงมากกว่า 78 ล้านบาท โดยที่ผลผลิต (ถุงมือยาง) เพิ่มขึ้น รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ผลผลิตรวม (pieces/yr)	1,071,926,322	1,304,813,154
ปริมาณการใช้ น้ำมันเตา (L/yr)	11,975,000.00	-
ปริมาณการใช้ กะลาปาล์ม (kg/yr)	-	12,362,540.00
ปริมาณการใช้ ถ่านหิน (kg/yr)	-	27,363,000.00
ราคาเชื้อเพลิงรวม (Baht/yr)	159,267,500	112,467,766.00
ค่าเชื้อเพลิงต่อผลผลิต (Baht/pieces)	0.15	0.09

$$\begin{aligned}
 \text{ผลการประหยัดค่าเชื้อเพลิง} &= (0.15 - 0.09) \times 1,304,813,154 \text{ Baht/yr} \\
 &= 78,288,789.20 \text{ Baht/yr}
 \end{aligned}$$

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- กำหนดแผนการตรวจสอบคุณภาพของอากาศเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้ของ Boiler เพื่อปรับอัตราการส่วน A/F ratio ให้เหมาะสมกับชนิดเชื้อเพลิง
- ตรวจสอบค่า Specific energy consumption ของ Boiler เป็นประจำและจัดทำ Energy Baseline ขึ้นสำหรับตรวจติดตามการใช้พลังงานในปัจจุบัน
- กำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อทบทวนให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอๆ ในการเดินหม้อไอน้ำอย่างถูกวิธีและเพิ่มเติมเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในหม้อไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำในกระบวนการผลิต
- ควบคุมด้านการปฏิบัติโดยจัดทำ Form สำหรับบันทึกพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิด้านขาออกที่ปล่อยไอเสีย อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า Boiler ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ ระดับแรงดันไอน้ำ ฯลฯ และระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ
- จัดทำ Checklist สำหรับการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อวินิจฉัยหาแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน เช่น แนวทางลดความชื้นและขนาดเชื้อเพลิงชีวมวล การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ในกระบวนการ ฯลฯ



สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน
กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ
ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง 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

www.facebook.com/EQSConsult