

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์

นายันทพล ผลคำ

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2551

A STUDY OF ENERGY SAVING IN AUTOMOTIVE WIRE INSULATION

Mr. Nunthapol Pholkum

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management
Graduate School
Thai – Nichi Institute of Technology
Academic Year 2008

หัวข้อสารนิพนธ์

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการ
หุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์

โดย

นายันทพล ผลคำ

สาขาวิชา

การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้แนบสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์)

..... ประธานคณะกรรมการหลักสูตร
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์)

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎดา วิสวธีรานนท์)

วันที่.....เดือน.....ปี.....

นั่นทพล ผลค่า : การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์. (A STUDY OF ENERGY SAVING IN AUTOMOTIVE WIRE INSULATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 58 หน้า.

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ครั้งนี้เป็นการศึกษาจากโรงงานตัวอย่าง โรงงานผลิตสายไฟรถยนต์ โดยมุ่งศึกษาถึงแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟ ซึ่งวัดผลด้วยดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิต จากการศึกษาสามารถนำเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ทั้งหมด 9 มาตรการคือ 1. การเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump Motor) ให้สอดคล้องกับเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) 2. ปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Air Cooling) 3. ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Air Cooling) ให้สัมพันธ์กับเครื่องจักร 4. การตัดกระแสไฟฟ้าของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต 5. ลดของเสียโดยการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิตที่เข้มงวดเกินข้อกำหนดของลูกค้า 6. ลดของเสียช่วงเริ่มเดินเครื่องจักร (Start up Loss) 7. ลดปัญหาสิ้นเปิด-ปิด (Shutter) ของชุดจ่ายเม็ดพลาสติกติดขัดด้วยการเปลี่ยนตัวยึดลิ้นเปิด-ปิดกับกระบอกลูกสูบจากการยึดแบบตายตัวเป็นการยึดด้วยข้อต่ออ่อน (Floating Joint) 8. การยกเลิกเงื่อนไขกำจัดของเสีย (Scrap Loss) จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต และ 9. การจัดทำมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction) การต่อเทป (Tape) ของสายชีลด์ (Shield wire) เพื่อลดการสูญเสียจากการทำงานไม่ถูกขั้นตอนของพนักงาน

จากการศึกษาผลที่ได้จากมาตรการทั้ง 9 มาตรการพบว่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาณการผลิตทั้งหมดลดลง 7.64% จาก 0.0772 kWh/kg เหลือ 0.0713 kWh/kg และดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปลดลง 7.58% จาก 0.0805 kWh/kg เหลือ 0.0744 kWh/kg โดยสามารถประหยัดการใช้พลังงานได้ถึง 10,707.5 kWh/เดือน หรือ 128,490 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 32,379.5 บาท/เดือน หรือ 388,554 บาท/ปี

บัณฑิตวิทยาลัย
 สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
 ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

NUNTHAPOL PHOLKUM : A STUDY OF ENERGY SAVING IN AUTOMOTIVE WIRE INSULATION. ADVISOR : PROFESSOR EMERITUS AMPIKA KRAIRIT, 58 pp.

In this study, an example of energy saving in automotive wire insulation factory is implemented. The study is focusing on electric energy saving in wire insulation process. The energy usage index per production volume is used to measure the energy saving of the process. There are nine approaches introduced in this study for both indirect and direct energy saving : (1) adjust the work condition of oil pump motor in compatible with the extruder, (2) seal the hole inside the control cabinet to reduce the air cooling load, (3) synchronize the work load of air cooling system with the work load of the machine, (4) shut down the production line(s) that do(es) not in use, (5) reduce loss by expanding the wire diameter control chart that still meets the customer specification (Previously, the wire diameter control chart was too stringent resulting in over specification to the customer and unnecessary loss from the process), (6) reduce loss during the start up of the machine, (7) reduce the struck of the shutter of the plastic pellet supply unit by replacing the fixed shutter joint by floating shutter joint, (8) cancel the "Scrap Loss" condition of quality evaluation instrument in the production process, and (9) provide work instruction (WI) and joint shield tape in order to reduce loss from operators working incorrect steps.

From the implementation of nine approaches, the electric energy usage index per total production volume has decreased by 7.64% from 0.772 kWh/kg to 0.713 kWh/kg while electric usage index per finished product has decreased by 7.58% from 0.805 kWh/kg to 0.744 kWh/kg. From these approach, energy usage can be saved up to 10,707.5 kWh/month or 128,490 kWh/year accounting to the monetary saving of 32,379.5 Baht/month or 388,554 Baht/year.

Graduate School

Field of study Industrial Management

Academic year 2008

Student's signature.....

Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้รับความอนุเคราะห์ในการให้ความช่วยเหลือและแนะนำเป็นอย่างดีจากหลายท่าน จึงใคร่ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์ ที่ได้กรุณารับเป็นที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำที่ดีแก่ผู้ศึกษาจนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี นอกจากนี้ผู้ศึกษาใคร่ขอขอบพระคุณ โรงงานสายไฟรถยนต์ บริษัทไทยแอร์โรว์จำกัด สาขาฉะเชิงเทรา ที่ผู้ศึกษาใช้เป็นโรงงานตัวอย่างในการจัดทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานตัวอย่างในการนำไปดำเนินการขยายผลต่อเพื่อจะให้เกิดผลลัพธ์อย่างเป็นรูปธรรม และเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่และทุกคนในครอบครัวที่มีส่วนสำคัญในการสนับสนุนและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ตารางการดำเนินงาน.....	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
หลักการพื้นฐาน.....	4
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
เทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้.....	8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
3 วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์.....	12
ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา.....	12
เครื่องมือที่ใช้สำหรับการศึกษา.....	13
สำรวจข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณการผลิต.....	14
แผนภูมิกระบวนการผลิต.....	18
แผนภูมิสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์.....	19
แผนภูมิพลังงาน.....	21
สำรวจการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิต.....	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	การตรวจสอบสาเหตุแห่งการสูญเสียจากการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ.....	26
	การชี้บ่งปัญหาและโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน.....	33
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	35
	มาตรการประหยัดพลังงาน.....	35
	เปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงาน.....	53
5	สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....	55
	สรุปผลการศึกษา.....	55
	ข้อเสนอแนะ	57
	บรรณานุกรม.....	59
	ภาคผนวก.....	60
	ภาคผนวก ก การแสดงข้อมูลของระบบเอ็กซ์โปป (Extrusion process Point Of Production system, Ex.POP).....	61
	ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	63

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตารางการดำเนินงาน.....	3
2 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนกันยายน ถึง พฤศจิกายน 2551).....	15
3 แสดงปริมาณการผลิตสายไฟรถยนต์ (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนกันยายน ถึง พฤศจิกายน 2551).....	16
4 แสดงข้อมูลเวลาการผลิตของแต่ละสายการผลิตในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนกันยายน ถึง พฤศจิกายน 2551).....	17
5 แสดงขนาดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์หลักของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์.....	23
6 แสดงหัวข้อปัญหาและโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน.....	33
7 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump Motor) ให้สอดคล้องกับเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder)	37
8 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ.....	39
9 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สัมพันธ์กับเครื่องจักร.....	41
10 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการตัดกระแสไฟฟ้าของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต.....	42
11 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการลดของเสียโดยการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิตที่เข้มงวดเกินข้อกำหนดของลูกค้า.....	44
12 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการลดของเสียช่วงการเริ่มเดินเครื่องจักร (Start up Loss).....	46
13 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการลดปัญหาลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) ชุดจ่ายเม็ดพลาสติกติดขัดด้วยการเปลี่ยนการยึดตัวลิ้นเปิด - ปิด กับกระบอกลูกสูบจากการยึดแบบตายตัวเป็นการยึดด้วยข้อต่ออ่อน (Floating Joint).....	48
14 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการยกเลิกเงื่อนไขการจัดของเสียจากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต.....	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
15 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรฐานการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction, WI) การต่อเทป (Tape) ของสายชีลด์ (Shield wire) เพื่อลดการสูญเสียจากการทำงานไม่ถูกขั้นตอนของพนักงาน.....	52
16 แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้จากมาตรการประหยัดพลังงาน..	53
17 แสดงข้อมูลสรุปผลการประหยัดพลังงาน.....	57



สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	แสดงขั้นตอนการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ....	12
2	แสดงแผนภูมิกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์.....	18
3	แสดงแผนภูมิสมมูลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของการหุ้มฉนวนสายไฟประเภทพีวีซี (PVC).....	19
4	แสดงแผนภูมิสมมูลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของการหุ้มฉนวนสายไฟประเภทพีพี (PP).....	20
5	แผนภูมิพลังงานของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์.....	21
6	แสดงแผนผัง (Layout) เครื่องจักรในสายการผลิตกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์.....	22
7	แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) และเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump).....	27
8	แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) และฮีทเตอร์ (Heater).....	28
9	แสดงตู้ควบคุมที่ไม่มีการปิดช่องทางผ่านสายไฟ.....	28
10	แสดงไดอะแกรมการทำงานของสายการผลิต (Process Line) และเครื่องปรับอากาศ (Air Cooling).....	29
11	แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ควบคุมที่มีการใช้พลังงานในสถานะที่ไม่มีการผลิต.....	30
12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำหนดมาตรฐานการผลิตและข้อกำหนดของลูกค้า	31
13	แสดงไดอะแกรมการทำงานในสถานะการคัดแยกของเสียในช่วงเริ่มต้นเครื่องจักร..	31
14	แสดงโครงสร้างลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) ของชุดจ่ายเม็ดพลาสติก.....	32
15	แสดงโครงสร้างของสายชีลด์ (Shield wire).....	33
16	แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump) ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	36
17	แสดงการปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมด้วยการฉีดโฟม.....	38
18	แสดงไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ.....	40
19	แสดงการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิต.....	43
20	แสดงการลดของเสียจากการเริ่มต้นเครื่องจักร (Start up loss).....	45
21	แสดงลักษณะการใช้งานและโครงสร้างภายในของข้อต่ออ่อน (Floating Joint) ..	47
22	แสดงไดอะแกรมระบบการคัดแยกของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง.....	50

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาหนึ่งที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเนื่องจากสภาพแวดล้อมทั่วโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากส่งผลกระทบให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อสภาวะแวดล้อมและสภาพความเป็นอยู่ของคนในสังคม สาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าวข้างต้นคือ ปริมาณการใช้พลังงานที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งปริมาณการใช้พลังงานที่สูงขึ้นไม่เพียงแต่จะสร้างปัญหาด้านสภาวะโลกร้อนซึ่งเป็นปัญหาที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น การใช้พลังงานในอัตราที่สูงยังส่งผลกระทบต่อต้นทุนที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของการผลิตภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

โรงงานสายไฟรถยนต์ (Automotive Wire) ผลิตสายไฟฟ้าสำหรับใช้ในรถยนต์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตในปริมาณที่สูง ประกอบกับข้อมูลต้นทุนการผลิตสายไฟรถยนต์ในรอบ 3 ปีที่ผ่านมาพบว่าต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อพิจารณากระบวนการผลิตสายไฟรถยนต์พบว่ากระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟเป็นกระบวนการหลักในกระบวนการผลิตดังกล่าว

“การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์” เป็นการศึกษาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิตในปัจจุบันและการค้นหาความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตที่เป็นต้นเหตุให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ และจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตทั้งแบบทางตรงและทางอ้อม ซึ่งหากสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการดังกล่าวได้ จะส่งผลให้ต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตลดลงส่งผลทำให้ความสามารถในการทำกำไรเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่จะลดปริมาณ CO₂ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาอัตราการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิตของโรงงานสายไฟรถยนต์ตัวอย่าง
2. เพื่อศึกษาแนวทางการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสายไฟรถยนต์

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ครั้งนี้ กำหนดขอบเขตการศึกษาอยู่ที่ กระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ โรงงานสายไฟรถยนต์ ตัวอย่าง

ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ

การดำเนินการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ มีขั้นตอนการศึกษาและดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงาน
2. กำหนดวัตถุประสงค์การศึกษา
3. กำหนดขอบเขตของการศึกษา
4. ศึกษาถึงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
5. ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กำหนดทฤษฎีและเครื่องมือที่จะใช้
7. ศึกษาสภาพปัจจุบันและรวบรวมข้อมูลด้านการผลิตและการใช้พลังงาน
8. วิเคราะห์ข้อมูล
9. กำหนดข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง
10. สรุปผลและนำเสนอรายงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาตามโครงการดังกล่าวคาดว่าจะเกิดผลประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ทราบถึงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการผลิตของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ในปัจจุบัน
2. ได้แนวทางที่ชัดเจนในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ทั้งการประหยัดทางตรงและทางอ้อม
3. ต้นทุนด้านพลังงานของการผลิตสายไฟลดลงหากดำเนินการตามแนวทางที่กำหนด
4. ทำให้เกิดภาพพจน์ที่ดีของบริษัทต่อพนักงานและสังคม ในการที่บริษัทให้ความสำคัญกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะปัญหาภาวะโลกร้อน

ตารางการดำเนินงาน

การศึกษาในครั้งนี้มีการกำหนดตารางการทำงานดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2551 และเสร็จสิ้นในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

ตารางที่ 1 ตารางการดำเนินงาน

ลำดับ	หัวข้อการดำเนินการ	2551					2552	
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	ศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงาน							
2	กำหนดวัตถุประสงค์การศึกษา							
3	กำหนดขอบเขตของการศึกษา							
4	ศึกษาถึงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ							
5	ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง							
6	กำหนดทฤษฎีและเครื่องมือที่จะใช้							
7	ศึกษาสภาพปัจจุบันและรวบรวมข้อมูล							
8	วิเคราะห์ข้อมูล							
9	กำหนดข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง							
10	สรุปผล							

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการพื้นฐาน

กระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์เป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมพลาสติกซึ่งต้นทุนด้านพลังงานจัดเป็นต้นทุนรายการหนึ่งที่มีความสำคัญสูง ต้นทุนด้านพลังงานของกระบวนการผลิตดังกล่าวมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งพบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตมีดังนี้

1. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร หมายถึง จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณการผลิตในช่วงเวลาหนึ่ง
2. อัตราของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต หมายถึง ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นต่อปริมาณการผลิตในช่วงเวลาหนึ่ง
3. ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต หมายถึง ปริมาณสินค้าที่ผลิตได้ในเวลาที่กำหนดเปรียบเทียบกับเวลามาตรฐาน ซึ่งตัวแปรที่สำคัญต่อประสิทธิภาพกระบวนการผลิตคือเวลาสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น การรอคอยจากสาเหตุต่างๆ การผลิตเกินความจำเป็น ความไม่สมดุลในกระบวนการผลิต เป็นต้น

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ต้องศึกษาทำความเข้าใจในประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

1. กระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้
 - 1.1 รับขดลวดทองแดงตีเกลียว (Drum)
 - 1.2 ติดตั้งลวดทองแดงตีเกลียวเข้ากับชุดจ่ายลวด (Payoff Supply)
 - 1.3 ปรับตั้งความตึงของลวดที่จ่ายเข้ากระบวนการหุ้มฉนวน
 - 1.4 อบอ่อนลวดทองแดงและให้ความร้อนก่อนหุ้มฉนวน
 - 1.5 อัดรีดหุ้มฉนวนสายไฟ (Extrusion)
 - 1.6 หล่อเย็นด้วยน้ำ
 - 1.7 ตรวจสอบคุณภาพของสายไฟด้วยเครื่องมือตรวจสอบ (Detector)
 - 1.8 ม้วนสายไฟที่หุ้มฉนวนแล้วเพื่อจัดเก็บ
2. วัสดุที่ใช้ในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์
 - 2.1 เส้นลวดทองแดงตีเกลียว
 - 2.2 เม็ดพลาสติกชนิด พีวีซี (PVC) และ พีพี (PP)

3. เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์
 - 3.1 เครื่องฉีดพลาสติก (Extruder)
 - 3.2 เครื่องอบอ่อน (Annealer)
 - 3.3 เครื่องให้ความร้อนลวด (Pre – Heater)
 - 3.4 เครื่องดึงสายไฟเข้ากระบวนการ (Capstan)
 - 3.5 รางน้ำหล่อเย็นสายไฟ (Water Trough)
 - 3.6 เครื่องวัดและควบคุมขนาดสายไฟ (Diameter Controller)
 - 3.7 เครื่องตรวจจับรอยร้าวของสายไฟ (Spark Tester)
 - 3.8 เครื่องตรวจจับรอยนูน – เว้า ของสายไฟ (Lump & Neck Detector)
 - 3.9 เครื่องม้วนสายไฟ (Coiler)
4. สภาพที่จำเป็นต้องควบคุมในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์
 - 4.1 ความตึงของเส้นลวด
 - 4.2 ความเร็วในการดึงเส้นลวด
 - 4.3 อุณหภูมิของเส้นลวด
 - 4.4 อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว
 - 4.5 ปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ต่อความยาวของสายไฟ
 - 4.6 ความหนาของฉนวนหุ้มสายไฟ
 - 4.7 อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น
 - 4.8 ความยาวสายไฟต่อม้วน (Coil)
5. สาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการ เมื่อพิจารณากระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์พบว่าความสูญเสียพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจาก
 - 5.1 อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวสูงเกินไป
 - 5.2 ความหนาของฉนวนหุ้มสายไฟรถยนต์หนาเกินความจำเป็น
 - 5.3 ปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการหุ้มสายไฟรถยนต์มีอัตราที่สูง
 - 5.4 มีการทำงานของเครื่องจักรโดยไม่มีการผลิต

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน (Energy Index) อัมฟิกา ไกรฤทธิ์ และ สมชาย พัวจินดาเนตร (2550) ได้ให้ความหมายว่า หมายถึงอัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณของผลผลิต ดังสมการ

$$EI = \frac{E}{Q}$$

EI = ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Index)

E = ปริมาณการใช้พลังงาน (Energy Consumption)

Q = ปริมาณของผลผลิตที่ได้ (Production Quantity)

ดัชนีการใช้พลังงาน (EI) สามารถจัดการให้ต่ำลงได้โดย 4 แนวทางหลักดังนี้

1.1 มุ่งเน้นการลดปริมาณการใช้พลังงาน โดยแนวทางนี้มุ่งการประหยัดพลังงานเป็นสำคัญ โดยทั่วไปปริมาณของผลผลิตไม่เปลี่ยนแปลง ได้แก่ การลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น หรือเกินความจำเป็นลง หรือนำพลังงานที่เหลือใช้จากการผลิตกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดการนำพลังงานใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิต ดังนั้น E ในสมการลดลงขณะที่ Q คงที่และมีผลให้ EI ลดลง

$$EI \downarrow = \frac{E \downarrow}{Q \rightarrow}$$

1.2 มุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิต เป็นแนวทางที่เน้นเฉพาะด้านการเพิ่มผลผลิต ขณะที่ปริมาณการใช้พลังงานคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงได้แก่ การปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือการจัดการการผลิตเพื่อให้มีผลผลิตมากขึ้น ดังนั้น Q ในสมการ จะเพิ่มขึ้น ขณะที่ E คงที่และมีผลให้ EI ลดลง

$$EI \downarrow = \frac{E \rightarrow}{Q \uparrow}$$

1.3 มุ่งเน้นการลดพลังงานและเพิ่มผลผลิต แนวทางนี้มุ่งเน้นการลดปริมาณการใช้พลังงานลงและพยายามเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นด้วยซึ่งจะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดเพราะจะทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นค่า EI ของสมการจะลดลงอย่างมากเมื่อ E ลดลง ขณะที่ Q เพิ่มขึ้น

$$EI \downarrow = \frac{E \downarrow}{Q \uparrow}$$

1.4 การเพิ่มพลังงานเพื่อเพิ่มผลผลิต แนวทางนี้เป็นการเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานที่สูงขึ้นเพื่อส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นค่า EI ในสมการจะมีค่าลดลง เมื่อมูลค่าของ Q ที่เพิ่มขึ้นจะต้องมีค่ามากกว่ามูลค่าของ E ที่เพิ่มขึ้น

$$EI \downarrow = \frac{E \uparrow}{Q \uparrow}$$

จากแนวทางการลดค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานทั้ง 4 แนวทางสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินการในครั้งนี้โดยมุ่งเน้นที่การลดพลังงานและเพิ่มผลผลิตเพราะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการลดค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน

2. ขั้นตอนการดำเนินงานในการประหยัดพลังงาน อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และ สมชาย พัวจินดาเนตร (2550) ได้กำหนดขั้นตอนไว้ดังต่อไปนี้

2.1 ทำการสำรวจการใช้พลังงานในโรงงาน พลังงานที่ใช้โดยทั่วไปอาจเป็น ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง หรือก๊าซหุงต้ม (LPG)

2.2 จัดทำแผนภูมิกระบวนการผลิต แผนภูมิสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ แผนภูมิสมดุลพลังงาน เพื่อให้เข้าใจในกระบวนการทำงานโดยละเอียด พร้อมทั้งตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในปัจจุบัน

2.3 หาสาเหตุของการสูญเสียการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ณ จุดต่างๆ ในโรงงาน

2.4 ป่งชี้ถึงปัญหาและโอกาสที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริง

2.5 จัดทำแผนแม่บทการประหยัดพลังงาน (Energy Master Plan) โดยมีเป้าหมายว่าจะลดการประหยัดพลังงานลงได้เป็นจำนวนหน่วย/ปี หรือคิดเป็นเม็ดเงินเท่ากับจำนวนบาท/ปี จัดทำแผนปฏิบัติการประหยัดพลังงาน (Energy Action Plan) ควรจัดทำในรูปของแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) รวมถึงมีผู้รับผิดชอบด้วยและนำเสนอต่อผู้บริหารเพื่อขออนุมัติถ้ามีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการปรับปรุง

2.6 จัดทำดัชนีพลังงาน (Energy Index, EI) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เมื่อใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าในการผลิต จะทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตลดลง

2.7 การประเมินผลการดำเนินงานว่าเป็นไปตามแผนหรือไม่

เทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาใช้

เทคนิคที่นำมาใช้ในการทำโครงการ “การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์” ได้เลือกใช้เทคนิคต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การระดมสมอง (Brain storming) เป็นเทคนิคที่ใช้ในรวบรวมแนวคิดจากผู้รับผิดชอบกระบวนการที่มีทักษะความชำนาญในด้านต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหา กำหนดแนวทางในการทำงาน วางแผนในการทำงาน วิเคราะห์หาสาเหตุ ผลกระทบ ตลอดจนกำหนดวิธีการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด

2. การวิเคราะห์แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process flow chart analysis) เป็นเทคนิคที่นำเอากระบวนการทำงานที่สนใจมาเขียนเป็นแผนภูมิจากนั้นทำการวิเคราะห์ทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแผนภูมิการไหลของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่กระบวนการย่อยใดบ้าง และมีการสูญเสียของพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการย่อยใดบ้าง เพื่อกำหนดกระบวนการที่มีปัญหาและหาวิธีการในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการนั้นๆ ลง

3. แผนภูมิสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ เป็นเทคนิคที่นำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการแปรรูปวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

4. แผนภูมิสมดุลพลังงาน เป็นเทคนิคที่นำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในการผลิตและหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานในส่วนที่เกินความจำเป็น

5. ดัชนีพลังงานไฟฟ้า (Energy Index) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนในรอบหนึ่งปี โดยเปรียบเทียบจำนวนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิต

$$\text{ดัชนีพลังงานไฟฟ้า (EI)} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (E)} / \text{ปริมาณการผลิต (Q)}$$

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในหัวข้อ “การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์” นั้นไม่สามารถค้นหาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีค้นหาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการทำงานอื่นๆ มาทำการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางในการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และ สมชาย พัวจินดาเนตร (2550) ได้ศึกษาและจัดทำโครงการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกจำนวน 36 โรงงาน ซึ่งผลจากการดำเนินงานพบว่า การประหยัดพลังงานส่วนใหญ่จะมาจากเทคนิคการจัดการโดยสรุปได้ 10 วิธีการดังนี้

1.1 การปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้หลักการของวิศวกรรมอุตสาหการซึ่งมุ่งเน้นไปที่วิธีการทำงานของคนและเครื่องจักร ปรับปรุงระบบโดยการจัดทำเวลามาตรฐาน จัดสมดุลของสายการผลิต จัดผังโรงงาน เพื่อให้ชิ้นงานเคลื่อนตัวอย่างไม่ติดขัด (กำจัดคอขวด)

ซึ่งจากการใช้วิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตนั้นนอกจากจะประหยัดพลังงานได้แล้วยังสามารถเพิ่มผลผลิตซึ่งทำรายได้ให้แก่บริษัทอย่างมากอีกด้วย

1.2 ลดของเสีย ลดการรั่วไหล การลดของเสียต้องจัดทำระบบคุณภาพโดยค้นหาสาเหตุและวางแผนแนวทางแก้ไขด้วยการปรับปรุงวิธีการทำงานของคนและเครื่องจักร จัดทำใบตรวจสอบ (Check Sheet) จัดเก็บข้อมูลของเสียเป็นระยะ ตรวจสอบและจัดการประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง ถ้าสามารถลดของเสียได้จะสามารถประหยัดพลังงานและค่าแรงงานได้

1.3 การนำความร้อนที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น นำความร้อนจากก๊าซมาคอนเดนเสทเพื่อนำน้ำร้อนกลับมาใช้เป็นต้น

1.4 ปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาเผาและหม้อน้ำ

1.5 ใช้ไฟฟ้าในช่วงลดราคา โดยแนะนำให้บางโรงงานศึกษาและปรับเวลาการทำงานให้อยู่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย (Off-peak)

1.6 หลีกเลี่ยงการเดินเครื่องตัวเปล่า และปิดเมื่อไม่ใช้งานโดยจะเกี่ยวข้องกับเรื่องแสงสว่างเป็นส่วนมาก

1.7 ปรับปรุงฉนวนหุ้มอุปกรณ์ ณ จุดต่างๆ เช่น ท่อ ปล่อง เตาอบ เป็นต้น

1.8 พัฒนาเครื่องจักร โดยปรับปรุงเครื่องจักรให้ประหยัดพลังงาน

1.9 ลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดและปรับปรุงตัวประกอบพลังงาน (Power factor) โดยการแนะนำให้โรงงานทำการปรับปรุงช่วงเวลาทำงานให้เหมาะสม เพื่อลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) และทำการปรับปรุงค่าตัวประกอบพลังงาน (Power factor)

1.10 การดูแลที่ดี ส่วนใหญ่จะเป็นการปรับปรุงระบบระบายอากาศเพื่อลดภาระเครื่องทำความเย็น รวมทั้งการปรับปรุงอาคารบางส่วนเพื่อป้องกันแสงแดด

2. สุทธามาต มนตรีบริรักษ์ และ กาญจนา เศรษฐนันท์ (2548) ได้ศึกษาการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการจัดลำดับการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งได้ทำการศึกษาวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ค่าไฟฟ้าน้อยที่สุดในอุตสาหกรรมการหล่อย่างโดยการจัดลำดับการผลิตและการเปลี่ยนอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการทำงาน ซึ่งวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ การลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการพัฒนาฮิวริสติกที่ใช้ในการจัดลำดับการผลิตใหม่โดยใช้หลักการการให้เครื่องจักรที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากให้อยู่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย (Off-Peak) ที่มีอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วยลดลงและค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand charge) ต่ำที่สุด จากการเปรียบเทียบการจัดระบบตารางการทำงานใหม่เทียบกับตารางการทำงานเดิมจะเห็นได้ว่าสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ประมาณ 40% (หรือประมาณ 32,615.57 บาท/เดือน) ซึ่งจะเป็นผลดีต่อโรงงานอุตสาหกรรมการหล่อย่างโดยไม่ต้องมีการเพิ่มต้นทุนในการปรับเปลี่ยนระบบแต่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากและสามารถนำไปพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ได้อีก

3. สุวิทย์ บุญยวานิชกุล (2546) ได้ศึกษาและจัดทำโครงการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยเทคนิคการจัดการ เนื่องจากทางสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับงบประมาณจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานให้เป็นที่ยี่ป่รึกษาดำเนินโครงการนำร่อง “การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยเทคนิคการจัดการ” (Value Engineering, VE) โดยโครงการเริ่มเมื่อเดือนกรกฎาคม 2545 และเสร็จสิ้นในเดือนเมษายน 2546 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 9 เดือน โดยโครงการได้คัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเข้าร่วมโครงการจำนวน 5 โรงงาน โดยนำเทคนิคการจัดการ (VE) ร่วมกับDSM by HAT (Demand Side Management by Human ware Approach Technique) มาใช้เป็นเครื่องมือในการลดการใช้พลังงาน และยังเป็นกรลดความสูญเปล่าอันเกิดจากปัจจัยในการจัดการ (5 M's) จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ ซึ่งเป็นผลพลอยได้นอกเหนือจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ผลการดำเนินงานของทั้ง 5 โรงงาน รวมผลการประหยัดได้ทั้งสิ้น 48,309,004 บาท/ปี ใช้เงินลงทุนรวม 2,788,901 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 21 วัน

4. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และมานิจ ทองประเสริฐ (2548) ได้ศึกษาการลดการบริโภคพลังงานในอุตสาหกรรม และได้นำเสนอแนวทางในการกำหนดนโยบายในการดำเนินให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพหรือการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency) ของประเทศต่างๆ ทั่วโลกโดยเฉพาะประเทศอุตสาหกรรมจะมีการกำหนดนโยบายและแนวทางปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม ทั้งการดำเนินการระยะสั้น (ระยะเวลาไม่เกิน 1 ปี) ระยะกลาง (ระยะเวลาไม่เกิน 3 ปี) และระยะยาว (มากกว่า 3 ปีขึ้นไป)

การดำเนินการระยะสั้น มักจะใช้แนวทางการจัดการพลังงาน (Energy Management) ซึ่งมีการนำมาตรการหลายๆ อย่างมาใช้ เช่น

1. การให้คำปรึกษาด้านเทคนิคในการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน
2. การตรวจประเมินการใช้พลังงานในหน่วยงาน
3. สร้างวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practices) สำหรับการจัดการพลังงาน ฯลฯ

การดำเนินการระยะกลาง มักจะใช้การให้แรงจูงใจด้านการเงินและระบบภาษี (Economy and Fiscal Incentives) ในการสนับสนุนให้หน่วยงานมีการลงทุนด้านการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน ซึ่งอาจอยู่ในรูปของการให้เงินเสริมการลงทุน (Investment Subsidies) หรือการให้กู้ดอกเบี้ยต่ำ (Soft loans) หรืออาจอยู่ในรูปของการให้สิทธิทางภาษี เช่น การให้หักลดหย่อนทางภาษีกับอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพทางพลังงาน ซึ่งอาจอยู่ในลักษณะของการเร่งการหักค่าเสื่อมราคา (Accelerated depreciation) การให้เครดิตภาษี (Tax Credit) และการลดหย่อนภาษี (Tax Reduction) การดำเนินการด้านสิทธิทางภาษีปกติเป็นมาตรการที่ต้องมีการดำเนินการตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องด้วย

การดำเนินการระยะยาว มักจะใช้การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ เพื่อให้ได้เทคโนโลยี / อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในการดำเนินการประเภทนี้ต้องการงานวิจัยและ

พัฒนาที่เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐและผู้บริโภคพลังงาน รวมทั้งมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยที่จะมีส่วนในการดำเนินการวิจัยตามเป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน

จากการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยรวมทั้งทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดแนวทางที่จะนำมาใช้ในการศึกษาดังต่อไปนี้

1. การเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบันที่ดำเนินงานอยู่ในทุกด้านเพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาหรือความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นในทุกกระบวนการทำงาน
2. หาค่ามาตรฐานต่ำสุดของค่าควบคุมต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่สนใจ และนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุง
3. ไม่ยึดติดกับวิธีการเดิมที่ปฏิบัติอยู่ แต่สืบค้นหาวิธีการปฏิบัติใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นมาใช้ทดแทนวิธีการเดิมอยู่เสมอ
4. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการจัดลำดับการผลิตให้เหมาะสมจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้
5. นำวิธีการจัดทำดัชนีการใช้พลังงานมาใช้ในการควบคุมปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละหน่วย
6. การป้องกันการสูญเสียความร้อนในกระบวนการผลิตโดยทำการนำฉนวนมาห่อหุ้มจะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้
7. การปรับปรุงเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยี หรือปรับเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แต่ควรคำนึงถึงจุดคุ้มทุนเป็นตัวประกอบ
8. การบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เหมาะสมสามารถลดการใช้พลังงานลงได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์

ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในครั้งนี้นำมีการกำหนดขั้นตอนในการศึกษาเป็นลำดับขั้นตอนตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ (อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และ สมชาย พัวจินดาเนตร 2550 : 5).

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการศึกษา

1. แผนผังการกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา เป็นการกำหนดแนวทางในการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจากการสำรวจข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และกำหนดแนวทางในการปรับปรุงจนถึงขั้นตอนสุดท้ายคือการจัดทำดัชนีพลังงานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้พลังงานโดยแผนผังดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 1

2. รายงานข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าประจำเดือน ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ทั้ง 17 สายการผลิต (E-1 – E-17) โดยเก็บข้อมูลเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ข้อมูลที่ได้จากรายงานดังกล่าวสามารถนำมาสรุปได้ดังตารางที่ 2

3. รายงานข้อมูลปริมาณการผลิตประจำเดือน ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลการผลิตเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและของเสียในกระบวนการของแต่ละสายการผลิต ซึ่งจะเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนเช่นกันเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลด้านการใช้พลังงาน ข้อมูลจากรายงานดังกล่าวสามารถนำมาสรุปได้ดังตารางที่ 3

4. แผนภูมิกระบวนการผลิต ใช้เพื่อแสดงขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบเพื่อเข้าสู่กระบวนการฉีดหุ้มฉนวนและผ่านกระบวนการหล่อเย็น การตรวจสอบคุณภาพ และการบรรจุหีบห่อเพื่อส่งมอบไปยังกระบวนการต่อไป แผนภูมินี้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของกระบวนการ ซึ่งแผนภูมิดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2

5. แผนภูมิสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ใช้สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการแปรรูปซึ่งจะวิเคราะห์ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เทียบกับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปรวมถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยแยกตามประเภทของวัตถุดิบที่ใช้สำหรับหุ้มฉนวนได้ 2 ประเภท คือ พีวีซี (PVC) และพีพี (PP) ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4

6. แผนภูมิพลังงาน ใช้สำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละจุดตั้งแต่ต้นกระบวนการไปจนเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปซึ่งจะทำให้ทราบว่ามีการใช้พลังงานในขั้นตอนใดบ้าง และใช้ในปริมาณมากน้อยเพียงใด โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5

7. แผนผัง (Layout) แสดงเครื่องจักรในสายการผลิต เป็นการเขียนแบบ (Drawing) แสดงสายการผลิตที่มีลักษณะคล้ายกับสายการผลิตจริง ใช้ประกอบการอธิบายการใช้พลังงานในแต่ละจุดของแผนภูมิสมดุลพลังงานเพื่อให้เห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นโดยแสดงได้ดังรูปที่ 6

8. ระบบเอกซ์ป๊อป (Ex-POP, Extrusion process Point Of Production System) เป็นโปรแกรม (Software) ที่ทางบริษัทรับมาจากบริษัทแม่ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งใช้สำหรับการแสดงสถานการณ์การผลิตของเครื่องจักร และสามารถเก็บข้อมูลการผลิตต่างๆ ไว้สำหรับการตรวจสอบย้อนหลังได้ 6 เดือน ข้อมูลที่สำคัญได้แก่ ชนิดของสายไฟที่ทำการผลิตในแต่ละสายการผลิต การหยุดเครื่องจักรเนื่องจากเกิดเหตุขัดข้อง (Break down) และสาเหตุของการเกิดเป็นต้นข้อมูลจากระบบดังกล่าวสามารถนำมาใช้ประกอบการศึกษาในครั้งนี้ในส่วนของการศึกษาด้านเวลาการทำงาน

(Operating Time) และเวลาการหยุดเครื่องจักร (Down Time) ของสายการผลิตซึ่งข้อมูลดังกล่าวระบบจะจัดเก็บไว้ให้โดยอัตโนมัติและมีความแม่นยำสูงช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลดังกล่าวได้เป็นอย่างมาก

9. โปรแกรม (Software) สำหรับการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบการควบคุมฮีทเตอร์ (Heater) เป็นโปรแกรมที่ผู้ศึกษาเขียนขึ้นเองเพื่อใช้สำหรับการเก็บข้อมูลการทำงานของฮีทเตอร์ และพัดลมระบายความร้อน (Cooling fan) ของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) เพื่อศึกษาการทำงานของฮีทเตอร์และพัดลมระบายความร้อนในเงื่อนไขต่าง ๆ โดยพัฒนาจากโปรแกรมของเครื่องจักรที่ใช้ระบบควบคุมด้วยพีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC) และแผงควบคุม (Control Panel) โดยโปรแกรมห้เก็บข้อมูลด้านการใช้พลังงานของฮีทเตอร์และพัดลมระบายความร้อน เทียบกับค่าอุณหภูมิ และเวลาในการผลิตของเครื่องจักรเพื่อใช้ข้อมูลดังกล่าวในการศึกษาเงื่อนไขการผลิตที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด

สำรวจข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณการผลิต

1. ข้อมูลการใช้พลังงาน เนื่องจากทางบริษัทได้มีนโยบายให้ดำเนินการติดตั้งมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าแยกตามสายการผลิตซึ่งจะสามารถวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละสายการผลิตได้อย่างชัดเจน โดยดำเนินการแล้วเสร็จในเดือนสิงหาคม 2551 ดังนั้นจึงสามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตั้งแต่เดือนกันยายน 2551 เป็นต้นไปซึ่งกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์มีสายการผลิตทั้งหมด 17 สาย (E-1 ถึง E-17) และมีข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์
(ข้อมูลเฉลี่ยเดือนกันยายน ถึง พฤศจิกายน 2551)

การใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเดือน 09/2551 ถึง 11/2551					
สายการผลิต	kWh	ค่าไฟเฉลี่ย (บาท/เดือน)	สายการผลิต	kWh	ค่าไฟเฉลี่ย (บาท/เดือน)
E-1	8,454.2	25,565.5	E-10	10,413.7	31,491.1
E-2	4,027.6	12,179.5	E-11	15,120.1	45,723.3
E-3	1,649.6	4,988.5	E-12	10,215.0	30,890.1
E-4	2,801.0	8,470.3	E-13	99.5	300.8
E-5	1,050.9	33,417.9	E-14	10,126.2	30,621.5
E-6	10,824.8	32,734.1	E-15	6,837.5	20,676.7
E-7	12,384.7	37,451.2	E-16	9,712.2	29,369.8
E-8	14,858.5	44,932.2	E-17	147.1	444.8
E-9	11,857.7	35,857.7			
รวม (kWh)	140,580.4 kWh/เดือน				
ค่าไฟ (บาท)	425,115.0 บาท/เดือน				

หมายเหตุ : ค่าไฟเฉลี่ย 3.024 บาท/kWh



2. ข้อมูลปริมาณการผลิต ข้อมูลการผลิตสายไฟรถยนต์ของแต่ละสายการผลิตเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน 2551 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณการผลิตสายไฟรถยนต์ (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนกันยายน ถึง พฤศจิกายน 2551)

ข้อมูลการผลิตเฉลี่ยเดือน 09/2551 ถึง 11/2551							
สายการผลิต	สายไฟสำเร็จรูป (kg)	ของเสีย		สายการผลิต	สายไฟสำเร็จรูป (kg)	ของเสีย	
		(kg)	%			(kg)	%
E-1	103,997	3,857	4%	E-10	123,974	4,944	4%
E-2	62,791	1,908	3%	E-11	85,698	5,067	6%
E-3	109,666	4,285	4%	E-12	127,335	6,523	5%
E-4	100,976	3,667	4%	E-13	41,402	2,943	7%
E-5	126,082	5,124	4%	E-14	79,161	4,316	5%
E-6	81,379	2,958	4%	E-15	84,685	4,961	6%
E-7	90,379	3,839	4%	E-16	150,459	7,318	5%
E-8	166,651	5,991	4%	E-17	74,112	3,239	4%
E-9	137,286	4,346	3%				
รวม	สายไฟสำเร็จรูป (kg)		1,746,033				
	ของเสีย (kg)		75,284				
	% ของเสีย		4.47 %				

3. ดัชนีการใช้พลังงานในสภาวะปัจจุบัน จากข้อมูลในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 สามารถหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

3.1 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดต่อปริมาณการผลิตทั้งหมด (Total production Energy Index, El_T) เป็นดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิตทั้งหมด (สายไฟสำเร็จรูป + ของเสีย)

$$El_T = \frac{140,580.4 \text{ kWh}}{(1,746,033 + 75,284) \text{ kg}} = 0.0772 \text{ kWh / kg}$$

3.2 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดต่อผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished goods production Energy Index, EI_F) เป็นดัชนีการใช้พลังงานที่คิดต่อปริมาณสายไฟสำเร็จรูปเท่านั้น

$$EI_F = \frac{140,580.4 \text{ kWh}}{1,746,033 \text{ kg}} = 0.0805 \text{ kWh/kg}$$

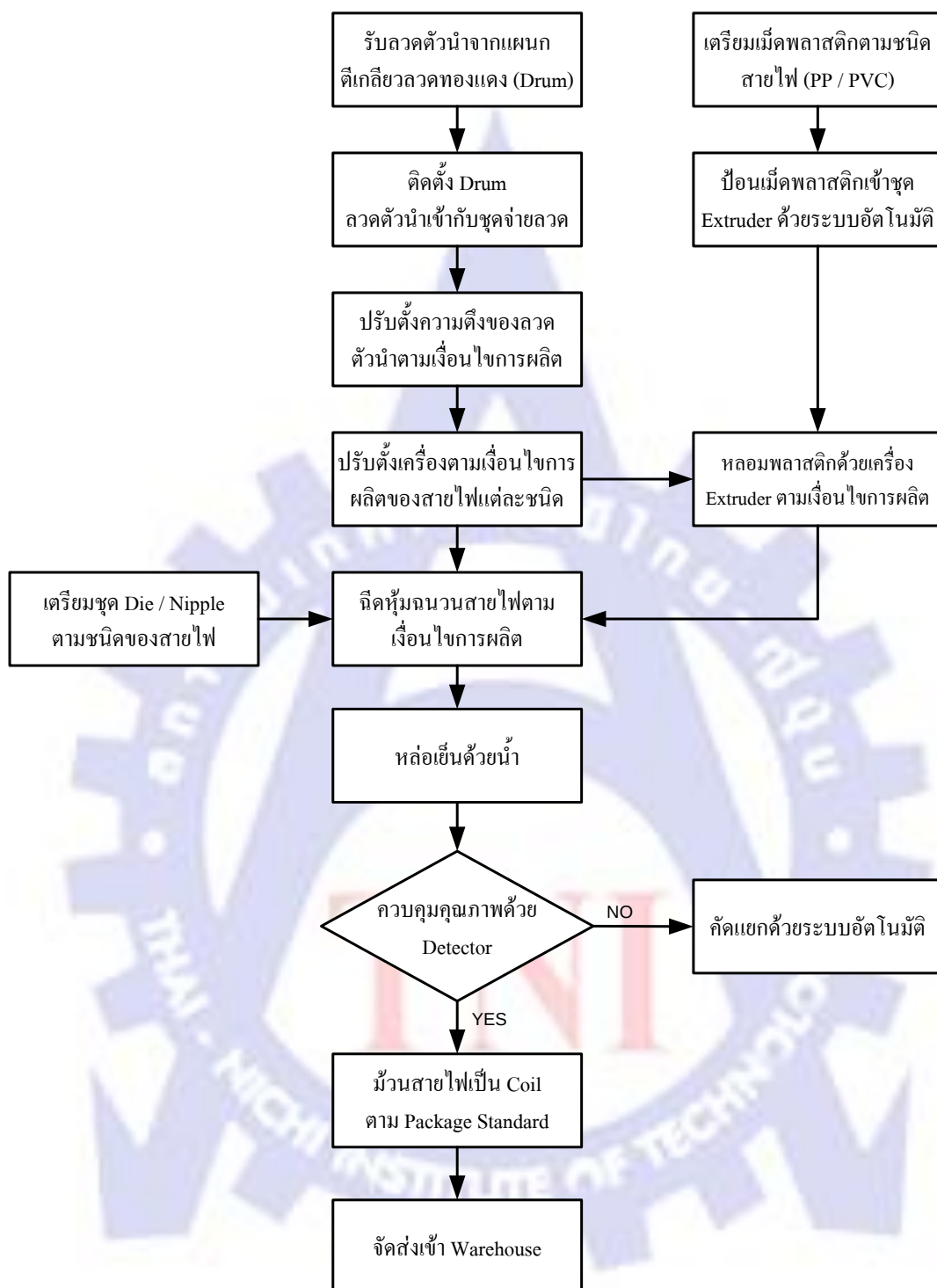
4. ข้อมูลเวลาการทำงาน ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาการทำงานของแต่ละสายการผลิตเฉลี่ยเดือนกันยายน 2551 ถึงเดือน พฤศจิกายน 2551 แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลเวลาการผลิตของแต่ละสายการผลิตในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนกันยายน ถึง พฤศจิกายน 2551)

เวลา (ชั่วโมง)							
สายการผลิต	ผลิต	เครื่องจักร ขัดข้อง	ไม่มี การผลิต	สายการผลิต	ผลิต	เครื่องจักร ขัดข้อง	ไม่มี การผลิต
E-1	405.6	76.3	230.1	E-10	349.1	66.7	273.5
E-2	378.8	86.4	247.7	E-11	389.6	92.4	227.8
E-3	358.6	61.7	290.8	E-12	350.2	72.3	289.8
E-4	422.5	48.6	188.4	E-13	156.3	50.7	504.8
E-5	405.1	56.2	251.9	E-14	410.5	53.2	248.4
E-6	424.6	60.6	219.1	E-15	365.5	66.7	283.0
E-7	456.5	60.2	195.9	E-16	388.3	65.8	256.2
E-8	443.7	63.6	205.0	E-17	445.8	48.6	218.8
E-9	441.7	60.4	210.5				
รวม	ผลิต	6,592.3 ชั่วโมง/เดือน					
	เครื่องจักรขัดข้อง	1,090.2 ชั่วโมง/เดือน					
	ไม่มีการผลิต	4,342 ชั่วโมง/เดือน					

จากตารางที่ 4 พบว่าเวลาการผลิตรวมทั้ง 17 สายการผลิตเท่ากับ 6,592.3 ชั่วโมงต่อเดือนหรือคิดเป็น 54.82% ของเวลาทั้งหมดซึ่งเป็นเวลาที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกระบวนการ และมีการหยุดจากเหตุขัดข้องของเครื่องจักร (Break down) ซึ่งสูงถึง 1,090.2 ชั่วโมงต่อเดือนหรือคิดเป็น 9.06% ของเวลาทั้งหมด ซึ่งการหยุดจากเหตุขัดข้องของกระบวนการจะส่งผลทำให้เกิดการใช้พลังงานที่สูงเกินไป นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการผลิตยังมีกำลังการผลิตเหลือเนื่องจากมีเวลาว่าง (ไม่มีการผลิต) สูงถึง 4,342 ชั่วโมงต่อเดือนหรือคิดเป็น 36.11% ของเวลาทั้งหมด

แผนภูมิกระบวนการผลิต

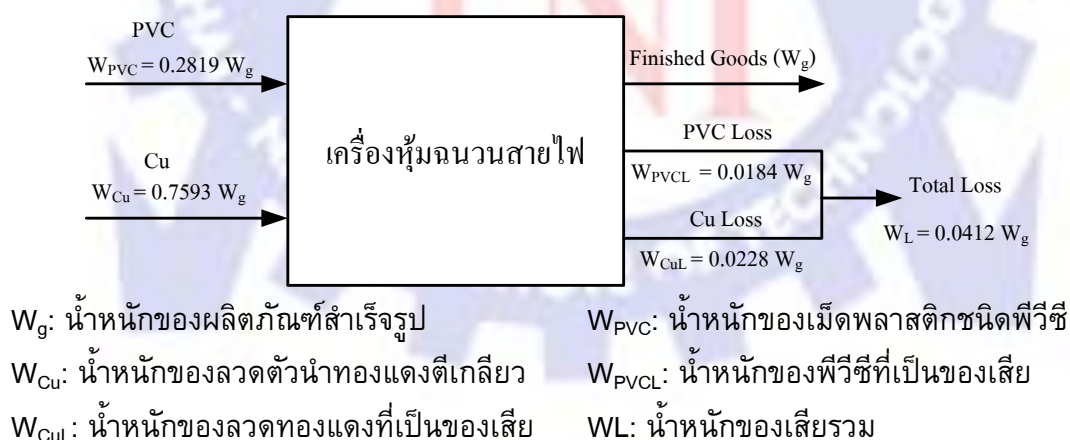


รูปที่ 2 แสดงแผนภูมิกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์

กระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์สามารถจัดทำเป็นแผนภูมิการผลิตได้ดังรูปที่ 2 โดยเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบซึ่งมีวัตถุดิบหลักอยู่ 2 อย่างคือ ลวดตัวนำซึ่งจะเป็นลวดทองแดง ที่เกลียวจากกระบวนการตีเกลียวลวดทองแดง (กระบวนการก่อนหน้า) และเม็ดพลาสติกสำหรับหุ้มเป็นฉนวนสายไฟซึ่งมีวัสดุที่ใช้อยู่ 2 ประเภทคือพีวีซี (Polyvinyl Chloride, PVC) และพีพี (Polypropylene, PP) จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการติดตั้งลวดทองแดงเข้ากับชุดจ่ายลวด และทำการปรับตั้งความตึงของเส้นลวดที่จะถูกดึงเข้าสู่กระบวนการหุ้มฉนวน จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการปรับตั้งเงื่อนไขของเครื่องจักรที่จะทำการหุ้มฉนวนสายไฟโดยต้องปรับตั้งเงื่อนไขให้ตรงกับมาตรฐานการผลิตสายไฟแต่ละชนิด ส่วนเม็ดพลาสติกจะถูกป้อนเข้าเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) ด้วยระบบอัตโนมัติ (Auto feeder) และจะถูกหลอมเหลวในเครื่องฉีดพลาสติกตามเงื่อนไขการผลิตของสายไฟแต่ละชนิดและจะถูกฉีดหุ้มเป็นฉนวนสายไฟโดยผ่านทางดายส์และนิปปิล (Die & Nipple) จากนั้นสายไฟดังกล่าวจะถูกหล่อเย็นด้วยน้ำเพื่อให้ฉนวนเย็นตัวและจะถูกควบคุมคุณภาพด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดซึ่งประกอบด้วย การตรวจวัดขนาดของสายไฟ การตรวจสอบรอยร้าวของฉนวนสายไฟ การตรวจวัดรอยเว้ารอยนูนบนฉนวนสายไฟ และการตรวจวัดรอยต่อของลวดทองแดงภายในสายไฟ ซึ่งหากผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจวัดผ่านตามข้อกำหนดก็จะถูกส่งไปยังแผนกคลังสินค้า (Ware house) เพื่อบรรจุการจัดส่งให้กับลูกค้าต่อไป แต่หากไม่ผ่านตามข้อกำหนดจะถูกคัดแยกออกด้วยระบบอัตโนมัติ

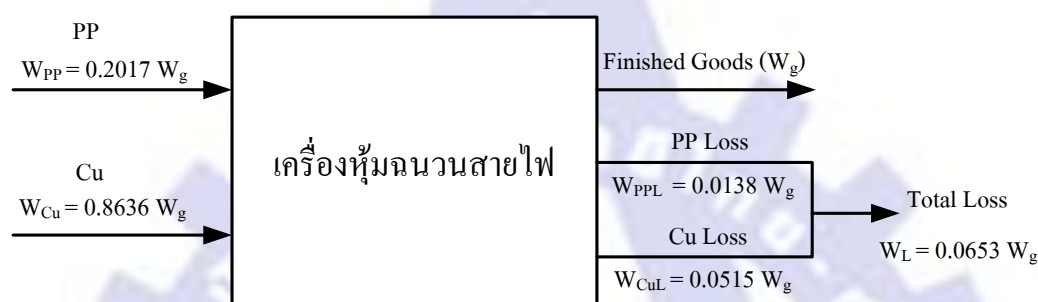
แผนภูมิสมมูลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

แผนภูมิสมมูลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามชนิดของวัสดุที่นำมาหุ้มฉนวนสายไฟคือพลาสติกประเภทพีวีซี (PVC) และพีพี (PP) โดยแสดงได้ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3 แสดงแผนภูมิสมมูลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของการหุ้มฉนวนสายไฟประเภทพีวีซี (PVC)

จากรูปที่ 3 แสดงสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ประเภทฉนวนพีวีซี (PVC) ซึ่งมีวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการ 2 ชนิดคือเม็ดพลาสติกชนิดพีวีซีเกรดต่าง ๆ ตามชนิดของสายไฟโดยมีปริมาณการใช้คิดเป็นน้ำหนักต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ 28.19% วัตถุดิบประเภทที่ 2 คือลวดทองแดงตีเกลียวซึ่งมีน้ำหนักต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ 75.93% นอกจากนี้กระบวนการผลิตในสภาวะปกติจะต้องมีของเสียเกิดขึ้นจากการปรับตั้งเครื่องจักร โดยของเสียมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 4.12% โดยแยกเป็นของเสียประเภทพีวีซี (PVC Loss) 1.84% และของเสียประเภททองแดง (Cu Loss) 2.28% ดังนั้นกระบวนการดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการแปรรูปประมาณ 96.04% (ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป 100% / (วัตถุดิบประเภทพีวีซี 28.19% + วัตถุดิบประเภททองแดง 75.93%))



W_g : น้ำหนักของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

W_{PP} : น้ำหนักของเม็ดพลาสติกชนิด PP

W_{Cu} : น้ำหนักของลวดตัวนำทองแดงตีเกลียว

W_{PPL} : น้ำหนักของ PP ที่เป็นของเสีย

W_{CuL} : น้ำหนักของลวดทองแดงที่เป็นของเสีย

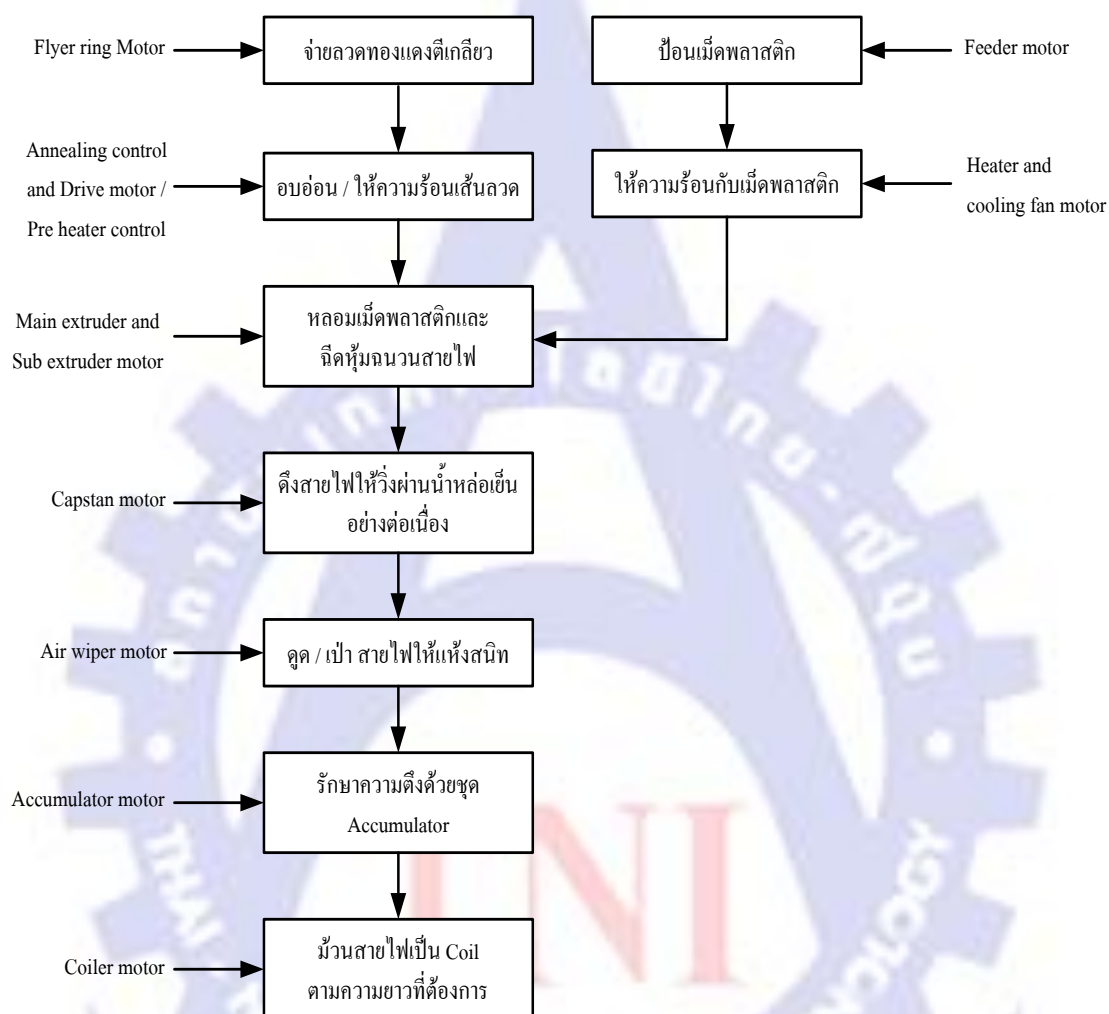
W_L : น้ำหนักของเสียรวม

รูปที่ 4 แสดงแผนภูมิสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของการหุ้มฉนวนสายไฟประเภทพีพี (PP)

รูปที่ 4 แสดงสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ประเภทฉนวนพีพี (PP) ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับฉนวนประเภทพีวีซี (PVC) โดยจะต่างกันในส่วนของวัตถุดิบที่จะนำมาหุ้มฉนวนและอัตราส่วนในการใช้กล่าวคือจะใช้เม็ดพลาสติกประเภทพีพี ในอัตราส่วน 20.17% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและใช้ลวดทองแดงตีเกลียวที่ 86.36% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการเท่ากับ 6.53% แยกเป็นของเสียประเภทพีพี (PP Loss) และของเสียประเภททองแดง (Cu Loss) เท่ากับ 1.38 % และ 5.15% ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการแปรรูปประมาณ 93.87% (ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป 100% / (วัตถุดิบประเภทพีวีซี 20.17% + วัตถุดิบประเภททองแดง 86.36%))

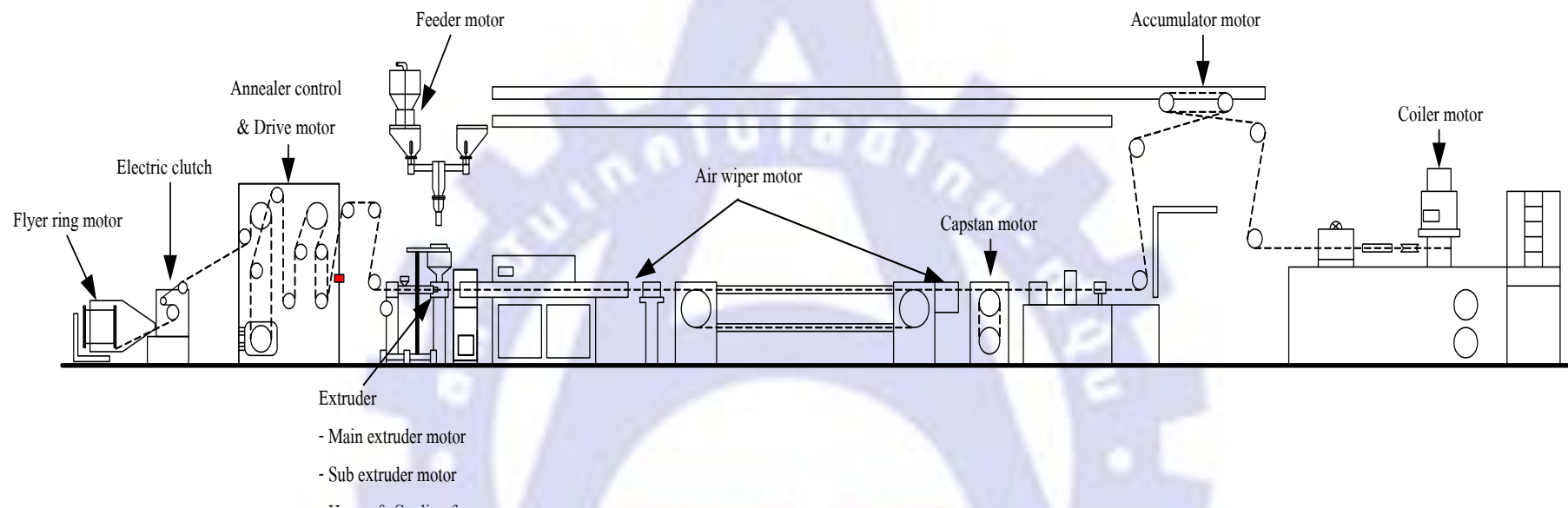
แผนภูมิพลังงาน

แผนภูมิพลังงานของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นการแสดงถึงภาระ (Load) ทางไฟฟ้าหลักที่ต้องใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ และเพื่อให้สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะสายการผลิต ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจึงได้แสดงแผนผัง (Layout) ของเครื่องจักรในสายการผลิตไว้ในรูปที่ 6



รูปที่ 5 แผนภูมิพลังงานของกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์

จากแผนภูมิในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์หรือภาระทางไฟฟ้า (Load) แต่ละชนิดในขั้นตอนต่างๆ ของการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์และเนื่องจากแต่ละสายการผลิตมีภาระทางไฟฟ้าในขนาดที่แตกต่างกันจึงได้แสดงขนาดของภาระทางไฟฟ้าชนิดต่างๆ ที่แสดงในแผนภูมิพลังงาน (รูปที่ 5) ไว้ในตารางที่ 5



รูปที่ 6 แสดงแผนผัง (Layout) เครื่องจักรในสายการผลิตกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์

ตารางที่ 5 แสดงขนาดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์หลักของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์

รายการอุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า (kW)																
สายการผลิต	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17
Flyer ring motor	0.4	0.4	1.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.5	1.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Annealing control	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	-	-	-	-	-	-	-
Annealer motor	5.5	5.5	3.7	5.5	3.7	3.7	5.5	3.7	5.5	5.5	-	-	-	-	-	-	-
Pre – Heater	10.0	10.0	10.0	8.5	-	-	-	-	-	-	8.5	8.5	8.5	10.0	10.0	8.5	8.5
Feeder motor	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Extruder heater	10.5	10.5	10.5	10.7	10.7	10.5	10.7	10.7	10.5	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.5	10.7	12.5
Extruder cooling fan	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Main extruder motor	45.0	45.0	37.0	30.0	30.0	45.0	30.0	30.0	45.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	45.0	30.0	15.0
Sub extruder motor	5.5	5.5	5.5	3.7	3.7	5.5	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	5.5	3.7	3.7
Air-wiper motor	6.8	6.8	3.4	4.6	4.6	6.8	4.6	4.6	6.8	4.6	5.7	4.6	4.6	4.6	6.8	4.6	5.7
Capstan motor	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
Accumulator motor	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Coiler motor	7.5	7.5	7.5	5.5	5.5	7.5	5.5	5.5	7.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	7.5	5.5	5.5
รวม	147.5	147.5	135.4	125.2	114.9	135.7	116.7	114.9	136.8	117.8	70.8	69.7	69.7	71.2	92.0	69.7	57.6

การสำรวจการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิต

เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการลดดัชนีการใช้พลังงานจากการลดปริมาณการใช้พลังงานลง (การประหยัดพลังงานทางตรง) และการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น (การประหยัดพลังงานทางอ้อม) ดังนั้นในการสำรวจการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิตจึงต้องทำการสำรวจการสูญเสียพลังงานทั้งในการสูญเสียทางตรงและการสูญเสียทางอ้อมโดยจากการสำรวจพื้นที่โรงงานจริงและการศึกษาจากข้อมูลการผลิต ข้อมูลการหยุดสายการผลิตเนื่องจากเกิดการขัดข้องของเครื่องจักร (Break down) และข้อมูลการเกิดของเสียต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถชี้บ่งถึงการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิตได้ดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียจากมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump Motor) จากการสำรวจพบว่าเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump) ซึ่งทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเพื่อหล่อเลี้ยงให้กับชุดเกียร์ของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) มีการทำงานอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าเครื่องฉีดพลาสติกจะทำงานหรือไม่ก็ตามซึ่งการทำงานของเครื่องสูบน้ำมันในสถานะที่เครื่องฉีดพลาสติกไม่ทำงานถือว่าเป็นการทำงานโดยสูญเปล่า โดยจากการสำรวจพบว่าเกิดการสูญเสียดังกล่าวจำนวน 11 สายการผลิตจากจำนวนทั้งหมด 17 สายการผลิต

2. การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของฮีตเตอร์ (Heater) การให้ความร้อนกับเครื่องฉีดพลาสติกในสถานะที่ทำงานปกติ จะใช้ความร้อนในการหลอมเม็ดพลาสติกจาก 2 ส่วนคือ ความร้อนจากฮีตเตอร์ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้า และความร้อนจากการเสียดสีภายในชุดเกลียวขับเคลื่อน (Screw) และกระบอกหลอมเม็ดพลาสติก (Cylinder) ของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) โดยในสถานะที่ทำงานปกติจะใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์เพียง 40% แต่ในสถานะที่มีการหยุดเครื่องจักรด้วยกรณีใดๆ ก็ตามจำเป็นต้องให้ความร้อนกับเครื่องฉีดพลาสติกเพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกแข็งตัวซึ่งในสถานะดังกล่าวจะใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวและเป็นการใช้พลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ (ใช้พลังงานโดยสูญเปล่า)

3. การสูญเสียจากเครื่องปรับอากาศ (Air Cooling) เนื่องจากสายการผลิตทั้งหมดทำงานด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติและประมวลผลด้วยชุดพีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC) รวมทั้งการทำงานของมอเตอร์ส่วนใหญ่จะควบคุมด้วย อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งมีความจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ควบคุมด้วยเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจากการสำรวจพบว่าในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ทั้ง 17 สายการผลิตมีการใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 583 W ทั้งหมดจำนวน 51 ตัวติดตามตู้ควบคุมต่างๆ ในสายการผลิตโดยสามารถแบ่งกลุ่มตามเงื่อนไขการทำงานและการติดตั้งได้ 4 กลุ่มดังต่อไปนี้

3.1 ทำงานเฉพาะในช่วงเวลาที่เครื่องจักรทำงานเท่านั้นและมีการป้องกันอากาศเย็นภายในตู้รั่วไหลออกสู่ภายนอก ถือเป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานมากที่สุดโดยคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ของเครื่องปรับอากาศจะทำงานที่ 60% ของเวลาทั้งหมดที่เครื่องจักรทำงานโดยเครื่องปรับอากาศในกลุ่มนี้มี 28 ตัวจากจำนวนทั้งหมด 51 ตัว

3.2 ทำงานเฉพาะในช่วงเวลาที่เครื่องจักรทำงานเท่านั้น แต่ไม่มีการป้องกันอากาศเย็นรั่วไหลออกสู่ภายนอก (ไม่มีการปิดรอยรั่วของตู้ควบคุม) ส่งผลทำให้เครื่องปรับอากาศไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ควบคุมได้ คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ของเครื่องปรับอากาศจะทำงานตลอดเวลาที่เครื่องจักรทำงานซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน เครื่องปรับอากาศในกลุ่มนี้มี 13 ตัวจากทั้งหมด 51 ตัว

3.3 ไม่มีการควบคุมการทำงานให้สอดคล้องกับเครื่องจักรแต่มีการป้องกันอากาศเย็นรั่วไหลออกสู่ภายนอก ในกรณีนี้เครื่องปรับอากาศจะทำการควบคุมอุณหภูมิของตู้ควบคุมอยู่ตลอดเวลาถึงแม้ว่าในบางช่วงเวลาเครื่องจักรจะไม่มีการผลิต เช่น วันหยุด เป็นต้น เครื่องปรับอากาศในกลุ่มนี้มี 4 ตัวจากทั้งหมด 51 ตัว

3.4 ไม่มีการควบคุมการทำงานให้สอดคล้องกับเครื่องจักรและไม่มีการป้องกันอากาศเย็นรั่วไหลออกสู่ภายนอก เครื่องปรับอากาศในกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุดโดยมีจำนวนทั้งหมด 6 ตัวจากทั้งหมด 51 ตัว

4. การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสายการผลิตในสถานะที่ไม่มีการผลิต เช่น วันหยุดประจำสัปดาห์ หรือช่วงเวลาที่ไม่มีงาน จะทำการหยุดเครื่องจักรแต่ไม่มีการตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากมีพลังงานไฟฟ้าบางส่วนถูกใช้กับอุปกรณ์ควบคุมบางชนิดเช่น พีแอลซี (PLC) แผงควบคุม (Control Panel) และหม้อแปลง (Transformer) ซึ่งการใช้พลังงานในสถานะดังกล่าวเป็นการใช้พลังงานโดยสูญเปล่า

5. การสูญเสียพลังงานทางอ้อม การสูญเสียพลังงานทางอ้อมคือการใช้พลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดประสิทธิผลของการผลิต (No Productivity) ซึ่งจากการสำรวจพบว่าเกิดจาก 2 สาเหตุหลักคือ

5.1 การผลิตของเสีย ซึ่งของเสียดังกล่าวจะใช้พลังงานในการผลิตต่อน้ำหนักเทียบเท่ากับการผลิตสินค้าสำเร็จรูปโดยจากดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิตซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0772 kWh/kg และจากข้อมูลการผลิตในตารางที่ 3 พบว่าของเสียในกระบวนการผลิตเฉลี่ยมีค่าสูงถึง 75,284 kg/เดือน ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานถึง 5,8112 kWh/เดือน หรือคิดเป็นมูลค่าถึง 17,575 บาทต่อเดือน

5.2 การสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรหยุดจากเหตุขัดข้อง (Break down) การเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานจาก 2 สาเหตุคือ การเกิดของเสียจากสายไฟที่กำลังผลิตในขณะที่เกิดการหยุดเครื่องซึ่งจะเป็นการสูญเสียส่วนหนึ่งของข้อ 5.1 และสาเหตุอีกประการหนึ่งก็คือในช่วงที่หยุดเครื่องจักรจำเป็นต้องให้ความร้อนกับชุดเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) อยู่ตลอดเวลาซึ่งจะเป็นการใช้พลังงานโดยสูญเปล่าตามรายละเอียดในข้อ 2 ข้างต้น และจากข้อมูลในตารางที่ 4 พบว่ามีการหยุดเครื่องจักรจากเหตุขัดข้องในกระบวนการสูงถึง 4,342 ชั่วโมงต่อเดือน

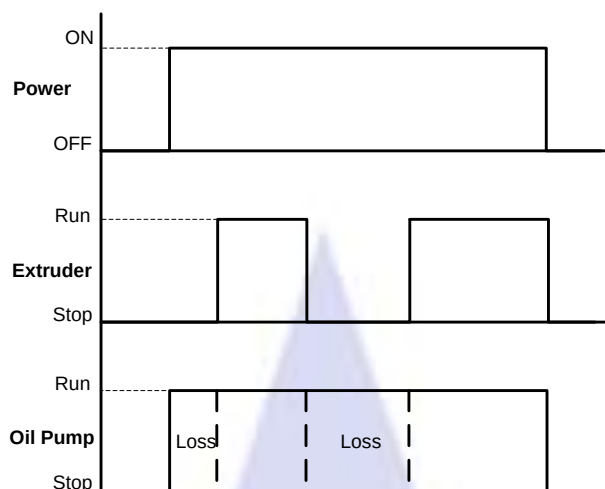
การตรวจสอบสาเหตุแห่งการสูญเสียจากการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

จากการสำรวจการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิตในกรณีต่าง ๆ นำมาซึ่งการตรวจสอบสาเหตุแห่งการสูญเสียพลังงานโดยผู้ศึกษาจะตรวจสอบโดยอาศัยหลักการตั้งคำถามเพื่อสืบค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ (Why-Why Analysis) ร่วมกับการสำรวจพื้นที่โรงงานด้วยหลักการ 3 จริง (พื้นที่จริง ของจริง และสถานการณ์จริง) ซึ่งผลการตรวจสอบดังกล่าวสามารถสรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานในแต่ละกรณีดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียจากมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump Motor)

สภาพปัญหา : เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump) จะทำงานตลอดเวลาที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสายการผลิต (On Power) แต่วัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น ใช้เพื่อส่งน้ำมันไปหล่อเลี้ยงชุดเกียร์ของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) เท่านั้น ดังนั้นการที่เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นทำงานในสภาวะที่เครื่องฉีดพลาสติกไม่ทำงานจะเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ได้แก่ สภาวะที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากเหตุขัดข้อง (Break down) วันที่ไม่มีการผลิตและวันหยุด ซึ่งโดยปกติในวันหยุดจะไม่มี การตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) ของสายการผลิต

สาเหตุ : การทำงานของเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump) ไม่สัมพันธ์กับการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) โดยจะทำงานทันทีเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสายการผลิต (On Power) ซึ่งพบว่าเกิดสูญเปล่าของการใช้พลังงานในช่วงเวลาที่เครื่องฉีดพลาสติกไม่ทำงานแต่เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นทำงาน ดังไดอะแกรมในรูปที่ 7

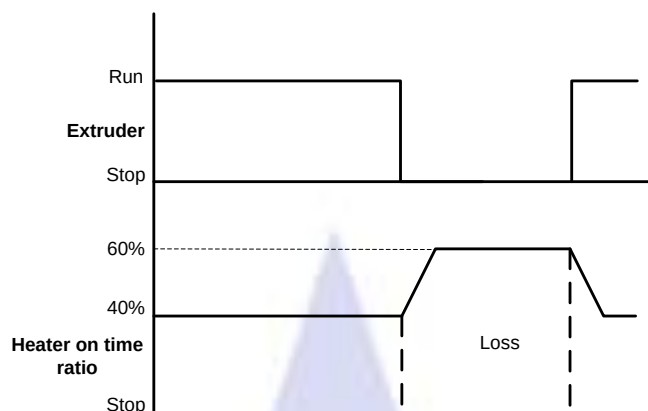


รูปที่ 7 แสดงไทม์แกรมการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) และเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump)

2. การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของฮีตเตอร์ (Heater)

สภาพปัญหา : ในสภาวะที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากเหตุขัดข้อง (Break down) หรือการหยุดเครื่องจักรด้วยกรณีใดๆ ก็ตามจำเป็นต้องให้ความร้อนกับเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) เพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกแข็งตัวซึ่งในสภาวะดังกล่าวจะทำให้ฮีตเตอร์มีความถี่ในการทำงานมากกว่าในสภาวะที่เครื่องฉีดพลาสติกทำงานและเป็นการใช้พลังงานจากฮีตเตอร์โดยสูญเปล่า

สาเหตุ : การให้ความร้อนกับเครื่องฉีดพลาสติกในขณะที่ทำงานฮีตเตอร์จะมีอัตราส่วนเวลาการทำงานต่อเวลาการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกเพียง 40% แต่ในสภาวะที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากเหตุขัดข้อง หรือการหยุดเครื่องจักรด้วยกรณีใดๆ ก็ตามจำเป็นต้องให้ความร้อนกับเครื่องฉีดพลาสติกเพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกแข็งตัวซึ่งในสภาวะดังกล่าวจะใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวซึ่งจะทำให้อัตราส่วนเวลาการทำงานของฮีตเตอร์เพิ่มสูงขึ้นเป็น 60% ซึ่งสามารถแสดงไทม์แกรมการทำงานได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder) และฮีทเตอร์ (Heater)

3. การสูญเสียจากเครื่องปรับอากาศ (Air Cooling)

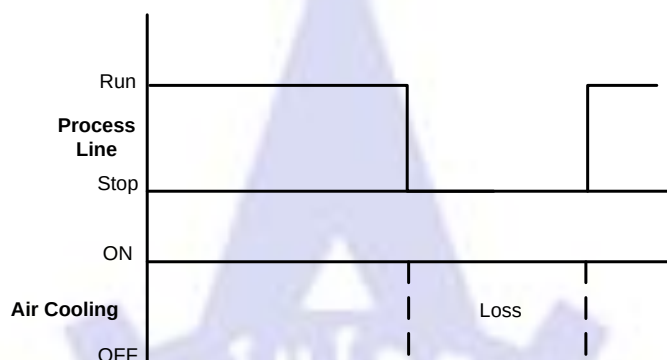
สภาพปัญหา : การใช้พลังงานโดยสูญเปล่าของเครื่องปรับอากาศ
ตู้ควบคุม (Air Cooling)

สาเหตุ : 1. ตู้ควบคุมมีการเจาะช่องสำหรับเป็นทางผ่านของ
สายไฟที่ออกจากตู้ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์
ต่างๆ แต่ไม่มีการปิดช่องดังกล่าวทำให้ไม่สามารถ
ควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ควบคุมได้ส่งผลให้
เครื่องปรับอากาศต้องทำงานตลอดเวลาซึ่งโดยปกติหาก
สามารถควบคุมอุณหภูมิได้จะมีอัตราเวลาการทำงานอยู่
ที่ 60% เท่านั้น ลักษณะตู้ควบคุม ที่ไม่มีการปิดช่อง
ทางผ่านสายไฟแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงตู้ควบคุมที่ไม่มีการปิดช่องทางผ่านสายไฟ

2. ไม่มีการควบคุมการทำงานให้สอดคล้องกับเครื่องจักร โดยเครื่องปรับอากาศจะทำการควบคุมอุณหภูมิของตู้ควบคุมอยู่ตลอดเวลาถึงแม้ว่าในบางช่วงเวลาเครื่องจักรไม่มีการผลิต โดยสามารถแสดงไดอะแกรมการทำงานได้ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงไดอะแกรมการทำงานของสายการผลิต (Process Line) และเครื่องปรับอากาศ (Air Cooling)

4. การสูญเสียจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสายการผลิต (On Power) ในสถานะที่ไม่มีการผลิต

สภาพปัญหา : เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยสูญเปล่าในสถานะที่ไม่มีการผลิต

สาเหตุ : ในสถานะที่หยุดเครื่องจักรแต่ไม่มีการตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) จะทำให้อุปกรณ์ควบคุมบางชนิด เช่น พีแอลซี (PLC) แผงควบคุม (Control Panel) และหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดความสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น

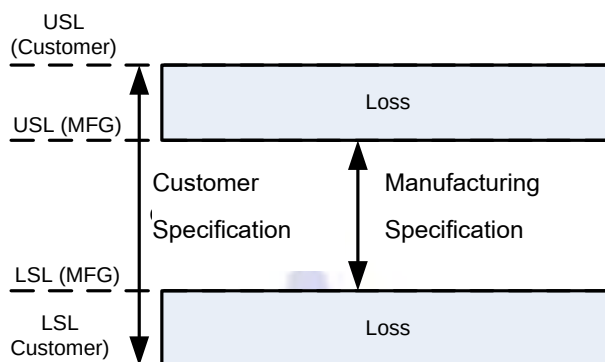


รูปที่ 11 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ควบคุมที่มีการใช้พลังงานในสถานะที่ไม่มีการผลิต

5. การสูญเสียจากเครื่องจักรหยุดเนื่องจากเหตุขัดข้อง (Break down) และเกิดของเสียในกระบวนการผลิต

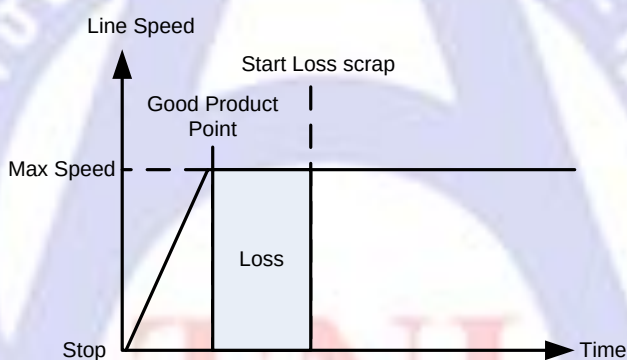
สภาพปัญหา : เกิดของเสียในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดการใช้พลังงานโดยสูญเปล่า

สาเหตุ : 1. เกิดของเสียจากขนาดสายไฟไม่เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตเนื่องจากการควบคุมขนาดสายไฟในมาตรฐานการผลิต (Manufacturing Specification, MFG) ข้ามงวดเกินความต้องการของลูกค้า (เกินความจำเป็น) โดยกำหนดขอบเขตการควบคุมไว้แคบกว่าข้อกำหนดของลูกค้า (Customer Specification) ทำให้เกิดช่องว่าง (Gap) ระหว่างข้อกำหนดของลูกค้าและมาตรฐานการผลิต ดังรูปที่ 12 ซึ่งค่าระหว่างช่องว่างของมาตรฐานดังกล่าวหากมองในมุมมองของลูกค้าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นของดี แต่ในกระบวนการผลิตจะถูกคัดแยกเป็นของเสีย ดังนั้นจึงทำให้เกิดการสูญเสียที่มากเกินความจำเป็นซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการใช้พลังงานโดยสูญเปล่า



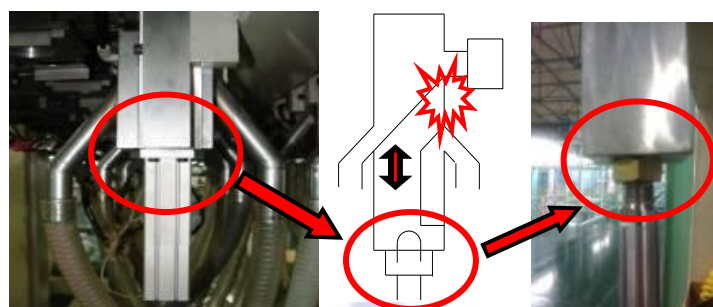
รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกำหนดมาตรฐานการผลิตและข้อกำหนดของลูกค้า

2. เกิดของเสียจากการปรับตั้งงานที่ไม่เหมาะสมโดยมีการกำหนดให้เครื่องจักรทำการคัดแยกของเสียในช่วงเริ่มต้นเครื่องจักร (Start up Loss) มากเกินความจำเป็น ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงไทม์ไลน์การทำงานในสภาวะการคัดแยกของเสียในช่วงเริ่มต้นเครื่องจักร

3. เกิดของเสียและเครื่องจักรหยุดเนื่องจากเหตุขัดข้องจากปัญหาลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) ของชุดจ่ายเม็ดพลาสติกติดขัดเนื่องจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสมดังรูปที่ 14



ก. โครงสร้าง

ข. โครงสร้างภายใน

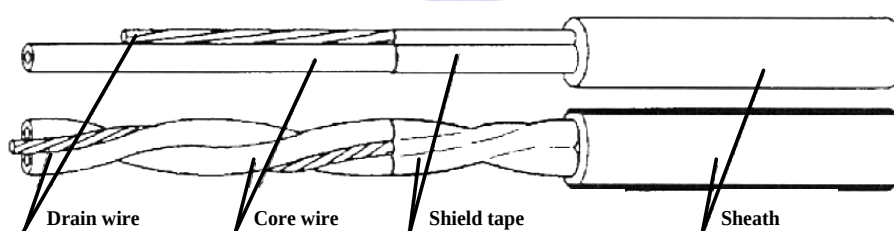
ค. การชิดกับกระบอกลูกสูบ

รูปที่ 14 แสดงโครงสร้างลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) ของชุดจ่ายเม็ดพลาสติก

จากรูปที่ 14 พบว่าลิ้นเปิด - ปิด ถูกออกแบบให้เคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้กระบอกสูบเป็นตัวขับเคลื่อนแต่การยึดระหว่างตัวลิ้นดังกล่าวกับกระบอกสูบใช้วิธีการขันล็อกแน่นด้วยน็อตและทำให้ตัวลิ้นเปิด - ปิดเกิดการเยื้องศูนย์ในแนวตั้งส่งผลให้ส่วนปลายของลิ้นเปิด - ปิด เบียดและติดขัดกับโครงสร้างภายในที่บรรจุลิ้นดังกล่าวดังรูปที่ 14 ข. ซึ่งหากลิ้นเปิด - ปิดติดขัด เครื่องจักรจะไม่สามารถทำการผลิตได้ (Break down) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียขึ้นในกระบวนการซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการใช้พลังงานโดยสูญเปล่า

4. เกิดของเสียจากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ ตรวจสอบคุณภาพได้แก่ อุปกรณ์ตรวจรอยร้าวและการทนแรงดันไฟฟ้าของฉนวน (Spark Tester) อุปกรณ์ตรวจสอบรอยแหว่ - หนูน ของฉนวน (Lump & Neck Detector) และอุปกรณ์ตรวจสอบรอยต่อของลวดทองแดงภายในสายไฟ (Joint Detector) ซึ่งกำหนดให้พนักงานทำการตรวจสอบทุกครั้งก่อนการทำงานในแต่ละกะ โดยการจำลองสถานการณ์การเกิดของเสียขึ้นในขณะที่ทำการผลิตจริงเพื่อยืนยันระบบการคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสียซึ่งการทดสอบดังกล่าวจะทำให้เครื่องจักรตัดสายไฟที่กำลังผลิตทั้งเป็นของเสียทำให้เกิดการสูญเสียโดยไม่จำเป็น

5. เกิดของเสียจากกระบวนการผลิตสายชีลด์ (Shield wire) เนื่องจากการผลิตสายไฟดังกล่าวต้องอาศัยทักษะของพนักงานและไม่มีกำหนดขั้นตอนในการทำงานไว้อย่างชัดเจนโดยเฉพาะขั้นตอนในการต่อเทป (Shield tape) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ



รูปที่ 15 แสดงโครงสร้างของสายชีลด์ (Shield wire)

การชี้บ่งปัญหาและโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

จากการสำรวจการสูญเสียพลังงานและการตรวจสอบสาเหตุแห่งการสูญเสียต่าง ๆ สามารถสรุปหัวข้อปัญหาและนำเสนอโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้พลังงานได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงหัวข้อปัญหาและโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

หัวข้อปัญหา	โอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
1. เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นทำงานไม่สัมพันธ์กับเครื่องฉีดพลาสติก	ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นโดยให้ทำงานสัมพันธ์กับเครื่องฉีดพลาสติก
2. ตู้ควบคุมไม่มีการปิดช่องทางผ่านของสายไฟทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ได้	ปิดช่องทางผ่านของสายไฟเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
3. การทำงานของเครื่องปรับอากาศไม่สัมพันธ์กับการทำงานของเครื่องจักร	ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สัมพันธ์กับการทำงานของเครื่องจักร
4. ไม่มีการตัดกระแสไฟฟ้าของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต ทำให้สูญเสียพลังงานจากการที่อุปกรณ์ควบคุมบางตัวใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา	กำหนดให้มีการตัดกระแสไฟฟ้าของสายการผลิตทุกครั้งที่ไม่มีการผลิตโดยให้หัวหน้าสายการผลิตเป็นผู้รับผิดชอบในการตรวจสอบ

ตารางที่ 6 แสดงหัวข้อปัญหาและโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (ต่อ)

หัวข้อปัญหา	โอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
5. เกิดของเสียเนื่องจากการควบคุมขนาดสายไฟในมาตรฐานการผลิตเข้มงวดเกินความต้องการของลูกค้า	ทบทวนการกำหนดค่าควบคุมในกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า
6. กำหนดให้มีการตัดแยกของเสียในช่วงเริ่มต้นเครื่องจักรมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น	ทบทวนการกำหนดปริมาณของเสียในช่วงเริ่มต้นเครื่องจักรให้เหลือเท่าที่จำเป็น
7. การออกแบบลิ้นเปิด – ปิด ของชุดจ่ายเม็ดพลาสติกไม่เหมาะสมทำให้เกิดการติดขัด	ออกแบบลิ้นเปิด – ปิด ของชุดจ่ายเม็ดพลาสติกใหม่เพื่อลดการติดขัดซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสีย
8. เกิดของเสียจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต	เปลี่ยนเงื่อนไขการทดสอบใหม่โดยไม่ให้เครื่องจักรตัดแยกของเสียจากการทดสอบ
9. เกิดของเสียจากการต่อเทปในการผลิตสายซีลเนื่องจากไม่มีการกำหนดมาตรฐานการทำงานที่ชัดเจน	กำหนดมาตรฐานการทำงานเกี่ยวกับการต่อเทปของสายซีลให้ชัดเจน

จากปัญหาและโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในตารางที่ 6 นำมาซึ่งการกำหนดมาตรการในการประหยัดพลังงานทั้งการประหยัดพลังงานทางตรงและการประหยัดพลังงานทางอ้อมด้วยเทคนิคการจัดการในบทที่ 4

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการสำรวจการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิตในบทที่ 3 นำมาซึ่งการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานโดยสามารถแบ่งเป็นมาตรการประหยัดพลังงานทางตรงด้วยการลดปริมาณการใช้พลังงานลงและมาตรการประหยัดพลังงานทางอ้อมด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ซึ่งรายละเอียดของแต่ละมาตรการแสดงได้ดังต่อไปนี้

มาตรการประหยัดพลังงาน

1. มาตรการเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump Motor) ให้สอดคล้องกับเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder)

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายนิพนธ์ พลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร
สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-4 E-5 E-7 E-8 E-10 E-11 E-12
E-13 E-14 E-16 และ E-17

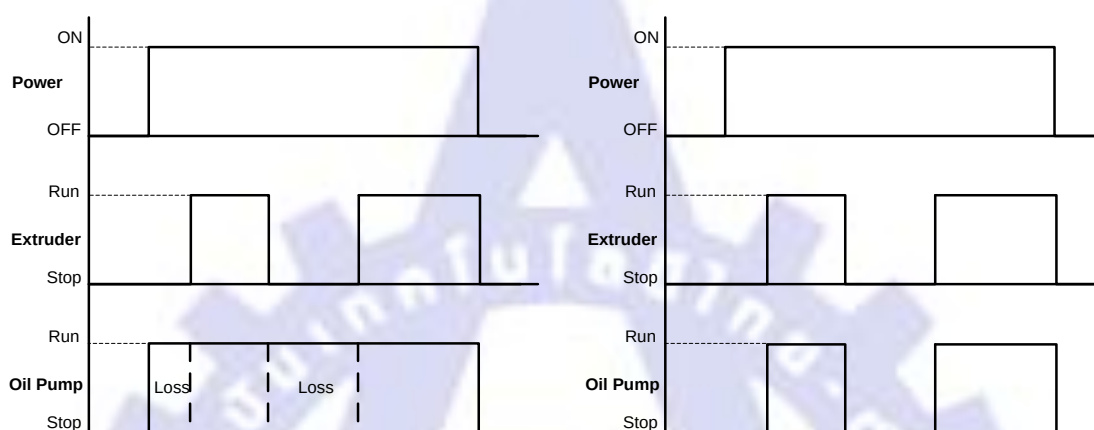
อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น

ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง

วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน

สาเหตุการปรับปรุง : เนื่องจากการทำงานของเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น จะทำงานตลอดเวลาที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสายการผลิตซึ่งการใช้เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ฉีดน้ำมันไปหล่อเลี้ยงชุดเกียร์ของเครื่องฉีดพลาสติกเท่านั้น ดังนั้นการที่เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นทำงานในสภาวะที่เครื่องฉีดพลาสติกไม่ทำงานจะเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ได้แก่ สภาวะที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากเกิดเหตุขัดข้อง (Break down) วันที่ไม่มีการผลิตและวันหยุด ซึ่งโดยปกติในวันหยุดจะไม่มีการตัดกระแสไฟฟ้าของสายการผลิต

รายละเอียดการปรับปรุง : ปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของพีแอลซี (PLC) ที่มีอยู่แล้วในแต่ละสายการผลิต โดยให้เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นทำงานสัมพันธ์กับเครื่องฉีดพลาสติกซึ่งแสดงในรูปที่ 16 ข. ซึ่งจะทำให้สามารถลดช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยสูญเปล่าดังรูปที่ 16 ก. ให้เป็นศูนย์



ก. ไลอะแกรมก่อนการปรับปรุง

ข. ไลอะแกรมหลังการปรับปรุง

รูปที่ 16 แสดงไลอะแกรมการทำงานของเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump) ก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	813.9	kWh/เดือน
	9,766.8	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	2,461.2	บาท/เดือน
	29,534.4	บาท/ปี

ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump Motor) ให้สอดคล้องกับเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder)

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
พิกัดกระแสเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น	I_m		0.35	Ampere
พิกัดแรงดันไฟฟ้า (3 เฟส)	V		380	Volt
กำลังไฟฟ้า	P	$\frac{\sqrt{3} \times V \times I_m}{1000}$	$\frac{\sqrt{3} \times 380 \times 0.35}{1000} = 0.23$	kW
เวลาที่ทำงานโดยสูญเปล่า (รวม 11 เครื่อง)	T_{Loss}		3,538.8	ชั่วโมง/เดือน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	E_{SAVE}	$P \times T_{Loss}$	$0.23 \times 3,538.8 = 813.9$	kWh/เดือน
			$813.9 \times 12 = 9,766.8$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 813.9 = 2,461.2$	บาท/เดือน
			$2,461.2 \times 12 = 29,534.4$	บาท/ปี

หมายเหตุ : ข้อมูลเวลาเฉลี่ยเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน 2551 (ตารางที่ 4)

2. มาตรการปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายนันทพล ผลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร
 สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-4 E-5 E-7 E-8 E-10 E-11 E-12 E-13 E-14 E-15 E-16 และ E-17
 อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ตู้ควบคุม
 ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง
 วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน
 สาเหตุการปรับปรุง : ตู้ควบคุมมีการเจาะช่องเพื่อการเดินสายไฟออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งช่อง

ดังกล่าวไม่ได้ปิดทำให้มีอากาศร้อนจากภายนอก
ถ่ายเทเข้าไปในตู้ได้ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุม
อุณหภูมิภายในตู้ได้

รายละเอียดการปรับปรุง : ปิดช่องที่ถูกเจาะเพื่อใช้เป็นทางผ่านของสายไฟด้วย
การฉีดยาปิดช่องดังกล่าวทุกช่องที่มีการเจาะดัง
ตัวอย่างในรูปที่ 17 ข.



ก.ก่อนการปรับปรุง



ข.หลังการปรับปรุง

รูปที่ 17 แสดงการปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมด้วยการฉีดยา

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,658.7	kWh/เดือน
	19,904.4	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	5,015.9	บาท/เดือน
	60,190.8	บาท/ปี

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
กำลังไฟฟ้า/1 ตัว	P_A		0.583	kW
เวลาทำงานก่อนการปรับปรุง (รวม19 ตัว)	T_1		7,112.6	ชั่วโมง/เดือน
พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	E_1	$P_A \times T_1$	$0.583 \times 7,112.6 = 4,146.6$	kWh/เดือน
เวลาทำงานหลังการปรับปรุง (รวม19 ตัว)	T_2		4,267.5	ชั่วโมง/เดือน
พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	E_2	$P_A \times T_2$	$0.583 \times 4,267.5 = 2,487.9$	kWh/เดือน
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	E_{SAVE}	$E_1 - E_2$	$4,146.6 - 2,487.9 = 1,658.7$	kWh/เดือน
			$1,658.7 \times 12 = 19,904.4$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 1,658.7 = 5,015.9$	บาท/เดือน
			$3.024 \times 19,904.4 = 60,190.8$	บาท/ปี

หมายเหตุ : ข้อมูลเวลาเฉลี่ยเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน 2551 (ตารางที่ 4)

3. มาตรการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สัมพันธ์กับเครื่องจักร

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายนันทพล ผลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร

สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-1 E-2 E-4 E-9 E-10 E-11 E-12
E-14

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศ

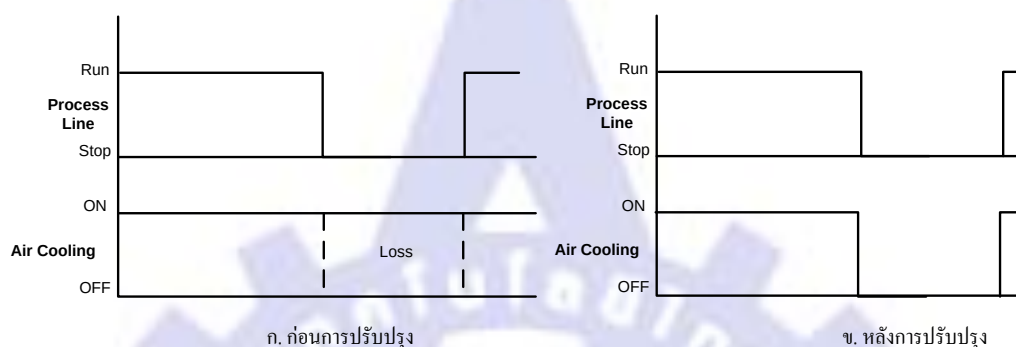
ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง

วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน

สาเหตุการปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศ (Air Cooling) จะทำการควบคุมอุณหภูมิของตู้ควบคุมอยู่ตลอดเวลาถึงแม้ว่าในบาง

ช่วงเวลาเครื่องจักรจะไม่มีการผลิตซึ่งทำให้เกิดการ
ใช้พลังงานโดยสูญเปล่า

รายละเอียดการปรับปรุง : เปลี่ยนระบบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
ให้ทำงานเฉพาะในช่วงที่เครื่องจักรทำการผลิต
เท่านั้นโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยระบบ
พีแอลซี (PLC) ที่มีใช้งานอยู่แล้วในระบบควบคุม
เครื่องจักรตั้งไดอะแกรมในรูปที่ 18



รูปที่ 18 แสดงไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,117.1	kWh/เดือน
	13,405.2	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	3,378.1	บาท/เดือน
	40,537.3	บาท/ปี

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ให้สัมพันธ์กับเครื่องจักร

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
กำลังไฟฟ้า/1 ตัว	P_A		0.583	kW
เวลาทำงานที่สูญเสีย (รวม 10 ตัว)	T_{Loss}		1,916.2	ชั่วโมง/เดือน
พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	E_{Save}	$P_A \times T_{Loss}$	$0.583 \times 1,916.2 = 1,117.1$	kWh/เดือน
			$1,117.1 \times 12 = 13,405.2$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 1,117.1 = 3,378.1$	บาท/เดือน
			$3.024 \times 13,405.2 = 40,537.3$	บาท/ปี

หมายเหตุ : ข้อมูลเวลาเฉลี่ยเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน 2551 (ตารางที่ 4)

4. มาตรการตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) ของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายนิพนธ์ พลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร
 สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-1 ถึง E-17 (17 สายการผลิต)
 อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ระบบ Power ของสายการผลิต
 ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง
 วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน
 สาเหตุการปรับปรุง : ในสภาวะที่หยุดเครื่องจักรแต่ไม่ตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าจะทำให้อุปกรณ์ควบคุมบางชนิด เช่น พีแอลซี (PLC) แผงควบคุม (Control Panel) และหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดการใช้พลังงานอย่างสูญเปล่า

รายละเอียดการปรับปรุง : กำหนดให้ทำการตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) ของสายการผลิตทุกครั้งที่ไม่มีการผลิตได้แก่ วันหยุดและช่วงเวลาที่ไม่มีงาน โดยให้หัวหน้าสายการผลิตเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการ

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	6,513	kWh/เดือน
	78,156	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	19,695.3	บาท/เดือน
	236,343.7	บาท/ปี

ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการตัดกระแสไฟฟ้าของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในสถานะที่ไม่มีการผลิต	I_{NL}		2.3	Ampere
แรงดันไฟฟ้า (3 เฟส)	V		380	Volt
กำลังไฟฟ้า (1 สายการผลิต)	P	$\frac{\sqrt{3} \times I_{NL} \times V}{1000}$	$\frac{\sqrt{3} \times 2.3 \times 380}{1000} = 1.5$	kW
เวลาที่ไม่ทำการผลิต (รวม 17 สายการผลิต)	T_{NL}		4,342	ชั่วโมง/เดือน
พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	E_{SAVE}	$P \times T_{NL}$	$1.5 \times 4,342 = 6,513$	kWh/เดือน
			$6,513 \times 12 = 78,156$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 6,513 = 19,695.3$	บาท/เดือน
			$3.024 \times 78,156 = 236,343.7$	บาท/ปี

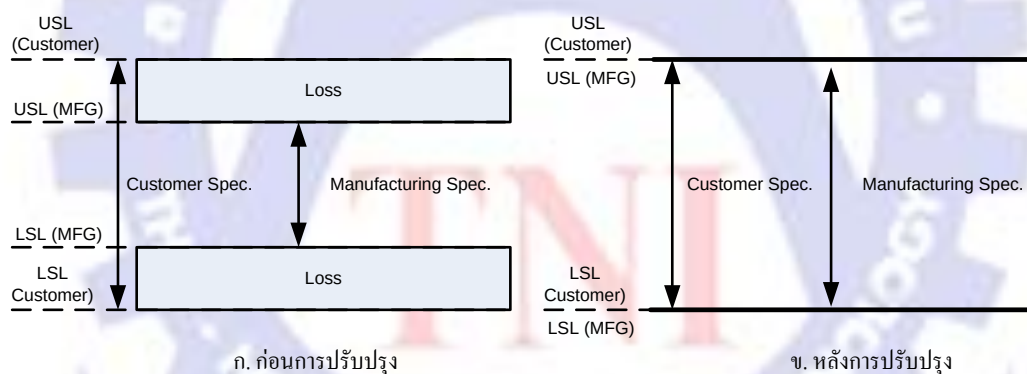
หมายเหตุ : ข้อมูลเวลาเฉลี่ยเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน 2551 (ตารางที่ 4)

5. มาตรการลดของเสียโดยการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิตที่เข้มงวดเกินข้อกำหนดของลูกค้า

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายนันทพล ผลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร
 สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-1 ถึง E-17 (17 สายการผลิต)
 อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องตรวจวัดและควบคุมขนาดสายไฟ (Diameter Controller)

ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง
 วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน
 สาเหตุการปรับปรุง : เกิดของเสียจากขนาดสายไฟไม่ตรงตามมาตรฐานการผลิต (Manufacturing Specification, MFG) แต่เมื่อเทียบกับข้อกำหนดของลูกค้า (Customer Specification) พบว่าของเสียดังกล่าวยังอยู่ในขอบเขตการยอมรับของลูกค้า ดังนั้นจึงทำให้เกิดการสูญเสียที่มากเกินไปและเป็นการใช้พลังงานโดยสูญเปล่า

รายละเอียดการปรับปรุง: ขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิต โดยกำหนดให้สัมพันธ์กับความต้องการของลูกค้า และเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานการผลิตของโรงงานผลิตสายไฟรถยนต์ โรงงานอื่นๆ ที่อยู่ในเครือบริษัทเดียวกันพบว่ามีการกำหนดค่าการควบคุมขนาดสายไฟในมาตรฐานการผลิตไว้เท่ากับความต้องการของลูกค้า ดังแสดงในรูปที่ 19



รูปที่ 19 แสดงการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิต

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	159.1	kWh/เดือน
	1,909.2	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	481	บาท/เดือน
	5,773.4	บาท/ปี

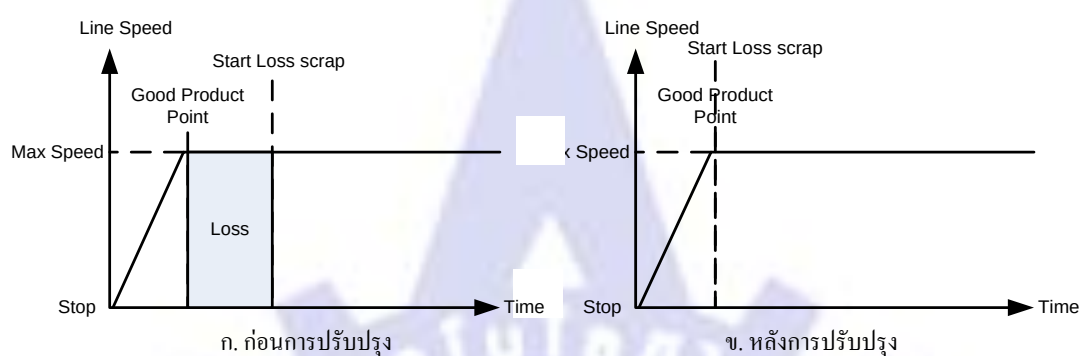
ตารางที่ 11 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการลดของเสียโดยการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิตที่เข้มงวดเกินข้อกำหนดของลูกค้า

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
ปริมาณของเสียก่อนการดำเนินการ	L_1		2,944.3	kg/เดือน
ดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิต	EI_T		0.0772	kWh/kg
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนการดำเนินการ	E_{L1}	$L_1 \times EI_T$	$2,944.3 \times 0.0772 = 227.3$	kWh/เดือน
ปริมาณของเสียหลังการดำเนินการ	L_2		883.3	kg/เดือน
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังการดำเนินการ	E_{L2}	$L_2 \times EI_T$	$883.3 \times 0.0772 = 68.2$	kWh/เดือน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	E_{SAVE}	$E_{L1} - E_{L2}$	$227.3 - 68.2 = 159.1$	kWh/เดือน
			$159.1 \times 12 = 1,909.2$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 159.1 = 481$	บาท/เดือน
			$3.024 \times 1,909.2 = 5,773.4$	บาท/ปี

6. มาตรการลดของเสียช่วงการเริ่มเดินเครื่องจักร (Start up Loss)

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายเน้นทพล ผลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร
 สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-1 ถึง E-17 (17 สายการผลิต)
 อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจักร
 ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง
 วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน
 สาเหตุการปรับปรุง : การหุ้มฉนวนสายไฟเป็นกระบวนการผลิตที่ใช้หลักการฉีดพลาสติกแบบต่อเนื่อง (Extrusion Process) ซึ่งการเริ่มเดินเครื่องจักร (Start up) ทุกครั้ง

จะเกิดของเสียจากการปรับตั้งงาน และจากการ
สำรวจพบว่าของเสียดังกล่าวมากเกินไปจนความจำเป็น
รายละเอียดการปรับปรุง : ทบทวนมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสม
โดยจะทำให้เกิดของเสียเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ดัง
แสดงในรูปที่ 20



รูปที่ 20 แสดงการลดของเสียจากการเริ่มต้นเครื่องจักร (Start up loss)

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	121.8	kWh/เดือน
	1,461.6	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	368.3	บาท/เดือน
	4,419.8	บาท/ปี

ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการลดของเสียช่วงการเริ่มต้นเครื่องจักร (Start up Loss)

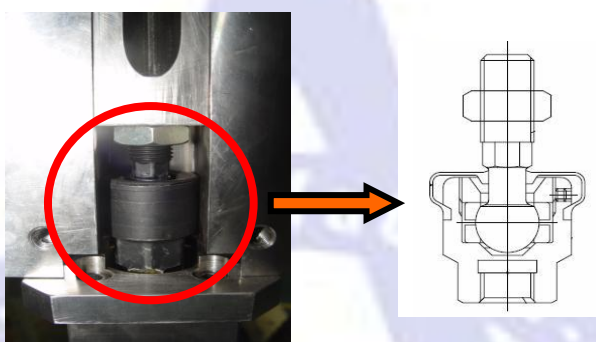
รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
จำนวนครั้งการเริ่มต้นเครื่องจักร (Start up)	N		2,629	ครั้ง/เดือน
ดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิต	EI_T		0.0772	kWh/kg
ของเสียที่ลดลงต่อครั้ง	L_N		0.6	kg
ปริมาณของเสียทั้งหมดที่ลดได้	L	$N \times L_N$	$2,629 \times 0.6 = 1,577.4$	Kg/เดือน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	E_{SAVE}	$L_T \times EI_T$	$1,577.4 \times 0.0772 = 121.8$	kWh/เดือน
			$121.8 \times 12 = 1,461.6$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 121.8 = 368.3$	บาท/เดือน
			$3.024 \times 1,461.6 = 4,419.8$	บาท/ปี

7. มาตรการลดปัญหาลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) ชุดจ่ายเม็ดพลาสติกติดขัดด้วยการเปลี่ยนการยึดตัวลิ้นเปิด - ปิด กับกระบอกลูกสูบจากการยึดแบบตายตัวเป็นการยึดด้วยข้อต่ออ่อน (Floating Joint)

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายนันทพล ผลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร
 สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-1 ถึง E-17 (17 สายการผลิต)
 อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : Shutter ของชุดจ่ายเม็ดพลาสติกอัตโนมัติ
 ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง
 วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน
 สาเหตุการปรับปรุง : การยึดระหว่างลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) กับกระบอกลูกสูบใช้วิธีการขันยึดแบบตายตัวด้วยน็อตซึ่งทำให้ตัวลิ้นเปิด - ปิด เกิดการเยื้องศูนย์ในแนวตั้งส่งผลให้ส่วนปลายของลิ้นดังกล่าวเบียดและติดขัดกับโครงสร้างภายในที่บรรจุลิ้นเปิด - ปิด ดังรูปที่ 14 ข.

(หน้า 32) ซึ่งหากลิ้นเปิด – ปิด ดังกล่าวเกิดการติดขัด เครื่องจักรจะไม่สามารถทำการผลิตได้ (Break down) ส่งผลทำให้เกิดของเสียในกระบวนการซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการใช้พลังงานโดยสูญเปล่า

รายละเอียดการปรับปรุง : เปลี่ยนรูปแบบการยึดลิ้นเปิด – ปิด (Shutter) จากการยึดแบบตายตัวเป็นการยึดด้วยข้อต่ออ่อน (Floating Joint) ดังแสดงในรูปที่ 21 เพื่อแก้ปัญหา ลิ้นเปิด – ปิด เยื้องศูนย์ในแนวตั้งและเกิดการติดขัด



รูปที่ 21 แสดงลักษณะการใช้งานและโครงสร้างภายในของข้อต่ออ่อน (Floating Joint)

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	51.5	kWh/เดือน
	618	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	155.6	บาท/เดือน
	1,867.2	บาท/ปี

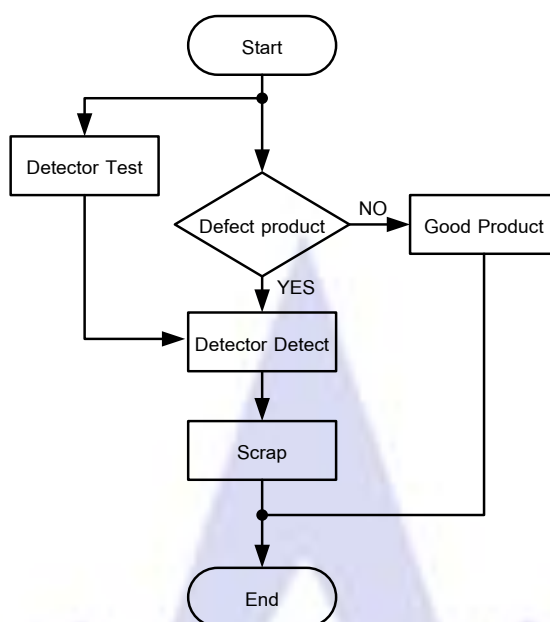
ตารางที่ 13 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการลดปัญหาลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) ชุดจ่ายเม็ดพลาสติกติดขัดด้วยการเปลี่ยนการยึดตัวลิ้นเปิด - ปิด กับกระบอกลูกสูบจากการยึดแบบตายตัวเป็นการยึดด้วยข้อต่ออ่อน (Floating Joint)

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
ของเสียก่อนการแก้ไข	L_1		750	Kg/เดือน
ของเสียหลังการแก้ไข	L_2		170	kg/เดือน
ของเสียที่ลดลงได้	L	$L_1 - L_2$	$750 - 170 = 580$	kg/เดือน
ดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิต	EI_T		0.0772	kWh/kg
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการลดของเสีย	E_{SAVE1}	$L \times EI_T$	$580 \times 0.0772 = 44.8$	kWh/เดือน
เวลาการหยุดเครื่องจักรก่อนการแก้ไข	T_1		14.3	ชั่วโมง/เดือน
เวลาการหยุดเครื่องจักรหลังการแก้ไข	T_2		2.8	ชั่วโมง/เดือน
เวลาการหยุดเครื่องจักรที่ลดลงได้	T	$T_1 - T_2$	$14.3 - 2.8 = 11.5$	ชั่วโมง/เดือน
กำลังไฟฟ้าของฮีตเตอร์	P		2.9	kW
อัตราเวลาการทำงานของฮีตเตอร์ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่หยุดเครื่องจักร	R		20	%
พลังงานที่ประหยัดได้จากการลดเวลาการหยุดเครื่องจักร	E_{SAVE2}	$\frac{P \times T \times R}{100}$	$\frac{2.9 \times 11.5 \times 20}{100} = 6.67$	kWh/เดือน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวม	E_{SAVE}	$E_{SAVE1} + E_{SAVE2}$	$44.8 + 6.67 = 51.5$	kWh/เดือน
			$51.5 \times 12 = 618$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 51.5 = 155.6$	บาท /เดือน
			$3.024 \times 618 = 1,867.2$	บาท/ปี

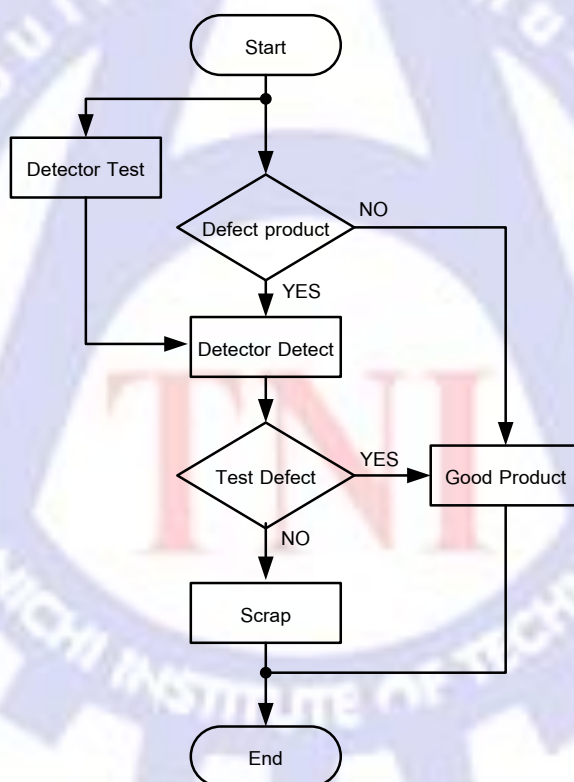
หมายเหตุ : ในช่วงที่เครื่องจักรทำงานปกติฮีตเตอร์จะมีอัตราเวลาการทำงานอยู่ที่ 40% แต่ในช่วงเวลาที่หยุดเครื่องจักรอัตราเวลาการทำงานของฮีตเตอร์จะเพิ่มขึ้นเป็น 60% ($R = 20\%$)

8. มาตรการยกเลิกเงื่อนไขการจัดของเสียจากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์
ตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต

- ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายันทพล ผลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร
- สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-1 ถึง E-17 (17 สายการผลิต)
- อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : โปรแกรมควบคุมการคัดแยกของเสีย
- ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง
- วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน
- สาเหตุการปรับปรุง : การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบ
คุณภาพได้แก่ เครื่องตรวจสอบรอยร้าวของฉนวน
(Spark Tester) เครื่องตรวจจับรอยฉนวนร้าวของ
ฉนวนสายไฟ (Lump & Neck Detector) และเครื่อง
ตรวจรอยต่อลวดทองแดง (Joint Detector) ของ
พนักงานทุกครั้งก่อนการทำงานในแต่ละกะเพื่อ
ยืนยันระบบการตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสียซึ่ง
การทดสอบดังกล่าวจะทำให้เครื่องจักรตัดสายไฟที่
กำลังผลิตทิ้งเป็นของเสียซึ่งในความเป็นจริงแล้วเป็น
ผลิตภัณฑ์ที่ดีเนื่องจากของเสียที่เกิดขึ้นเป็นการ
จำลองสถานการณ์เท่านั้น ทำให้เกิดของเสียโดยไม่
จำเป็น
- รายละเอียดการปรับปรุง : เปลี่ยนเงื่อนไขการจัดของเสียด้วยระบบอัตโนมัติ
โดยเพิ่มเงื่อนไขในโปรแกรมการควบคุมเป็น 2
เงื่อนไขคือหากเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจริงจะทำการ
กำจัดตามระบบปกติ แต่หากเป็นการทดสอบจะไม่
ทำการกำจัดเป็นของเสีย โดยแสดงเป็นไดอะแกรม
การทำงานได้ดังรูปที่ 22



ก. ก่อนการปรับปรุง



ข. หลังการปรับปรุง

รูปที่ 22 แสดงไดอะแกรมระบบการคัดแยกของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	139.7	kWh/เดือน
	1,676.4	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	422.5	บาท/เดือน
	5,070	บาท/ปี

ตารางที่ 14 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการยกเลิกเงื่อนไขการจัดของเสียจากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
ของเสียที่ลดลงได้	L		1,810	kg/เดือน
ดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิต	EI_T		0.0772	kWh/kg
พลังงานที่ประหยัดได้จากการลดของเสีย	E_{SAVE}	$L \times EI_T$	$1,810 \times 0.0772 = 139.7$	kWh/เดือน
			$139.7 \times 12 = 1,676.4$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 139.7 = 422.5$	บาท/เดือน
			$3.024 \times 1,676.4 = 5,070$	บาท/ปี

หมายเหตุ : หลังการแก้ไขปริมาณของเสียที่เคยเกิดขึ้นจากกรณีดังกล่าวจะลดลงเป็นศูนย์ดังนั้นข้อมูลปริมาณของเสียที่ลดลงได้จะเท่ากับปริมาณของเสียจากกรณีดังกล่าวที่เคยเกิดขึ้นก่อนการแก้ไข

9. มาตรการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction, WI) การต่อเทป (Tape) ของสายชีลด์ (Shield wire) เพื่อลดการสูญเสียจากการทำงานไม่ถูกขั้นตอนของพนักงาน

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : นายนันทพล ผลคำ ตำแหน่ง : วิศวกร
 สถานที่ปรับปรุง : สายการผลิต E-11
 อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : มาตรฐานการทำงาน (Work Instruction, WI)
 ชั่วโมงการใช้งาน/วัน : 24 ชั่วโมง
 วันทำงานต่อเดือน : 21 วัน

สาเหตุการปรับปรุง : เกิดของเสียจากการต่อเทปของสายชีลด์ เนื่องจากเป็นการทำงานที่ต้องใช้ทักษะและไม่มีกำหนดมาตรฐานการทำงานไว้อย่างชัดเจน

รายละเอียดการปรับปรุง : จัดทำมาตรฐานการทำงานเกี่ยวกับขั้นตอนการต่อเทปสายชีลด์ และทำการอบรมให้กับพนักงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดการทำงานที่เป็นมาตรฐานและถูกต้องตามขั้นตอนเพื่อลดของเสียจากการต่อเทปสายชีลด์

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	132.7	kWh/เดือน
	1,592.4	kWh/ปี
เงินที่ประหยัดได้	401.3	บาท/เดือน
	4,815.4	บาท/ปี

ตารางที่ 15 แสดงรายละเอียดการคำนวณมาตรการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction, WI) การต่อเทป (Tape) ของสายชีลด์ (Shield wire) เพื่อลดการสูญเสียจากการทำงานไม่ถูกขั้นตอนของพนักงาน

รายการ	สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย
ของเสียก่อนดำเนินการ	L		2,834.3	kg/เดือน
ของเสียหลังดำเนินการ	L_2		1,116	kg/เดือน
ของเสียที่ลดลง	L	$L_1 - L_2$	$2,834.3 - 1,116 = 1,718.3$	kg/เดือน
ดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิต	EI_T		0.0772	kWh/kg
พลังงานประหยัดได้	E_{SAVE}	$L \times EI_T$	$1,718.3 \times 0.0772 = 132.7$	kWh/เดือน
			$132.7 \times 12 = 1,592.4$	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	CE		3.024	บาท/หน่วย
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	M_{SAVE}	$CE \times E_{SAVE}$	$3.024 \times 132.7 = 401.3$	บาท/เดือน
			$3.024 \times 1,592.4 = 4,815.4$	บาท/ปี

การเปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงาน

1. ผลลัพธ์จากมาตรการประหยัดพลังงาน มาตรการประหยัดพลังงานทั้ง 9 มาตรการสามารถสรุปปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ทั้งหมดดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้จากมาตรการประหยัดพลังงาน

ลำดับ	มาตรการ	ปริมาณ (kWh/Month)
1	เปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump Motor) ให้สอดคล้องกับเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder)	813.9
2	ปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	1,658.7
3	ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สัมพันธ์กับเครื่องจักร	1,117.1
4	ตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) ของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต	6,513.0
5	ลดของเสียโดยการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิตที่เข้มงวดเกินข้อกำหนดของลูกค้า	159.1
6	ลดของเสียช่วงการเริ่มเดินเครื่องจักร (Start up Loss)	121.8
7	ลดปัญหาลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) ชุดจ่ายเม็ดพลาสติกติดขัดด้วยการเปลี่ยนการยึดตัวลิ้นเปิด - ปิด กับกระบอกลูกสูบจากการยึดแบบตายตัวเป็นการยึดด้วยข้อต่ออ่อน (Floating Joint)	51.5
8	ยกเลิกเงื่อนไขการจัดของเสียจากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต	139.7
9	จัดทำมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction, WI) การต่อเทป (Tape) ของสายชีลด์ (Shield wire) เพื่อลดการสูญเสียจากการทำงานไม่ถูกขั้นตอนของพนักงาน	132.7
รวม		10,707.5

จากตารางที่ 16 พบว่ามาตรการประหยัดพลังงานทั้ง 9 มาตรการทำให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ได้ถึง 10,707.5 kWh/เดือน หรือ 128,490 kWh/ปี ซึ่งหากคิดเป็นมูลค่าจะเท่ากับ 32,379.5 บาท/เดือน หรือ 388,554 บาท/ปี (ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.024 บาท/kWh) ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้ต้นทุนการผลิตลดลง

2. เปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงาน

2.1 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดต่อปริมาณการผลิตทั้งหมด (Finished goods and Loss)

ก่อนการดำเนินการ

$$EI_{T1} = \frac{140,580.4 \text{ kWh}}{(1,746,033 + 75,284) \text{ kg}} = 0.0772 \text{ kWh / kg}$$

หลังการดำเนินการ

$$EI_{T2} = \frac{(140,580.4 - 10,707.5) \text{ kWh}}{(1,746,033 + 75,284) \text{ kg}} = 0.0713 \text{ kWh / kg}$$

2.2 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดต่อผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished goods)

ก่อนการดำเนินการ

$$EI_{T1} = \frac{140,580.4 \text{ kWh}}{1,746,033 \text{ kg}} = 0.0805 \text{ kWh / kg}$$

หลังการดำเนินการ

$$EI_{F2} = \frac{(140,580.4 - 10,707.5) \text{ kWh}}{1,746,033 \text{ kg}} = 0.0744 \text{ kWh / kg}$$

จากการเปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงานพบว่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดต่อปริมาณการผลิตทั้งหมดลดลงจาก 0.0772 kWh/kg เหลือ 0.0713 kWh/kg หรือลดลง 7.64% และดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดต่อผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปลดลงจาก 0.0805 kWh/kg เหลือ 0.0744 kWh/kg หรือลดลง 7.58% ซึ่งการลดลงของดัชนีการใช้พลังงานแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตที่ดีขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟรถยนต์ โดยใช้เทคนิคด้านการจัดการในการสำรวจการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิตซึ่งพบว่าการสูญเสียพลังงานจาก 5 ประการคือ

1. การสูญเสียจากการทำงานที่สูญเสียเปล่าของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น
2. การสูญเสียพลังงานของฮีตเตอร์จากการหยุดเครื่องจักรจากเหตุขัดข้อง
3. การสูญเสียจากเครื่องปรับอากาศ (Air Cooling)
4. การสูญเสียพลังงานจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสายการผลิตในสภาวะ

ที่ไม่มีการผลิต

5. การสูญเสียพลังงานทางอ้อมซึ่งประกอบด้วย
 - 5.1 การสูญเสียจากการผลิตของเสีย
 - 5.2 การสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรจากเหตุขัดข้อง

การสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิตทั้ง 5 ประการได้ผ่านกระบวนการพิสูจน์สาเหตุเพื่อนำมาซึ่งการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สามารถกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานได้ทั้งหมด 9 มาตรการคือ

1. เปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump Motor) ให้สอดคล้องกับเครื่องฉีดพลาสติก (Extruder)
2. ปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
3. ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สัมพันธ์กับเครื่องจักร
4. ตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) ของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต
5. ลดของเสียโดยการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟของมาตรฐานการผลิตที่เข้มงวดเกินข้อกำหนดของลูกค้า
6. ลดของเสียช่วงการเริ่มเดินเครื่องเครื่องจักร (Start up Loss)
7. ลดปัญหาลิ้นเปิด - ปิด (Shutter) ชุดจ่ายเม็ดพลาสติกติดขัดด้วยการเปลี่ยนการยึดตัวลิ้นเปิด - ปิด กับกระบอกลูกสูบจากการยึดแบบตายตัวเป็นการยึดด้วยข้อต่ออ่อน (Floating Joint)
8. ยกเลิกเงื่อนไขการจัดของเสียจากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต

9. จัดทำมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction, WI) การต่อเทป (Tape) ของสายชีลด์ (Shield wire) เพื่อลดการสูญเสียจากการทำงานไม่ถูกขั้นตอนของพนักงาน

มาตรการทั้ง 9 มาตรการสามารถแบ่งเป็นมาตรการด้านการลดความสูญเสียในการใช้พลังงาน 4 มาตรการ (มาตรการ 1 ถึง 4) และมาตรการด้านการเพิ่มผลผลิตซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานทางอ้อม 5 มาตรการ (มาตรการที่ 5 ถึง 9) ซึ่งมาตรการทั้งหมดหากนำไปดำเนินการจริงในกระบวนการจะทำให้ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดต่อปริมาณการผลิตทั้งหมด ลดลงจาก 0.0772 kWh/kg เหลือ 0.0713 kWh/kg หรือลดลง 7.64% และดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดต่อผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปลดลงจาก 0.0805 kWh/kg เหลือ 0.0744 kWh/kg หรือลดลง 7.58% ซึ่งการลดลงของดัชนีการใช้พลังงานแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตที่ดีขึ้น

นอกจากประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในการผลิตที่ดีขึ้นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ได้รับจากการประหยัดพลังงานคือต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตที่ลดลงซึ่งจากการศึกษาพบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 10,707.5 kWh/เดือน หรือ 128,490 kWh/ปี ซึ่งคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 32,379.5 บาท/เดือน หรือ 388,554 บาท/ปี ซึ่งได้แสดงข้อมูลสรุปผลการประหยัดพลังงานของแต่ละมาตรการไว้ในตารางที่ 17 และนอกจากจะสามารถลดต้นทุนด้านพลังงานได้แล้วมาตรการด้านการเพิ่มผลผลิตด้วยการลดของเสียในกระบวนการส่งผลให้ต้นทุนการผลิตโดยรวมลดลง ทำให้องค์กรมีความสามารถในการทำกำไรที่สูงขึ้นซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดในการประกอบธุรกิจขององค์กร



ตารางที่ 17 แสดงข้อมูลสรุปผลการประหยัดพลังงาน

มาตรการ	พลังงานที่ประหยัดได้		มูลค่า	
	kWh/เดือน	kWh/ปี	บาท/เดือน	บาท/ปี
1	813.9	9,766.8	2,461.2	29,534.8
2	1,658.7	19,904.4	5,015.9	60,190.9
3	1,117.1	13,405.2	3,378.1	40,537.3
4	6,513.0	78,156.0	19,695.3	236,343.7
5	159.1	1,909.2	481.1	5,773.4
6	121.8	1,461.6	368.3	4,419.9
7	51.5	618.0	155.7	1,868.8
8	139.7	1,676.4	422.5	5,069.4
9	132.7	1,592.4	401.3	4,815.4
รวม	10,707.5	128,490.0	32,379.5	388,553.8

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการหุ้มฉนวนสายไฟในครั้งนี้ได้นำเสนอมาตรการประหยัดพลังงานไว้ทั้งหมด 9 มาตรการ โดยแต่ละมาตรการจะมีความยากง่ายในการดำเนินการที่ต่างกันดังนั้นจึงควรเริ่มดำเนินการในมาตรการที่สามารถทำได้ง่ายก่อน เช่น ปิดช่องทางผ่านสายไฟของตู้ควบคุมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ การตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) ของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต ส่วนมาตรการที่ต้องอาศัยระยะเวลาในการดำเนินงานรวมถึงบางมาตรการที่ต้องใช้งบประมาณในการลงทุน เช่น การเปลี่ยนรูปแบบการยึดลิ้นเปิด – ปิด เครื่องจ่ายเม็ดพลาสติก (Shutter) จากการยึดแบบตายตัวเป็นการยึดด้วยข้อต่ออ่อน (Floating Joint) ต้องมีการวางแผนการดำเนินการเพื่อกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละมาตรการให้ชัดเจน

มาตรการบางข้อต้องอาศัยคนเป็นปัจจัยหลักในการดำเนินการ เช่น การตัดกระแสไฟฟ้า (Off Power) ของสายการผลิตเมื่อไม่มีการผลิต การต่อเทป (Tape) ของสายชีลด์ (Shield wire) ตามมาตรฐานการทำงานที่กำหนด ดังนั้นผลสำเร็จของการดำเนินการจะขึ้นอยู่กับความร่วมมือของผู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งต้องสร้างจิตสำนึกในการทำงานที่ดีให้เกิดกับพนักงานหน้างานโดยเฉพาะระดับหัวหน้าสายการผลิตต้องมีความเข้าใจในวัตถุประสงค์ของมาตรการดังกล่าวเป็นอย่างดีเพื่อทำให้เกิดความร่วมมือที่ดีในการดำเนินการ

มาตรการขยายขอบเขตการควบคุมขนาดสายไฟเป็นมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนมาตรฐานการผลิต (Manufacturing Specification) ซึ่งต้องทำการแก้ไขรายละเอียดในเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานที่ควบคุมในระบบประกันคุณภาพ (ISO/TS16949) ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากตัวแทนลูกค้าก่อนจึงจะสามารถดำเนินการได้



บรรณานุกรม

- ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และ มานิจ ทองประเสริฐ. (2549). การลดการบริโภคพลังงานในอุตสาหกรรม. **วิศวกรรมสาร 1.** (มกราคม – กุมภาพันธ์) : 69-80.
- สุทามาต มนตรีบริรักษ์ และ กาญจนา เศรษฐนันท์. (2548). การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการจัดลำดับการผลิตที่มีประสิทธิภาพ. ใน **การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม**, 81. กรุงเทพฯ.
- สุวิทย์ บุญยวานิชกุล. (2546). การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยเทคนิคการจัดการ. สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และคณะ. (2546). โครงการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมภาคตะวันออก กลุ่มที่ 2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และ สมชายพัวจินดาเนตร. (2550). การประหยัดพลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

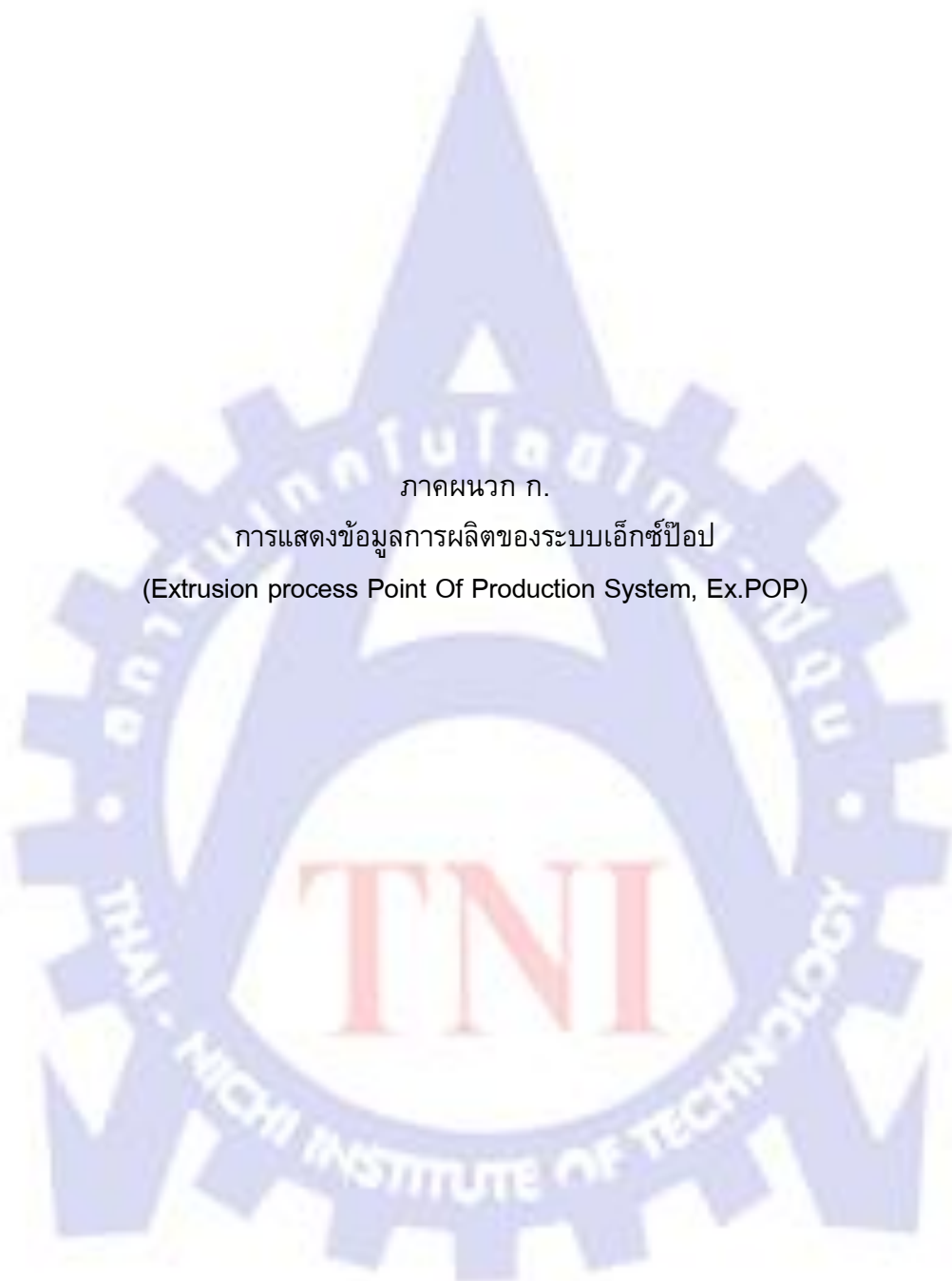


ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

การแสดงผลการผลิตของระบบเอ็กซ์โปป
(Extrusion process Point Of Production System, Ex.POP)



การแสดงผลการผลิตของระบบเอ็กซ์โปป (Extrusion process Point Of Production System, Ex.POP)

