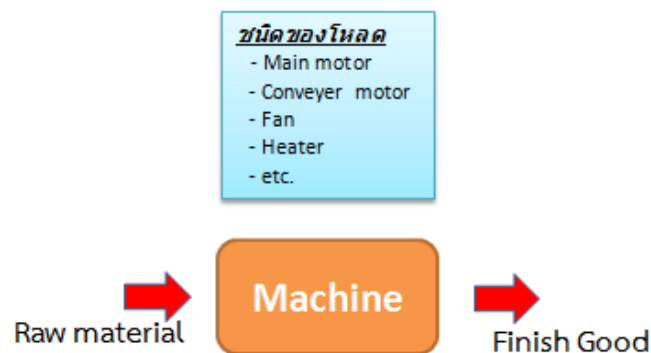


บทที่ 12 เครื่องจักรในกระบวนการผลิต

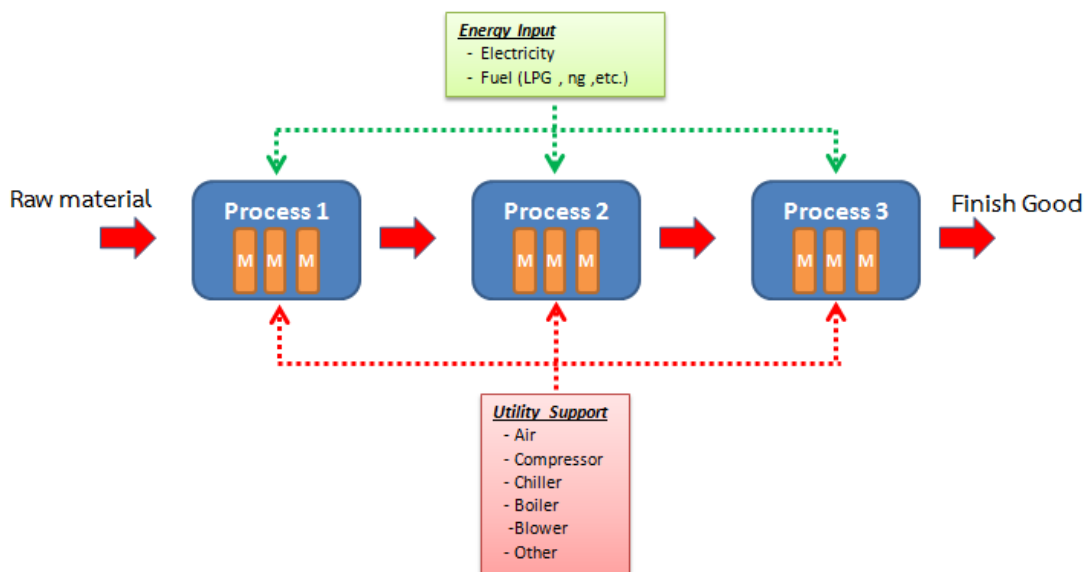
12.1 องค์ประกอบของระบบ

เครื่องจักรในกระบวนการผลิตหมายถึง เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสินค้า อาจจะเป็นเครื่องจักรเพียงชุดเดียว หรือเครื่องจักรขนาดใหญ่ ที่ประกอบด้วยเครื่องจักรหลายๆชุด ทำการผลิตแบบต่อเนื่องกัน ก็ได้ ซึ่งแต่ละส่วน จะมีมอเตอร์ขนาดต่างๆ หลายชุด หรือโหลดประเภทอื่นๆ รวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น

1. เครื่องฉีดพลาสติก ประกอบด้วย Main มอเตอร์ และ Heater
2. เตอบ ประกอบด้วยมอเตอร์ขับเคลื่อนลูกกลิ้ง (Roller) และ Blower มอเตอร์ ในการ Circulate อากาศภายในเตา
3. เครื่องผลิตกระดาษลูกฟูก ประกอบด้วย มอเตอร์ขับเคลื่อนลูกรีด ขนาดต่าง ๆ



รูปที่ 12.1 เครื่องจักรในการผลิต



รูปที่ 12.2 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง

ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพ หรือสมรรถนะของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต จะพิจารณาในภาพรวมของเครื่องจักรในการผลิต หรือพิจารณาเป็นกระบวนการผลิต มากกว่าการตรวจวัดมอเตอร์ หรือโหลดประเภทอื่นที่ละชุด

12.2 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ

สมรรถนะพลังงาน ของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต แทนด้วยด้วย SEC (Specific Energy Consumption) คืออัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ (ไฟฟ้า หรือเชื้อเพลิง) ต่อปริมาณผลผลิต ที่ผลิตได้ ซึ่งสามารถพิจารณาเป็นรายเครื่องจักร หรือรายกระบวนการผลิตก็ได้ มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$SEC = \frac{Energy}{Product}$$

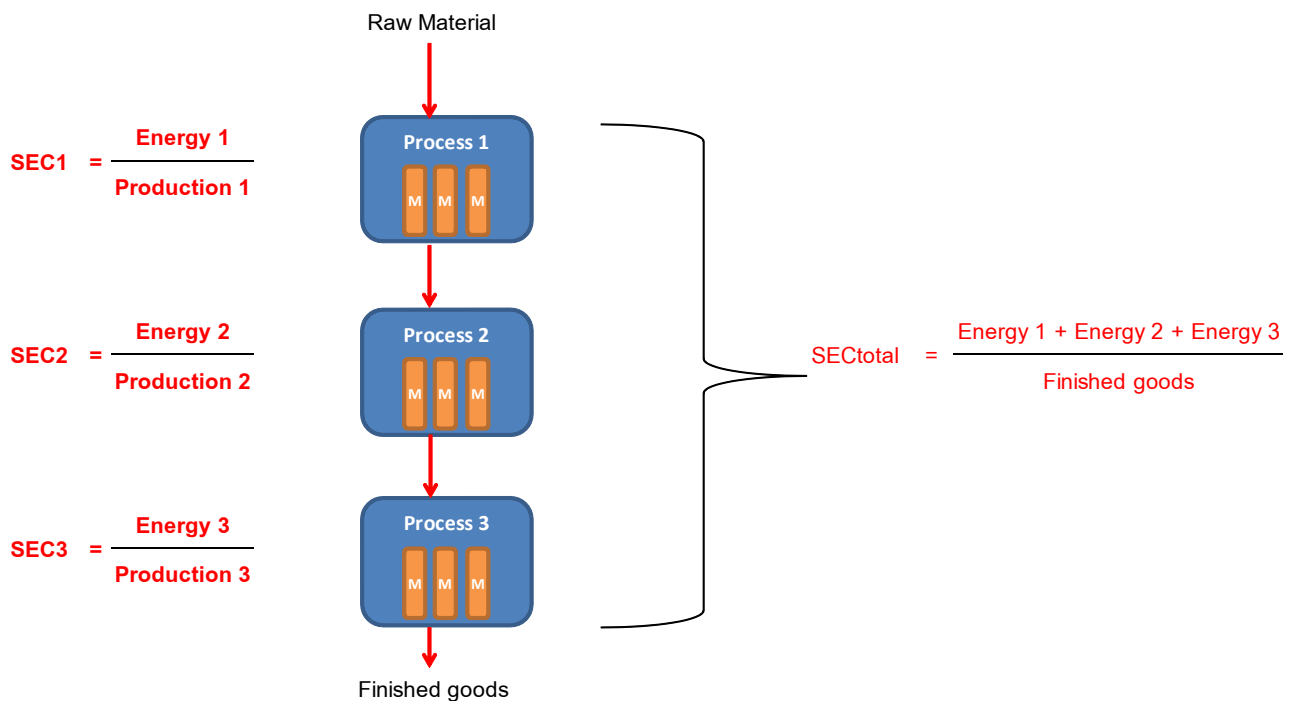
Energy คือ พลังงานที่ใช้หรือเกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าในช่วง 1 รอบการทำงานหรือช่วงเวลา มีหน่วยเป็น

- kWh / รอบการทำงาน หรือช่วงเวลาสำหรับเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า
- MJ / รอบการทำงาน หรือช่วงเวลาสำหรับเครื่องจักรจากเชื้อเพลิง

Product คือ ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ในช่วง 1 รอบการทำงาน หรือช่วงเวลา และต้องเป็นช่วงเวลาเดียวกับการบันทึกพลังงาน

หมายเหตุ : 1 รอบการทำงานหรือช่วงเวลา หมายถึง ช่วงเวลาในการผลิตสินค้านับตั้งแต่เริ่มการผลิตไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะใช้เวลาแตกต่างกันไปตามลักษณะสินค้าและประเภทอุตสาหกรรม

ในกรณีที่โรงงานมี กระบวนการผลิต หลายกระบวนการ การประเมิน SEC ให้แยกผลผลิตและปริมาณพลังงานที่ใช้ของแต่ละกระบวนการแล้วจึงประเมินค่า SEC ของกระบวนการผลิตนั้นๆ



รูปที่ 12.3 สมรรถนะพลังงานของกระบวนการผลิตย่อย และรวมทั้งหมด

12.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันไม่มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจ ตรวจสอบหรือวิเคราะห์ประสิทธิภาพหรือสมรรถนะพลังงาน

แต่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) มีผลการศึกษาและวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานของแต่ละประเภทอุตสาหกรรมโดย ซึ่งพิจารณาในภาพรวมโรงงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

กฎหมายหรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ประเภทอุตสาหกรรม	SECe (kWh/Unit)	SECF (MJ/Unit)
1	อุตสาหกรรมพลาสติก ⁽¹⁾ (Unit = kg)		
1.1	- Blown Film Extrusion : ถุงพลาสติกหุ้มหิ้ว, ถุงขยะ, ถุงบรรจุภัณฑ์ , ถุงในของกระสอบ, ฯลฯ	0.715	
1.2	- Pipe/Tube Extrusion : ท่อน้ำประปา, ท่อน้ำทิ้ง, ท่อร้อยสายไฟ, ท่อสายยาง, ท่อพลาสติก, ฯลฯ	0.688	
1.3	- Stretch Blown Molding : ขวดน้ำดื่ม, ขวดน้ำอัดลม, ขวดยา, ขวดปากกว้าง, ฯลฯ	2.53	
1.4	- Injection Molding : ชิ้นส่วนยานยนต์, ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า, ข้อต่อท่อประปา, ฝาปิดขวด/ถัง, ฯลฯ	2.039	
2	อุตสาหกรรมเหล็ก ⁽²⁾ (Unit = Ton)		
2.1	- เหล็กเส้นมีเตาหลอม	728	1,942
2.2	- เหล็กเส้นไม่มีเตาหลอม	111	1,674
2.3	- เหล็กแผ่นรีดร้อนมีเตาหลอม	758	1,324
2.4	- เหล็กแผ่นรีดร้อนไม่มีเตาหลอม	158	1,677
2.5	- เหล็กแผ่นชุบสังกะสีแบบเคลือบด้วยไฟฟ้า	234	459

No.	อุตสาหกรรมโลหะ ⁽³⁾	SEC total (GJ/Ton)	
		min	max
3	กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์รวม	3.54	6.68
3.1	- Raw meal grinding	0.17	0.49
3.2	- Clinker kiln	3.02	5.89
3.3	- Finish grinding	0.18	0.41
4	กระจกแผ่น	8.78	13.85
5	เครื่องแก้ว	11.04	18.65
6	ขวดแก้ว	6.24	7.58
7	เครื่องใช้เซรามิกบนโต๊ะอาหาร	33.52	62.33
8	เครื่องสุขภัณฑ์	16.15	26.62
9	กระเบื้องเซรามิก	5.31	8.74

หมายเหตุ : อ้างอิงจาก

- (1) เอกสารเผยแพร่ โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์พลาสติก
- (2) เอกสารเผยแพร่ โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรม เหล็ก
- (3) เอกสารเผยแพร่ โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรม โลหะ

12.4 แนวทางการสำรวจและการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

จากความสัมพันธ์ของค่า SEC คือ พลังงานที่ใช้ต่อปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ ดังนั้นสิ่งที่ต้องเก็บข้อมูลคือ

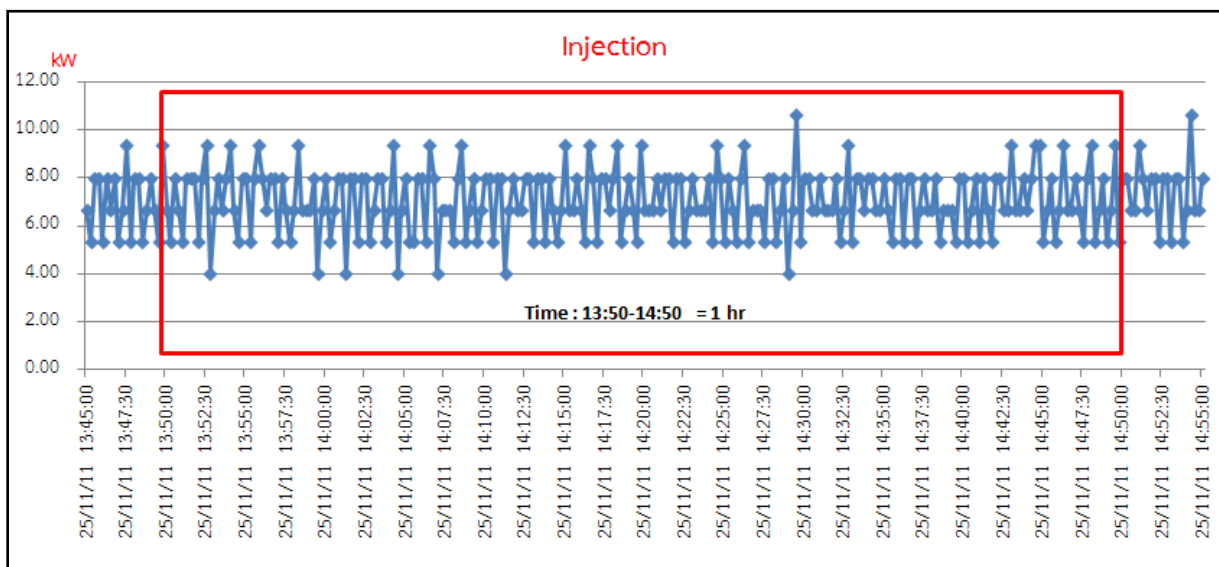
ข้อมูลที่ต้องการ	ที่มาของข้อมูล
พลังงานที่ใช้	<p><u>เครื่องจักรด้านไฟฟ้า</u></p> <ol style="list-style-type: none"> จากมิเตอร์ไฟฟ้าของแต่ละเครื่องจักรที่ติดตั้งเพื่อบันทึกพลังงาน จากเครื่องบันทึกพลังงานไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง ในกรณีที่โรงงานไม่มีมิเตอร์ และได้จ้างบริษัทภายนอกเข้ามาตรวจวัด <p><u>เครื่องจักรด้านความร้อน</u></p> <ol style="list-style-type: none"> จากมิเตอร์เชื้อเพลิงของแต่ละเครื่องจักรที่ติดตั้งเพื่อบันทึกพลังงาน
ผลผลิต	จากมาตรวัด หรือจากการบันทึกของฝ่ายผลิต

12.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

12.5.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องฉีดพลาสติก

- ปริมาณผลผลิตในช่วง 1 รอบการทำงานเท่ากับ 7.10 kg (จากข้อมูลของฝ่ายผลิต)
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ได้มาจากการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่องในช่วง 1 รอบการทำงาน โดยมีการใช้พลังงาน เท่ากับ

Max. Power	10.68 kW
Average Power	7.05 kW
Energy	7.05 kWh



รูปที่ 12.4 กราฟแสดงผลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

$$SEC = \frac{\text{Energy}}{\text{Production}} = \frac{7.05}{7.10} = 0.993 \text{ kWh/kg}$$

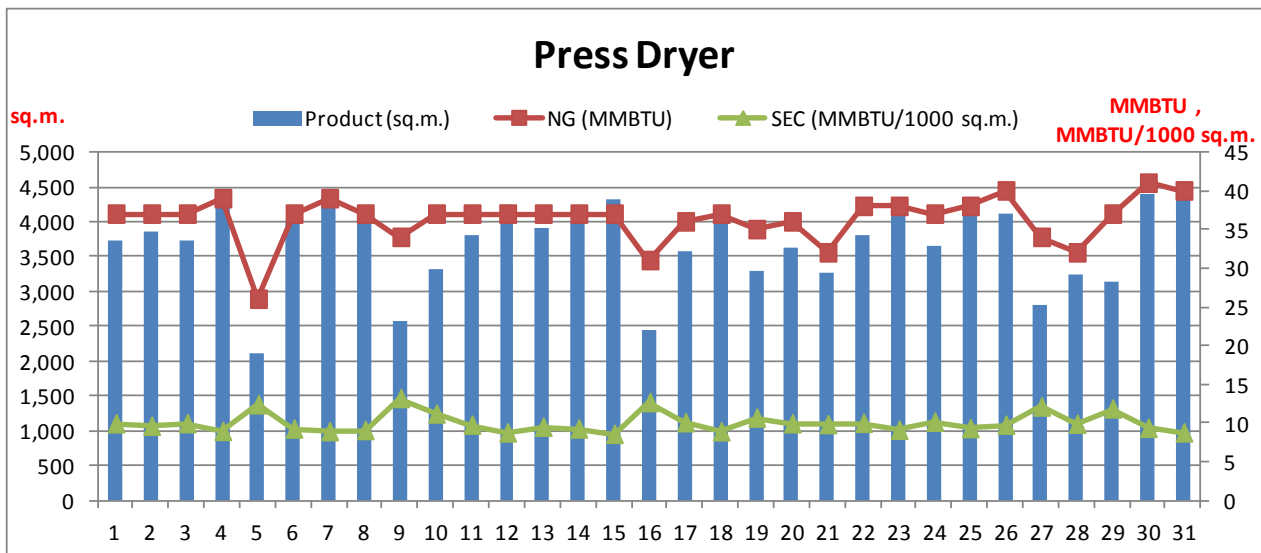


รูปที่ 12.5 การติดตั้งเครื่องบันทึกพลังงานไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

12.5.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่อง Press Dryer

ปริมาณผลผลิตในช่วง 1 เดือนเท่ากับ 114,936.00 sq.m./Month (จากข้อมูลของฝ่ายผลิต)

พลังงานจาก NG ได้มาจากการ Meter มีการใช้พลังงาน 1,127.00 MMBTU/Month



รูปที่ 12.6 กราฟแสดงปริมาณการใช้ NG และผลผลิตที่ได้

$$SEC = \frac{\text{Energy}}{\text{Production}} = \frac{1,127}{114,936} = 9.81 \text{ MMBTU/sq.m.}$$



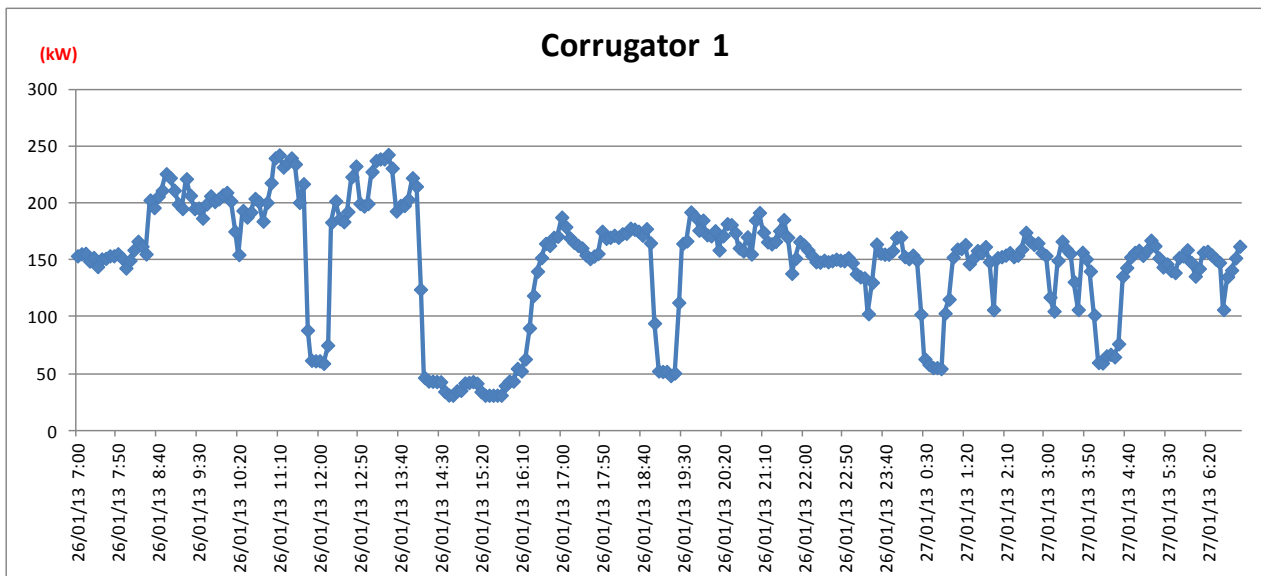
รูปที่ 12.7 ตัวอย่างเครื่อง Press Dryer

12.5.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องทำกระดาษลูกฟูก

ปริมาณผลผลิตในช่วง 1 วันเท่ากับ 132.73 Ton (จากข้อมูลของฝ่ายผลิต)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ได้มาจากการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่องในช่วง 1 วัน โดยมีการใช้พลังงาน เท่ากับ

Max. Power	242.67	kW
Average Power	148.28	kW
Energy	3,558.74	kWh



รูปที่ 12.8 กราฟแสดงผลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

$$SEC = \frac{Energy}{Production} = \frac{3,558.74}{132.73} = 26.81 \text{ kWh/Ton}$$



รูปที่ 12.9 ตัวอย่างเครื่อง Corrugator

12.6 ตัวอย่างมาตรการที่ประสบความสำเร็จ

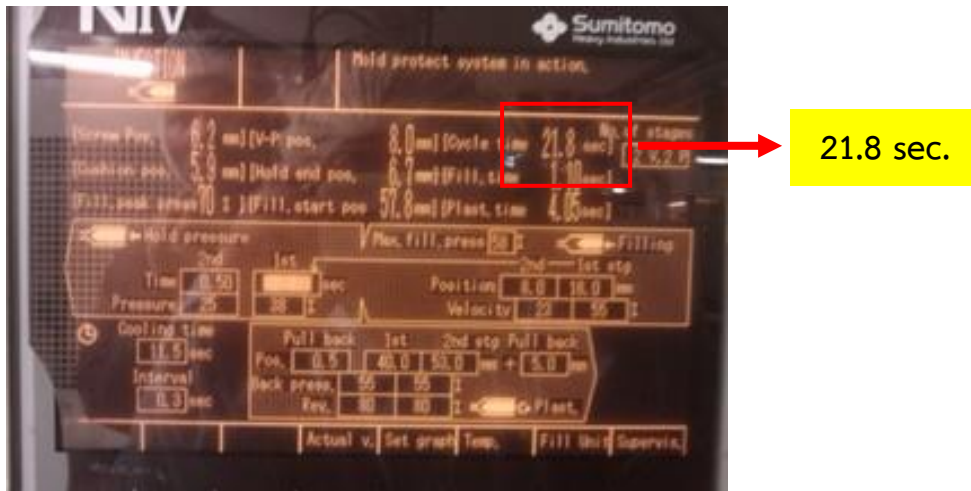
ตัวอย่างที่ 1 : ลด Cycle time ในการผลิต - เครื่อง Injection

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีเครื่อง Injection ในการผลิตขวดบรรจุภัณฑ์ โดยก่อนปรับปรุงได้กำหนด Cycle Time ในการผลิตเท่ากับ 21.8 sec และกินกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 7.05 kW

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

สภาพเดิมมีต้นทุนพลังงานที่สูง SEC = 0.993 kWh/kg โดยผู้รับผิดชอบพิจารณาว่า สามารถที่จะปรับลดลงได้เพื่อเพิ่ม Productivity และลดต้นทุนพลังงาน

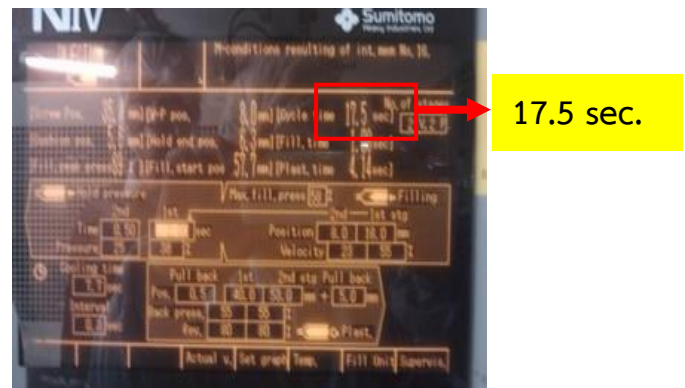


รูปที่ 12.10 Cycle Time ก่อนปรับปรุง = 21.8 sec

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ผู้รับผิดชอบมาตรการได้ดำเนินการทดลองปรับลด Cycle Time ให้ต่ำที่สุดโดยที่ไม่กระทบกับคุณภาพของสินค้า และติดตั้งเครื่องบันทึกพลังงานไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบการใช้พลังงานในสภาวะ ก่อน และหลังปรับ Cycle Time

สภาพหลังปรับปรุง



รูปที่ 12.11 ปรับลด Cycle Time หลังปรับปรุง = 17.5 sec เพื่อลดต้นทุนพลังงาน

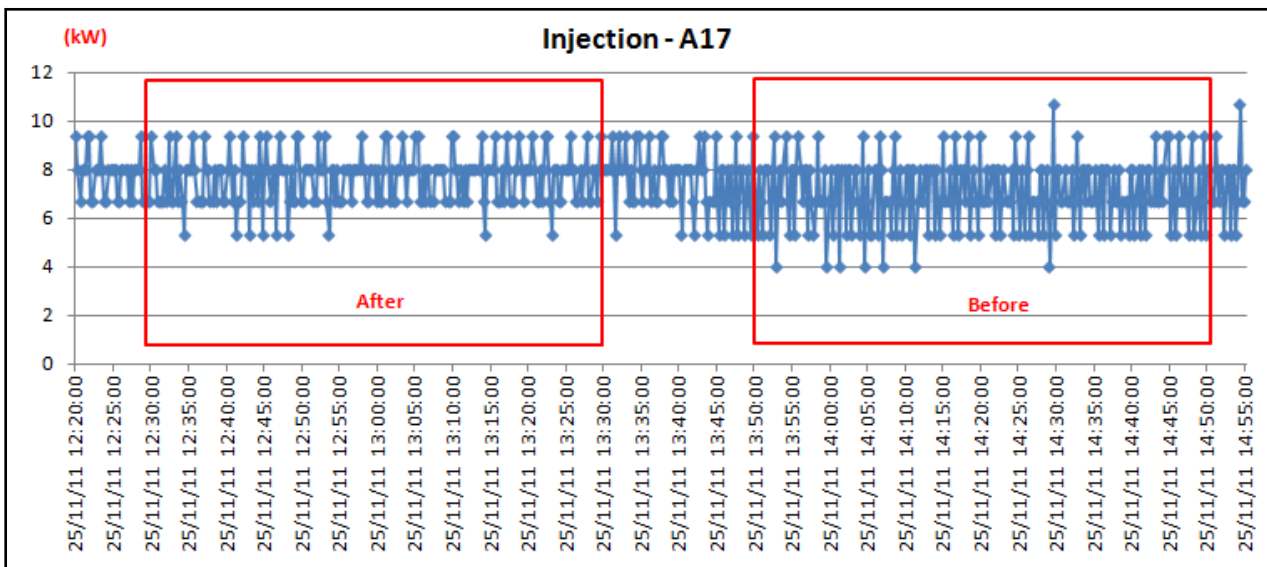
ข้อเสนอแนะ

ขยายผลการปรับปรุงไปเครื่องอื่นที่มีลักษณะการผลิตคล้ายกัน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การคำนวณ

Discription	Unit	Before	After	Save
Cycle time	sec	21.80	17.50	-
Max.Power	kW	10.68	10.68	-
Ave.Power	kW	7.05	7.70	-0.66
Energy	kWh/1hr	7.05	7.70	-0.66
Production	kg/hr	7.1	8.8	-
SEC	kWh/kg	0.993	0.875	0.117
Ton baseline	kg/yr	51,129	51,129	-
Total energy	kWh/yr	50,747	44,759	5,988
Energy rate	฿/kWh	3.14	3.14	-
Energy cost	฿/yr	159,347	140,544	18,803



รูปที่ 12.11 การวัดกำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบก่อน-หลังปรับ Cycle Time

ผลประหยัด

กำลังไฟฟ้า	-0.66	kW
พลังงานไฟฟ้า	5,988	kWh/yr
ค่าไฟฟ้า	18,803	฿/yr
เงินลงทุน	ไม่มีเงินลงทุน	฿
ระยะเวลาคืนทุน	-	yr

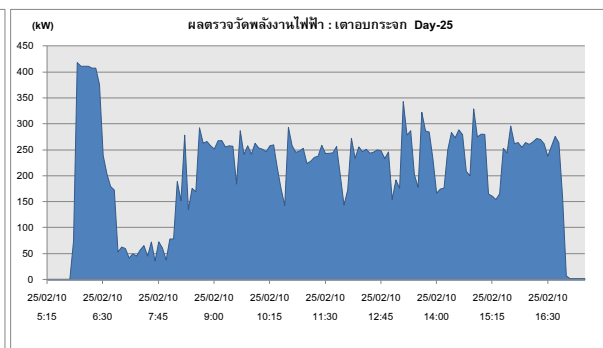
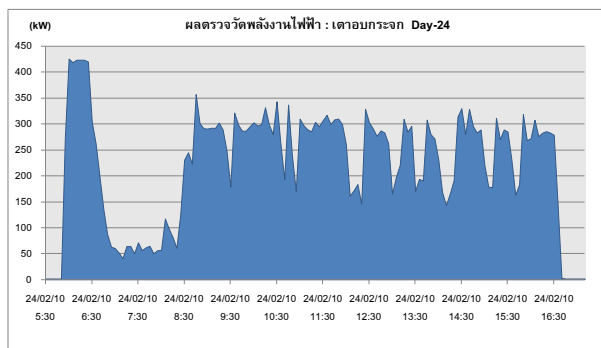
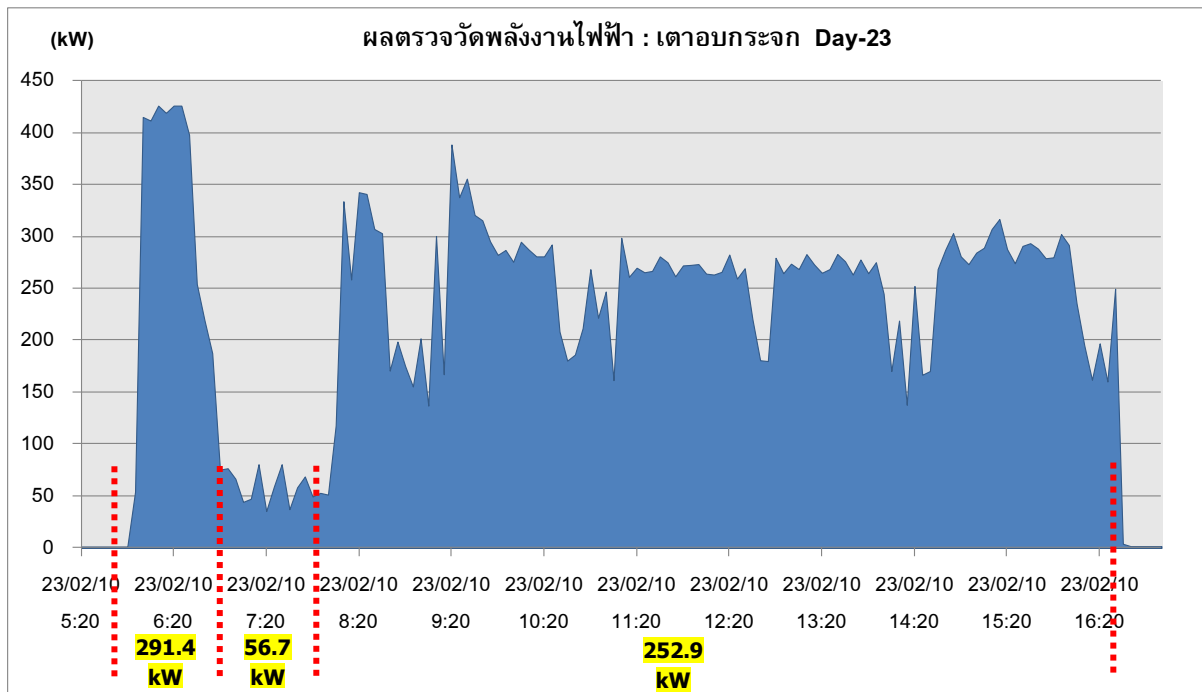
ตัวอย่างที่ 2 : มาตรการลดการเดิน No load ของเตาอบกระจก

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีเตาดัดโค้งกระจกใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Heater และ Blower เวลาในการผลิตเริ่มตั้งแต่ 8:00-16:30 น. โดยต้องมีเจ้าหน้าที่ควบคุมเตาเข้ามาเปิดเตาก่อนประมาณ 1 ชม. เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มผลิต

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการบันทึกพลังงานไฟฟ้าแบบต่อเนื่องพบว่า เจ้าหน้าที่เข้ามาเปิดเตาตอน 05:50 น. และเตาดัดโค้งกระจกสามารถทำอุณหภูมิได้ตอนเวลาประมาณ 6:50 น. (ประมาณ 1 hr.) แต่โรงงานเริ่มทำการผลิตจริงที่เวลา 8:00 น. ส่งผลให้ตั้งแต่ 6:50 – 8:00 น. คิดเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงที่สูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยไม่เกิดผลผลิต



รูปที่ 12.12 บันทึกกำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่องของเตอบ

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

คณะทำงาน กำหนดเวลาเปิดเตา ให้เป็นมาตรฐาน และกำหนดให้ผู้ควบคุมเตาปฏิบัติตามมาตรฐานอย่างเคร่งครัดเพื่อลดช่วงเวลากการเปิดเกินเวลาโดยเปล่าประโยชน์

สภาพหลังปรับปรุง

กำหนดเวลาเปิด-ปิด เตาใหม่ดังนี้

เวลาเปิดเตา 6:45 – 7:00 น.

เวลาผลิต 8:00 – 16:30 น.

ข้อเสนอแนะ

ขยายผลการปรับปรุงไปยังเตาอบชุดอื่นที่มีพฤติกรรม的开แบบสูญเสีย

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายละเอียด	Unit	Day 23	Day 24	Day 25	Average
เวลาเปิดเตา	h:mm	5:55	5:50	5:45	-
เวลาที่ทำ Temp. ได้	h:mm	7:00	7:00	6:50	-
เวลาผลิต	hh:mm - hh:mm	8:00 - 16:35	8:00 - 16:40	8:00-16:55	-
Ave.Power 1	kW	291.4	296.6	309.8	299.3
Ave.Power 2	kW	56.7	57.4	55.0	56.4
Ave.Power 3	kW	252.9	251.6	234.8	246.4

ภายหลังกำหนดเวลาการเปิดเตาใหม่สามารถลดเวลาสูญเสียได้ 45 นาที หรือคิดเป็น		0.75	hr/day
เวลาที่ลดลง	=	0.75	hr/day
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงที่สูญเสีย	=	56.4	kW
เวลาทำงาน	=	300	day/yr
พลังงานที่ประหยัดได้	=	12,690	kWh/yr
	=	0.000001081	ktoe
ต้นทุนค่าไฟฟ้า	=	3.50	฿/kWh
เงินที่ประหยัดได้	=	44,415	฿/yr