คู่มือการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการนำวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

พิมพ์ครั้งที่ 1

บรรณาธิการ กลุ่มการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน
สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

ออกแบบ - จัดรูปเล่ม กลุ่มการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน
สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

จัดพิมพ์โดย กลุ่มการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน
สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ : 0 2202 4141
โทรสาร : 0 2202 4170

สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 มกราคม 2552 (500 เล่ม)

ISBN : 978-974-614-076-8

คำนำ

อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เป็นธุรกิจอุตสาหกรรมสำคัญที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศ โดยมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมาเป็นลำดับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา สำหรับปี พ.ศ. 2550 มีมูลค่าการส่งออก 132,516 ล้านบาท อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่รองรับการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมเหล็ก อลูมิเนียม ทองแดง ยาง กระจก และพลาสติก เป็นต้น

กรมโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นหน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่กำกับดูแลและส่งเสริมภาคอุตสาหกรรมให้มีความสามารถในการผลิตและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพร่วมกับเครือซิเมนต์ไทย ได้นำหลักการวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ให้กับอุตสาหกรรมเพื่อเป็นแนวทางสำหรับนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยจัดทำคู่มือการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการนำวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ นำมาวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรในการผลิต คัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายในการปรับปรุง แล้วจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดต้นทุนการผลิต

โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องทั่วไป สามารถนำคู่มือการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการนำวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ใช้เป็นต้นแบบในการเพิ่มศักยภาพให้แก่โรงงานอุตสาหกรรม เพื่อลดการใช้ทรัพยากรและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสถานประกอบการและประเทศได้ต่อไป

สารบัญ

สารบัญ

หน้า

คำนำ
บทที่ 1 อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 1-1
1.1 การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 1-1
1.2 ประเภทของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 1-6
1.3 การตลาด 1-7
1.4 นโยบายและมาตรการภาครัฐ 1-10
บทที่ 2 การนำวิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม 2-1
2.1 ที่มาของวิศวกรรมคุณค่า 2-1
2.2 แนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า 2-2
2.3 การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 2-3
2.3.1 การรวบรวมข้อมูลที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 2-3
2.3.2 การกำหนดคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานของสิ่งที่ต้องปรับปรุง 2-4
2.3.2.1 วิธีกำหนดคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งาน 2-5
2.3.2.2 การจัดทำหัวข้อปรับปรุงตามหน้าที่ของการใช้งานให้เป็นระบบ 2-6
2.3.3 การวิเคราะห์ต้นทุน 2-7
2.3.4 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมาย 2-9
2.3.5 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต 2-9
2.3.6 การนำเสนอ 2-10
2.3.7 การติดตามผล 2-10
2.4 การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า 2-10
2.4.1 ผังกระบวนการผลิต 2-11
2.4.2 ตารางสำรวจการเดินเครื่อง 2-12
2.4.3 เมนูเนื้อปลา 2-15
2.4.4 บันทึกของเสียเฉพาะบุคคล 2-16
2.4.5 การปรับปรุงระบบการบันทึก 2-23
บทที่ 3 กรณีศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 3-1
3.1 อุตสาหกรรมพ่นสีรถยนต์ 3-1
3.1.1 กระบวนการผลิต 3-1

หน้า

3.1.1.1 กระบวนการพ่นสีชิ้นงานผิวอลูมิเนียม 3-1
3.1.1.2 กระบวนการชุบสีด้วยไฟฟ้า 3-4
3.1.2 การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร 3-6
3.1.2.1 การใช้วัตถุดิบ 3-6
3.1.2.2 การใช้น้ำ 3-7
3.1.2.3 การใช้พลังงาน 3-8
3.1.3 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-11
3.1.3.1 ส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-11
3.1.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 3-12
3.1.4 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต 3-13
3.1.4.1 ลดการสูญเสียวัตถุดิบ 3-13
3.1.4.2 ลดการใช้น้ำ 3-19
3.1.4.3 ลดการใช้พลังงาน 3-19
3.2 อุตสาหกรรมผลิตยางขอบประตูรถยนต์ 3-33
3.2.1 กระบวนการผลิต 3-33
3.2.1.1 กระบวนการผลิตยางขอบประตูรถยนต์ 3-33
3.2.2 การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร 3-35
3.2.2.1 การใช้วัตถุดิบ 3-35
3.2.2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้า 3-36
3.2.3 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-38
3.2.3.1 ส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-38
3.2.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 3-39
3.2.4 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต 3-40
3.2.4.1 ลดการสูญเสียวัตถุดิบ 3-40
3.2.4.2 ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 3-40
3.3 อุตสาหกรรมปั๊มขึ้นรูปโลหะชิ้นส่วนยานยนต์ 3-50
3.3.1 กระบวนการผลิต 3-50
3.3.1.1 กระบวนการผลิตแหนบรถยนต์ 3-50
3.3.1.2 กระบวนการผลิตจานไถ 3-53
3.3.2 การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร 3-55

หน้า

3.3.2.1 การใช้พลังงาน 3-55
3.3.3 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-59
3.3.3.1 ส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-59
3.3.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 3-60
3.3.4 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต 3-61
3.3.4.1 ลดการใช้พลังงาน 3-61
3.4 อุตสาหกรรมแปรรูปกระจกรถยนต์ 3-71
3.4.1 กระบวนการผลิต 3-71
3.4.1.1 กระบวนการผลิตกระจกนิรภัย 3-71
3.4.2 การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร 3-73
3.4.2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้า 3-73
3.4.3 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-75
3.4.3.1 ส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-75
3.4.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 3-75
3.4.4 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต 3-76
3.4.4.1 ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 3-76
ภาคผนวก ก รายการคำนวณ ค่าความร้อนจำเพาะและค่าคงที่ต่าง ๆ ก-1
1. ไฟฟ้า ก-1
1.1 พลังงานไฟฟ้า ก-1
1.2 พลังไฟฟ้าของเครื่องจักร ก-1
1.3 พลังไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ก-2
1.4 พลังไฟฟ้าในระบบอากาศอัด ก-5
2. เชื้อเพลิง ก-11
2.1 หลักการแลกเปลี่ยนความร้อน ก-11
ภาคผนวก ข การจัดการ การใช้ไฟฟ้า ข-1
1. การกำหนดประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ข-1
2. ส่วนประกอบของอัตราค่าไฟฟ้า ข-2
2.1 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ข-2
2.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ข-2
2.3 ค่าบริการ (Service Charge) ข-3

หน้า

2.4 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor Charge) ข-3
2.5 ค่าไฟฟ้าต่ำสุด (Minimum Charge) ข-3
2.6 ค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft) ข-3
2.7 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) ข-3
3. รูปแบบอัตราค่าไฟฟ้า ข-3
3.1 อัตราค่าไฟฟ้า 1 ส่วน (One – Part Tarif) ข-3
3.2 อัตราค่าไฟฟ้า 2 ส่วน (Two – Part Tarif) ข-4
3.3 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD Rate) ข-4
3.4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Rate) ข-5
4. อัตราค่าไฟฟ้า ข-6
4.1 อัตราค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติ ข-7
4.2 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD) ข-7
4.3 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) ข-8

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงกระบวนการผลิตรถยนต์	1-3
1.2	กราฟแสดงจำนวนการผลิตรถยนต์ภายในประเทศ ปี พ.ศ. 2536-2551	1-6
1.3	กราฟแสดงสัดส่วนของผู้ประกอบการ (ลำดับที่ 077)	1-7
1.4	กราฟแสดงยอดการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ของไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2550	1-9
2.1	แสดงคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งาน	2-5
2.2	แสดงคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานที่แทนด้วยคำในเชิงปริมาณ	2-6
2.3	การจัดลำดับความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์การใช้งานของชิ้นส่วนวาล์วระบายน้ำมัน	2-7
2.4	ผังเครือญาติ (Family Tree) ของวาล์วระบายน้ำมัน (Relief Valve)	2-8
2.5	แสดงตัวอย่างผังกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปกระจกรถยนต์	2-11
2.6	แสดงวิธีการจัดทำตารางบันทึกข้อมูลของเสียเฉพาะบุคคล	2-17
3.1	กระบวนการพ่นสีชิ้นงานผิวอลูมิเนียม	3-3
3.2	กระบวนการชุบสีด้วยไฟฟ้า	3-5
3.3	แสดงตำแหน่งการเกิดเม็ดฝุ่นในชิ้นส่วน	3-16
3.4	กราฟแสดงการเปรียบเทียบร้อยละชิ้นงานเสียจากเม็ดฝุ่น	3-17
3.5	แสดงสภาพก่อนการปรับปรุงระบบแสงสว่าง	3-24
3.6	แสดงสภาพหลังการปรับปรุงระบบแสงสว่าง	3-24
3.7	แสดงแผนผังหลอดไฟฟ้าในหน่วยงาน Hood Cap	3-25
3.8	แสดงแผนผังหลอดไฟฟ้าในหน่วยงาน ท่อไอเสีย	3-25
3.9	แสดงการนำน้ำร้อน/ไอร้อนกลับมาใช้อุ่นก๊าซปิโตรเลียมเหลว	3-29
3.10	กราฟแสดงปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือวันที่ 25 เมษายน 2551 เวลาชั่ง 18.40 น.	3-30
3.11	กราฟแสดงปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือวันที่ 26 เมษายน 2551 เวลาชั่ง 10.20 น.	3-30
3.12	กราฟแสดงปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือวันที่ 26 เมษายน 2551 เวลาชั่ง 19.30 น.	3-31
3.13	กระบวนการผลิตยางขอบประตูรถยนต์	3-34
3.14	แสดงชุดหัวรีดออกยางก่อนการปรับปรุง (ซ้าย) และหลังการปรับปรุง (ขวา)	3-41
3.15	แสดงเครื่องต่อมุมแบบที่ 1 (ซ้าย) และเครื่องต่อมุมแบบที่ 2 (ขวา) ก่อนการปรับปรุง	3-43
3.16	แสดงเครื่องต่อมุมแบบที่ 1 (ซ้าย) และเครื่องต่อมุมแบบที่ 2 (ขวา) หลังการปรับปรุง	3-44
3.17	แสดงสภาพการทำงานของเครื่องต่อมุมก่อนการปรับปรุง	3-45
3.18	แสดงสภาพการทำงานของเครื่องต่อมุมหลังการปรับปรุง	3-46

รูปที่ หน้า

3.19 แสดงเครื่องทำน้ำเย็น 50 ตันความเย็นก่อนการปรับปรุง 3-48
3.20 แสดงเครื่องทำน้ำเย็น 20 ตันความเย็นหลังการปรับปรุง 3-48
3.21 กระบวนการผลิตแหนบรถยนต์ 3-52
3.22 กระบวนการผลิตจานไถ 3-54
3.23 แสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตการตัดมุม 10 องศา และตัดปลาย 3-62
3.24 แสดงขั้นตอนการผลิตการตัดมุม 10 องศา และเผาปลาย ที่ได้ทำการลดกระบวนการ 3-62
3.25 แสดง Blower ที่ใช้ในการดูดความร้อนออกจากเตาเผา 3-65
3.26 แสดงเตาอบอุปกรณ์เกษตรที่แสดงให้เห็นถึงเสาระบายอากาศร้อน 3-65
3.27 แสดงแผ่นเหล็กที่ใช้สำหรับกันความร้อนไม่ให้สัมผัสหัว Burner 3-65
3.28 แสดงลักษณะการใช้งานแผ่นเหล็กกันความร้อนของเตาเผา 3-65
3.29 แสดงตัวอย่างตำแหนงหัวเผาของเตาที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรดซี 3-68
3.30 กราฟแสดงตัวอย่างช่วงเวลาในการอุ่นเตาที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ 3-68
3.31 แสดงตัวอย่างหัวเผาที่ได้เปลี่ยนเวลาในการติดเตา 3-68
3.32 กราฟแสดงตัวอย่างช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงในการอุ่นเตาและความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ 3-68
3.33 กระบวนการผลิตกระจกนิรภัย 3-72
3.34 แสดงการตรวจสอบจุดที่มีการรั่วของระบบอากาศอัด 3-77

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงจำนวนการผลิตรถยนต์ภายในประเทศ 1-4
1.2 การส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ 1-9
2.1 แสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด วันอาทิตย์ที่ 20 เมษายน 2551 2-12
2.2 ตารางสำรวจการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดเปรียบเทียบกับการทำงานของเครื่องอัดอากาศ 2-13
2.3 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ปัญหาของเสียด้วยเมนูเนื้อปลาในอุตสาหกรรมพ่นสีรถยนต์ 2-16
2.4 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนกุมภาพันธ์ 2551 2-18
2.5 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนมีนาคม 2551 2-18
2.6 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนเมษายน 2551 2-19
2.7 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนพฤษภาคม 2551 2-19
2.8 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล (รายงานสรุปก่อนการปรับปรุง) 2-20
2.9 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนกรกฎาคม 2551 2-21
2.10 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนสิงหาคม 2551 2-21
2.11 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล (รายงานสรุปหลังการปรับปรุง) 2-22
2.12 ค่าเฉลี่ยชิ้นงานที่เสียต่อเดือนก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง 2-22
2.13 แบบฟอร์มสำหรับบันทึกอุณหภูมิห้องเตาอบก่อนการปรับปรุง 2-23
2.14 แบบฟอร์มสำหรับบันทึกอุณหภูมิห้องเตาอบหลังการปรับปรุง 2-24
2.15 ตัวอย่างรายงานประวัติการซ่อมเครื่องจักรของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ก่อนการปรับปรุง 2-25
2.16 ตัวอย่างรายงานประวัติการซ่อมเครื่องจักรของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์หลังการปรับปรุง 2-26
3.1 แสดงการวิเคราะห์การใช้วัตถุดิบ 3-6
3.2 แสดงการวิเคราะห์การใช้น้ำ 3-7
3.3 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า 3-8
3.4 แสดงการวิเคราะห์การใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว 3-10
3.5 แสดงการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-11
3.6 แสดงการประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 3-12
3.7 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาของเสียในแผนกล้างเคลือบผิว-พ่นสีอลูมิเนียมด้วยเมนูเนื้อปลา 3-14

ตารางที่ หน้า

3.8 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาเม็ดฝุ่นในกระบวนการล้างเคลือบผิว-พ่นสีอลูมิเนียม 3-15
3.9 แสดงการเก็บข้อมูลของเสีย 3-16
3.10 แสดงการแก้ไขปัญหาของเสียจากเม็ดฝุ่น 3-17
3.11 แสดงการวิเคราะห์การทำงานสายการผลิตชุบสีด้วยไฟฟ้า 3-27
3.12 แสดงการปิดระบบน้ำล้างชิ้นงานในกระบวนการชุบสีด้วยไฟฟ้า 3-21
3.13 แสดงการปรับปรุงระบบแสงสว่าง 3-26
3.14 แสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุนปรับปรุงระบบแสงสว่าง 3-27
3.15 ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร 3-32
3.16 แสดงการวิเคราะห์การใช้วัตถุดิบ 3-35
3.17 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า 3-36
3.18 แสดงการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-38
3.19 แสดงการประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 3-39
3.20 แสดงการจับเวลาก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องต่อมุม 3-46
3.21 ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร 3-49
3.22 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า 3-55
3.23 แสดงการวิเคราะห์การใช้น้ำมันเตาเกรดซี 3-58
3.24 แสดงการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-59
3.25 แสดงการประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 3-60
3.26 ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร 3-70
3.27 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า 3-73
3.28 แสดงการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง 3-75
3.29 แสดงการประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 3-75
3.30 แสดงอัตราการรั่วตรงของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที) ผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่าง ๆ 3-78
3.31 แสดงอัตราการรั่วซึมของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที) ผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่าง ๆ 3-79
3.32 แสดงการประเมินความสูญเสียการรั่ว 3-80
3.33 ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร 3-81

ภาคผนวก ก

ก 1 แสดงคุณสมบัติด้านคุณภาพแสงของหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไป ก-2
ก 2 แสดงคุณสมบัติด้านค่าใช้จ่ายของหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไป ก-4
ก 3 แสดงพลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัด ก-6

ตารางที่ หน้า

ก 4 แสดงอัตราการรั่วตรงของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที) ผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่าง ๆ ก-9
ก 5 แสดงอัตราการรั่วซึมของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที) ผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่าง ๆ ก-10
ก 6 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ก-11
ก 7 ค่าความร้อนจำเพาะของสารต่าง ๆ ก-12
ก 8 ตารางแปลงหน่วยความดัน ก-13
ก 9 ตารางแปลงหน่วยปริมาตร ก-14
ก 10 ตารางแปลงหน่วยอัตราการไหล (ก๊าซ) ก-14
ก 11 ตารางแปลงหน่วยอัตราการไหล (ของเหลว) ก-14
ก 12 ตารางแปลงหน่วยพลังงาน/งาน ก-15
ก 13 ตารางแปลงหน่วยแรง ก-15
ก 14 ตารางแปลงหน่วยกำลัง ก-15

ภาคผนวก ข

ข 1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและอัตราค่าไฟฟ้า สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องเสียค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) สูงสุด ข-6
ข 2 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 ..... ข-7
ข 3 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 ..... ข-7
ข 4 การแบ่งช่วงเวลาสำหรับการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD ข-7
ข 5 อัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD ข-8
ข 6 การแบ่งช่วงเวลาสำหรับการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU ข-8
ข 7 อัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU ข-8

บทที่ 1
อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

บทที่ 1
อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จัดเป็นหนึ่งอุตสาหกรรมเป้าหมายที่รัฐบาลให้การสนับสนุน เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทในการสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งไทยเป็นฐานการผลิตขนาดใหญ่ที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก และมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศทั้งในส่วนที่ก่อให้เกิดการจ้างงานเป็นจำนวนมาก และก่อให้เกิดการเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องต่าง ๆ พร้อมทั้งเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนนับแสนล้านบาท

ในทศวรรษที่ผ่านมา การเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง บวกกับการย้ายฐานการผลิตของผู้ผลิตชิ้นส่วนของค่ายรถยนต์รายใหญ่จากประเทศญี่ปุ่น ส่งผลให้อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อป้อนให้โรงงานประกอบรถยนต์โดยตรง และการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อป้อนสู่ตลาดรถทั่วไปทั้งในประเทศและต่างประเทศ เป็นการสร้างงานและเพิ่มรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามสถานการณ์ของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทยได้เปลี่ยนไปเนื่องจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศต้องเผชิญกับภาวะการแข่งขันที่รุนแรงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากประเทศคู่แข่งที่มีความได้เปรียบด้านต้นทุนที่อยู่ในระดับต่ำกว่าเข้ามาชิงส่วนแบ่งการตลาด ทำให้ผู้ผลิตในประเทศต้องมีการปรับตัว โดยเน้นการเสริมสร้างศักยภาพการออกแบบและพัฒนา พร้อมทั้งยกระดับคุณภาพการผลิต ตลอดจนลดการสูญเสียจากการผลิตด้วยการยกระดับเทคโนโลยีการผลิต การจัดการผลิต และพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถสนองความต้องการของภาคอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศให้สามารถเติบโตต่อไป

1.1 การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

นโยบายของผู้ประกอบการผลิตยานยนต์ซึ่งเป็นบริษัทข้ามชาติ เกี่ยวกับการจัดหาวัตถุดิบและชิ้นส่วนจะใช้ระบบการสร้างเครือข่ายการผลิตเฉพาะของตนขึ้น ในลักษณะของการสร้างความสัมพันธ์หรือพันธมิตรกับผู้ผลิตวัตถุดิบหรือชิ้นส่วน เพื่อป้อนให้กับสายการผลิตของตนโดยเฉพาะหรือเรียกว่า “Keiretsu” ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ผู้ผลิตย้ายฐานการผลิตของตนไปยังประเทศใดก็มักจะชักจูงเครือข่ายพันธมิตรผู้ผลิตชิ้นส่วนของบริษัทไปลงทุน ณ ประเทศนั้น ๆ ด้วย นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนากระบวนการผลิตโดยนำวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) มาเป็นส่วนประกอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ลดต้นทุนร่วมกันทั้งองค์กร

สำหรับมาตรฐานของผู้ประกอบการชิ้นส่วนยานยนต์ของไทย แม้ว่าจะมีการพัฒนาการผลิตมาอย่างต่อเนื่อง แต่ปัจจุบันความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตที่ถือหุ้นโดยคนไทยกับบริษัทร่วมทุน

กับต่างชาติต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเทคโนโลยีการผลิตมีบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในไทยจำนวนมากโดยเฉพาะบริษัทในกลุ่มผู้ผลิตที่ 2 ประเภทการทำชิ้นส่วนพิเศษ หรืออุปกรณ์สำหรับรถยนต์หรือรถพ่วง และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ยังไม่ได้รับรองการผลิตมาตรฐานตามระบบสากลต่าง ๆ ได้แก่ QS 9000 ISO 9000 ISO 14000 ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยหลายรายต้องสูญเสียส่วนแบ่งทางการผลิตให้แก่ผู้ผลิตรายอื่น เนื่องจากไม่สามารถตอบสนองเงื่อนไขและความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้นและเข้มงวดมากขึ้น ดังนั้น เพื่อเป็นการช่วยเหลือผู้ประกอบการคนไทย ทางภาครัฐจึงให้การสนับสนุนเทคนิคด้านการจัดการวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) เพื่อช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต พร้อมทั้งการจัดการมาตรฐานการผลิตให้เป็นไปตามระบบมาตรฐานสากลต่อไป

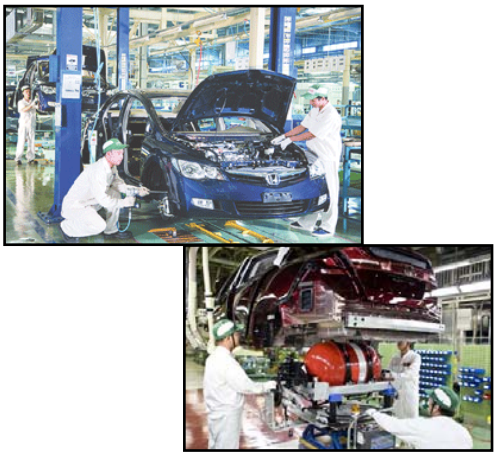
กระบวนการผลิตรถยนต์ มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1) การปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์ (Stamping)

2) การประกอบชิ้นส่วนเครื่องยนต์ (Engine)

3) การพ่นสี (Paint)

4) การประกอบขั้นตอนสุดท้าย (Trim & Final)



5) การตรวจสอบและประเมินคุณภาพโดยรวม (Audit and Test Drive)

<u>รูปที่ 1.1</u> แสดงกระบวนการผลิตรถยนต์

ตารางที่ 1.1 แสดงจำนวนการผลิตรถยนต์ภายในประเทศ

จำนวนการผลิตรถยนต์ภายในประเทศ

(ปี พ.ศ. 2536-2551)

ปี พ.ศ.	ยอดรวมทั้งหมด	รถนั่งส่วนบุคคล							รถขับเคลื่อนสี่ล้อ	รถตู้ + รถโดยสาร	รถโดยสาร		รถบรรทุกขนาดต่างๆ						
		<1200 ซีซี.	1201-1500 ซีซี.	1501-1800 ซีซี.	1801-2000 ซีซี.	2001-2400 ซีซี.	2401-3000 ซีซี.	>3001 ซีซี.			<10 ตัน	>10 ตัน	รถกระบะ <1 ตัน	รถกระบะ 1 ตัน	รถยนต์นั่งที่มีกระบะ	รถยนต์นั่งกึ่งบรรทุก	รถกระบะ <5 ตัน	รถกระบะ 5-10 ตัน	รถกระบะ >10 ตัน
2536	**419,831**	-	65,698	52,358	15,269	11,124	-	-	-	1,740	418	428	15,151	230,752	-	-	1,630	12,086	13,177
2537	**434,001**	-	56,435	30,019	5,335	18,041	-	-	-	1,738	255	891	20,229	267,055	-	-	1,772	12,087	20,144
2538	**523,956**	-	52,285	49,936	5,930	17,765	-	-	-	1,625	56	1,670	18,955	327,437	-	-	1,612	15,822	30,863
2539	**553,969**	-	55,217	54,640	10,995	15,875	-	-	-	1,095	-	609	17,993	350,857	-	-	3,775	14,137	28,776
2540	**358,582**	-	62,251	32,765	8,803	8,118	-	-	-	360	-	554	4,907	218,336	-	-	1,095	9,739	11,654
2541	**143,250**	-	8,533	6,865	2,154	1,526	-	-	-	60	-	577	1,977	119,986	-	-	324	500	748
2542	**321,411**	-	25,217	28,636	4,800	11,264	2,775	24	-	-	-	81	3,854	240,369	-	-	1,268	1,881	1,242
2543	**405,761**	-	28,811	44,700	6,651	14,753	2,214	-	-	-	-		4,601	294,834	-	-	3,278	4,165	1,754
2544	**454,797**	-	31,713	72,788	23,376	25,887	2,302	-	-	-	8	263	2,398	289,349	-	-	1,859	2,020	2,834
2545	**564,392**	-	36,407	77,203	25,661	27,700	2,348	2	-	-	-	388	2,375	229,000	145,407	7,890	3,388	2,054	4,569

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

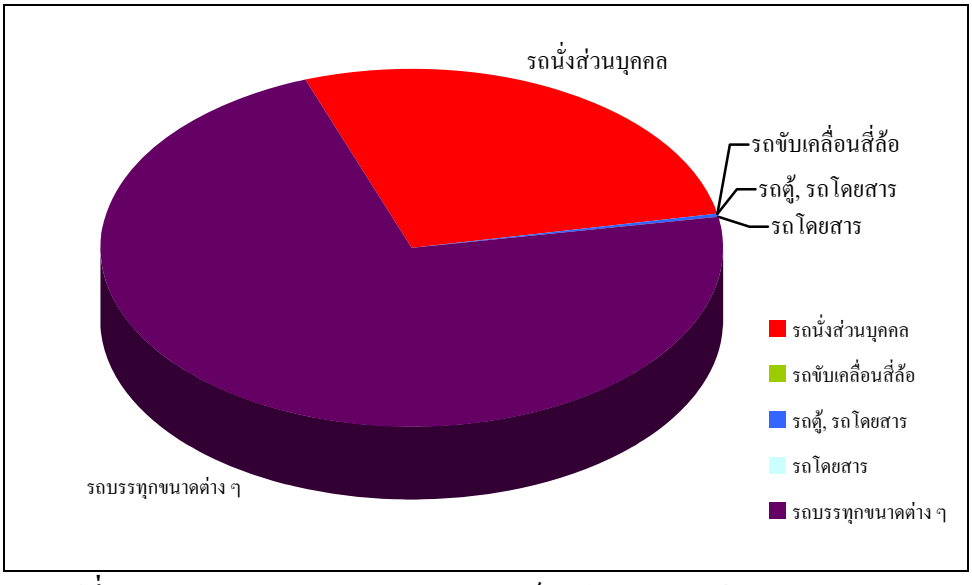
ปี พ.ศ.	ยอดรวมทั้งหมด	รถนั่งส่วนบุคคล							รถขับเคลื่อนสี่ล้อ	รถตู้ + รถโดยสาร	รถโดยสาร		รถบรรทุกขนาดต่างๆ						
		<1200 ซีซี.	1201-1500 ซีซี.	1501-1800 ซีซี.	1801-2000 ซีซี.	2001-2400 ซีซี.	2401-3000 ซีซี.	>3001 ซีซี.			<10 ตัน	>10 ตัน	รถกระบะ <1 ตัน	รถกระบะ 1 ตัน	รถยนต์นั่งที่มีกระบะ	รถยนต์นั่งกึ่งบรรทุก	รถกระบะ <5 ตัน	รถกระบะ 5-10 ตัน	รถกระบะ >10 ตัน
2546	**750,512**	-	127,505	77,082	11,711	28,214	7,090	82	8,965	165	-	90	-	304,839	160,221	5,803	4,580	3,669	10,496
2547	**960,371**	-	154,308	86,005	22,745	30,426	5,916	39	4,910	-	-	213	2,397	399,006	220,127	11,071	7,029	3,965	12,214
2548	**1,125,316**	-	135,013	93,248	18,738	25,531	5,037	36	-	-	-	412	1,160	443,680	317,185	62,002	7,910	4,926	10,438
2549	**1,193,885**	-	157,600	89,428	22,799	25,030	3,416	546	-	-	-	272	964	451,753	367,801	52,920	7,016	4,407	9,933
2550	**1,301,149**	-	139,059	85,031	40,754	60,765	2,111	1,503	-	-	137	441	-	437,626	468,112	42,632	7,629	6,105	9,244
2551	**1,066,418**	-	118,628	98,508	37,681	42,725	564	8,110	-	-	-	276	-	329,143	380,877	36,082	3,846	4,594	5,384
รวม	**10,577,601**	**-**	**1,254,680**	**979,212**	**263,402**	**364,744**	**33,773**	**10,342**	**13,875**	**6,783**	**874**	**7,165**	**96,961**	**4,934,022**	**2,059,730**	**218,400**	**58,011**	**102,157**	**173,470**
		2,906,153									**8,039**		**7,642,751**						

หมายเหตุ ปี พ.ศ. 2551 ตั้งแต่เดือนมกราคม- เดือนกันยายน

หน่วย : คัน

ที่มา : สมาคมอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย



รูปที่ 1.2 กราฟแสดงจำนวนการผลิตรถยนต์ภายในประเทศ ปี พ.ศ. 2536-2551

1.2 ประเภทของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

ปัจจุบันโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์ หรือรถพ่วงอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง (ลำดับที่ 077) ที่มีการจดทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม มีทั้งหมด 2,438 ราย (ข้อมูล ณ วันที่ 1 ธันวาคม 2551) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

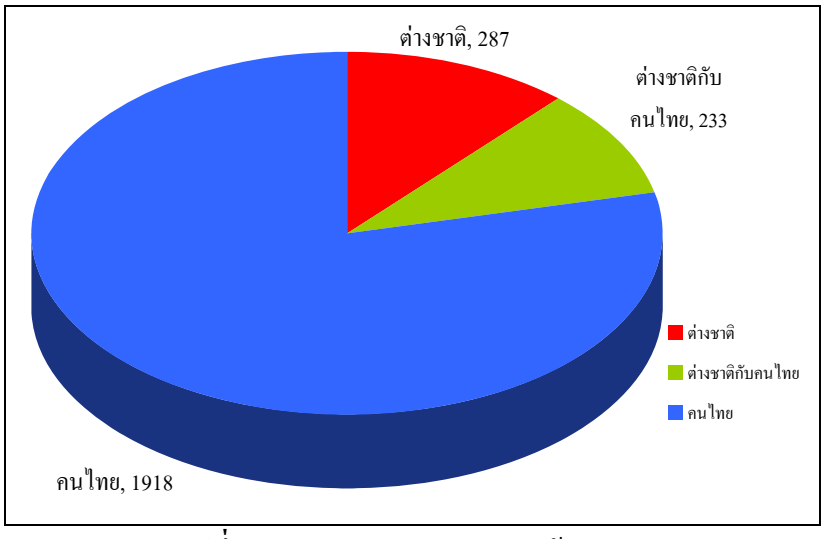
(1) ประเภทการสร้าง ประกอบ ดัดแปลง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพรถยนต์ หรือรถพ่วง ที่ป้อนให้โรงงานอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์โดยตรง จะเป็นชิ้นส่วนที่มีคุณภาพสูง ซึ่งมาตรฐานจะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตรถยนต์ ปัจจุบันผู้ประกอบการในกลุ่มนี้จะมีทั้งสิ้น 493 ราย

(2) ประเภทการทำชิ้นส่วนพิเศษ หรืออุปกรณ์สำหรับรถยนต์หรือรถพ่วง และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อจำหน่ายในตลาดอะไหล่ทดแทน หรือผู้ผลิตที่สนับสนุนด้านการผลิต ซึ่งผู้ผลิตในกลุ่มนี้มีจำนวนมากกว่า 1,945 ราย และส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการคนไทย ในการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ยังแบ่งออกได้ 2 ชนิด ดังนี้

2.1 อะไหล่แท้ คือชิ้นส่วนที่ผู้ผลิตรถยนต์ผลิตขึ้นเอง หรือว่าจ้างให้ผู้อื่นผลิตแทน โดยจะต้องมีคุณภาพได้มาตรฐานตามบริษัทผู้ผลิตรถยนต์นั้นด้วย คุณภาพของอะไหล่เหล่านี้จะทัดเทียมกับชิ้นส่วนที่ติดรถยนต์จากโรงงาน

2.2 อะไหล่เทียม ได้แก่ ชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นโดยไม่ได้อยู่ภายใต้การควบคุมมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ และไม่ได้ใช้เครื่องหมายการค้าของรถยนต์ชนิดใดเป็นการเฉพาะ สำหรับคุณภาพอาจต่ำกว่าหรือสูงกว่าชิ้นส่วนที่เป็นอะไหล่แท้ ชิ้นส่วนประเภทนี้อาจมาจากผู้ผลิตเดียวกันกับที่ผลิตอะไหล่แท้ก็ได้

การประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์ หรือรถพ่วงอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง (ลำดับที่ 077) แบ่งเป็นผู้ประกอบการจากต่างชาติ 287 ราย ซึ่งเป็นร้อยละ 11.77 จะเป็นผู้ประกอบร่วมทุนระหว่างต่างชาติกับคนไทย 233 ราย และเป็นผู้ประกอบการคนไทย 1,918 ราย



<u>รูปที่ 1.3</u> กราฟแสดงสัดส่วนของผู้ประกอบการ
การประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์ หรือรถพ่วงอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง (ลำดับที่ 077)

1.3 การตลาด

ผู้ประกอบการผลิตในประเทศส่วนใหญ่จะเป็นผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม ทำหน้าที่ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์เพื่อป้อนให้กับโรงงานผลิตรถยนต์ และห้างร้านทั่วไปที่เกี่ยวกับยานยนต์ ไม่ว่าจะเป็นร้านขายอะไหล่ ร้านขายเครื่องประดับยนต์ อู่ซ่อมรถหรือศูนย์ซ่อม ฯลฯ การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยในปัจจุบันครอบคลุมรายการชิ้นส่วนต่าง ๆ มากมาย ได้แก่ ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ชิ้นส่วนระบบกันสะเทือนและเบรก ชิ้นส่วนตัวถัง ชิ้นส่วนระบบขับเคลื่อนและถ่ายทอดกำลัง ชิ้นส่วนตกแต่งภายใน และชิ้นส่วนอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะมีตลาดในการจัดจำหน่ายชิ้นส่วนอยู่ 2 ตลาดหลัก ได้แก่

1) ตลาดชิ้นส่วนเพื่อนำไปใช้ประกอบยานยนต์ โดยผู้ผลิตต้องผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ป้อนให้กับรถยนต์และจักรยานยนต์รุ่นใหม่ ๆ สำหรับค่ายยานยนต์เข้ามาตั้งฐานการผลิตในไทยเพื่อประกอบยานยนต์ส่งออกและจำหน่ายในประเทศ ซึ่งเป็นการผลิตตามรายการสั่งซื้อโดยมีการกำหนดจำนวนรายการสั่งซื้อเบื้องต้นไว้ล่วงหน้าและในแต่ละครั้งจะมีจำนวนการสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ประกอบยานยนต์มีอำนาจในการเจรจาต่อรองราคากับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อทำให้ต้นทุนการผลิตยานยนต์ต่ำลง นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบอย่างเข้มงวดจากผู้ประกอบยานยนต์ในเรื่องของคุณภาพและระยะเวลาในการส่งมอบชิ้นส่วน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สร้างแรงกดดันให้กับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต้อง

ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่มีคุณภาพให้ได้มาตรฐานอย่างสม่ำเสมอและเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของตนเองอย่างไม่หยุดยั้ง

ทั้งนี้ ความต้องการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์ในกลุ่มนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตรถยนต์และรถจักรยานยนต์ของผู้ประกอบการยานยนต์ที่เข้ามาตั้งฐานการผลิตในประเทศไทย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงตามภาวะการของตลาดรถยนต์และรถจักรยานยนต์ในประเทศ อันเป็นผลจากการชะลอการตัดสินใจซื้อยานยนต์ของผู้บริโภคที่ไม่มั่นใจในภาวะเศรษฐกิจของประเทศ

2) ตลาดชิ้นส่วนทดแทนหรืออะไหล่ทดแทน เป็นตลาดชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อการทดแทนชิ้นส่วนเดิมที่เสียหรือสึกหรอตามสภาพการใช้งาน ซึ่งชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ผู้ผลิตที่ทำการผลิตเพื่อป้อนให้กับตลาดทดแทนนี้มีทั้งผู้ประกอบการขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก จึงทำให้ชิ้นส่วนที่ผลิตได้นั้นมีคุณภาพที่หลากหลายทั้งอะไหล่แท้ อะไหล่ปลอม และอะไหล่เทียม ซึ่งจะทำการจัดจำหน่ายให้กับศูนย์บริการอะไหล่ของค่ายยานยนต์ต่าง ๆ โดยปกติศูนย์บริการจะมีการจัดเก็บสต็อกอะไหล่ทดแทนไม่มากนัก จะเน้นเก็บเฉพาะอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมยานยนต์บ่อยครั้งเท่านั้น

นอกจากนี้ ยังมีการขยายช่องทางการจัดจำหน่ายเข้าไปในร้านค้าอะไหล่ทั่วประเทศตลอดจนอู่ซ่อมรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ทั้งนี้ ความต้องการใช้ชิ้นส่วนในตลาดทดแทนนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ยานยนต์ภายในประเทศ ซึ่งยานยนต์ที่ได้จดทะเบียนใหม่เหล่านี้จะมีส่วนทำให้ปริมาณการใช้ยานยนต์ภายในประเทศเพิ่มมากขึ้น อันจะมีผลให้ความต้องการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์ในตลาดทดแทนขยายตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วยในอนาคต

สำหรับตลาดส่งออกที่สำคัญของสินค้าส่วนประกอบและอุปกรณ์รถยนต์ของไทย ได้แก่ ญี่ปุ่น อินโดนิเซีย มาเลเซีย แอฟริกาใต้ สหรัฐอเมริกา ฟิลิปปินส์ ออสเตรเลีย และอินเดีย และตลาดส่งออกที่สำคัญสำหรับการส่งออกส่วนประกอบรถจักรยานยนต์ ได้แก่ ประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย สหราชอาณาจักร โคลัมเบีย และญี่ปุ่น ขณะที่ตลาดส่งออกที่สำคัญของยางรถยนต์ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เบลเยี่ยม มาเลเซีย ออสเตรเลีย ฮ่องกง และตลาดส่งออกที่สำคัญของอุปกรณ์ชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทกระจกนิรภัยหรือกระจกรถยนต์ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น ออสเตรเลีย แอฟริกาใต้ อินโดนีเซีย และเบลเยี่ยม

อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยได้มีการขยายการลงทุนและมุ่งพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนสามารถผลิตชิ้นส่วนให้มีความหลากหลายตลอดจนมีคุณภาพและมาตรฐานการผลิตอยู่ในระดับที่ผู้ผลิตรถยนต์และรถจักรยานยนต์ระดับโลกยอมรับ ทำให้สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศต่าง ๆ ได้เพิ่มขึ้น โดยการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ของปี 2550 มีมูลค่าการส่งออกรวมทั้งสิ้น 132,516.57 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2549 ร้อยละ 29.41 โดยมีรายละเอียดดังนี้

เครื่องยนต์ เพิ่มขึ้น ร้อยละ 25.68

ชิ้นส่วนอะไหล่ เพิ่มขึ้น ร้อยละ 40.30

ตัวยึดและแม่พิมพ์ ลดลง ร้อยละ 4.07

ผู้ผลิตอุปกรณ์เดิม (Original Equipment Manafacturer ; OEM) เพิ่มขึ้น ร้อยละ 28.88

อื่น ๆ (ยาง แบตเตอร์รี่) เพิ่มขึ้น ร้อยละ 86.06

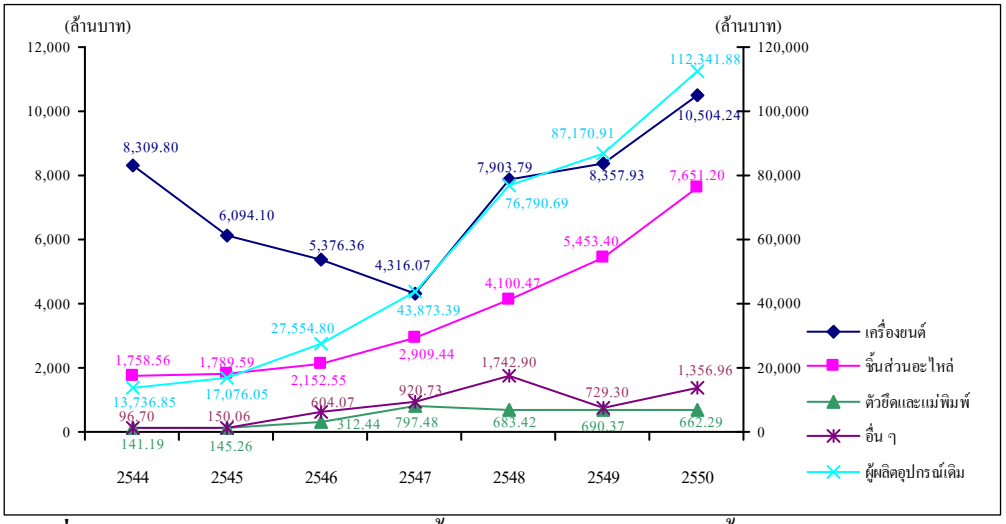
และตั้งแต่ปี 2544 ถึงปี 2550 ยอดการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะชิ้นส่วนอะไหล่และชิ้นส่วนของผู้ผลิตอุปกรณ์เดิม

ตารางที่ 1.2 การส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์

ยอดการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ของไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2550 หน่วย : ล้านบาท

รายการ	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	**รวม**	% การส่งออก ปี 2549 เปรียบเทียบ ปี 2550 (เพิ่ม/ลด)
เครื่องยนต์	8,309.80	6,094.10	5,376.36	4,316.07	7,903.79	8,357.93	10,504.24	**50,862.29**	25.68%
ชิ้นส่วนอะไหล่	1,758.56	1,789.59	2,152.55	2,909.44	4,100.47	5,453.40	7,651.20	**25,815.21**	40.30%
ตัวยึดและแม่พิมพ์	141.19	145.26	312.44	797.48	683.42	690.37	662.29	**3,432.45**	-4.07%
ผู้ผลิตอุปกรณ์เดิม	13,736.85	17,076.05	27,554.80	43,873.39	76,790.69	87,170.91	112,341.88	**378,544.57**	28.88%
อื่น ๆ	96.70	150.06	604.07	920.73	1,742.90	729.30	1,356.96	**5,600.72**	86.06%
รวม	**24,043.10**	**25,255.06**	**36,000.22**	**52,817.11**	**91,221.27**	**102,401.91**	**132,516.57**	**464,255.24**	**29.41%**

ที่มา : กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย



รูปที่ 1.4 กราฟแสดงยอดการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ของไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2550

อย่างไรก็ตาม การส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยยังต้องเผชิญกับปัญหาค่าเงินบาท ทำให้ความสามารถในการแข่งขันลดลง โดยเฉพาะต้องเผชิญกับคู่แข่งอย่างจีน อินเดีย และเวียดนาม ซึ่งเป็นประเทศผู้ส่งออกที่มีความได้เปรียบด้านต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

1.4 นโยบายและมาตรการภาครัฐ

ภายใต้ความตกลงหุ้นส่วนเศรษฐกิจไทย-ญี่ปุ่น (Japan-Thailand Economic Partnership) ได้กำหนดให้สินค้าชิ้นส่วนยานยนต์ (เฉพาะที่นำเข้ามาใช้ประกอบรถยนต์หรือ Original Equipment Manufacturing (OEM)) ซึ่งปัจจุบันไทยมีอัตราภาษีนำเข้าอยู่ที่ร้อยละ 15-30 โดยกำหนดให้รายการที่มีอัตราภาษีเกินร้อยละ 20 ลดภาษีเหลือร้อยละ 20 ทันที ให้คงภาษีไว้ 5 ปี และยกเลิกในปีที่ 6 ส่วนรายการที่มีอัตราภาษีเท่ากับหรือต่ำกว่าร้อยละ 20 ให้คงอัตราภาษีไว้ที่อัตราเดิม 5 ปี และยกเลิกในปีที่ 6 เช่นกัน ขณะที่กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีความอ่อนไหวง่าย เพราะความสามารถในการแข่งขันไม่มากพอ เช่น เครื่องยนต์และชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ได้กำหนดให้คงอัตราภาษีไว้ที่อัตราเดิมเป็นเวลา 7 ปี และยกเลิกในปีที่ 8

การลดภาษีนำเข้าชิ้นส่วนยานยนต์ดังกล่าว จะส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ให้สามารถนำเข้าชิ้นส่วนคุณภาพดีในราคาที่ลดลง ซึ่งจะช่วยให้การผลิตรถยนต์มีต้นทุนที่ต่ำลง ขณะที่ผลกระทบในระยะยาวจะทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนของไทยต้องเผชิญกับภาวะการแข่งขันที่มีความรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากญี่ปุ่นได้ชื่อว่าเป็นประเทศผู้นำในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับโลกประเทศหนึ่ง

บทที่ 2
การนำวิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

บทที่ 2
การนำวิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ได้ถูกนำมาใช้ในโครงการต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนได้อย่างเป็นระบบโดยรักษาคุณภาพไว้และนำมาใช้ในการปรับปรุงการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ได้บรรจุเทคนิควิศวกรรมคุณค่าไว้ในแผนอนุรักษ์พลังงานของประเทศ ปีพ.ศ. 2543–2547 ว่าเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการประหยัดพลังงานและถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานหนึ่งของการค้นหาปัญหาและแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานอย่างสูญเปล่าเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1 ที่มาของวิศวกรรมคุณค่า

วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering, VE) ได้เกิดขึ้นในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ในระหว่างปี ค.ศ. 1940 เนื่องจากเกิดปัญหาการขาดแคลนวัสดุในการผลิตส่งผลกระทบต่อ บริษัท เจนเนอรัล อิเลคทริค จำกัด (General Electric Company) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้มีความพยายามในการพัฒนาระบบการสั่งซื้อตลอดมา เกิดการขาดแคลนแอสเบสทอส (Asbestos) ต่อมาปี ค.ศ. 1947 Lawrence D.Miles วิศวกรไฟฟ้าของบริษัท ประจำแผนกจัดซื้อ ได้พยายามคิดหาวิธีการหาวัสดุที่มีประโยชน์ใช้งานเช่นเดียวกันมาทดแทนแอสเบสทอส คือ ป้องกันอัคคีภัยและราคาถูกกว่า เขาได้ค้นพบถึงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุน (Cost) ของผลิตภัณฑ์และหน้าที่การทำงาน* หรือประโยชน์การใช้งาน (Function) โดยแสดงในรูปของ “คุณค่า (Value)” และได้มีการพัฒนาต่อมา แม้ว่าจะผ่านพ้นช่วงสงครามไปแล้วก็ตาม

Miles พัฒนาแนวคิดที่เรียกว่า การเน้นหน้าที่การทำงาน หรือประโยชน์การใช้งานและได้มีการผลักดันแนวคิดในระบบการสั่งซื้อ จนได้เป็นแนวทางของการพัฒนาระบบใหม่ที่เรียกว่า การวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis, VA) และในปี ค.ศ. 1958 บริษัทจ่ายเงินสามล้านเหรียญสหรัฐ เพื่อจัดให้มีการฝึกอบรมให้แก่พนักงานหลายพันคน ให้เข้าใจถึงพื้นฐานของ VA และพัฒนาให้คนมีจิตสำนึกในเรื่องคุณค่าประโยชน์การใช้งานและต้นทุน ต่อมาปี ค.ศ. 1964 ได้มีการประเมินผล พบว่าค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาไม่นาน พนักงานหลายพันคนที่ได้ผ่านการฝึกอบรมได้มีจิตสำนึก เป็นการคืนทุนที่คุ้มค่าส่งผลดีต่อบริษัท ในเวลาต่อมาได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนในประเทศสหรัฐอเมริกา

ในระหว่างปี ค.ศ. 1950 “การวิเคราะห์คุณค่า”ได้แพร่หลายเข้าสู่วงการทหารของสหรัฐอเมริกา และช่วงต้น ของ ค.ศ. 1960 ได้มีการแพร่หลายเข้าสู่ประเทศญี่ปุ่น มีการแปลหนังสือของ Miles เป็นภาษาญี่ปุ่น มีผู้เขียนชาวอเมริกันได้กล่าวไว้ว่า ถ้าเปรียบเทียบว่า VA เป็นเกมส์อย่างหนึ่ง

* หน้าที่การทำงานในกรณีใช้กับคน

ถือได้ว่าประเทศญี่ปุ่น เป็นฝ่ายชนะ เพราะว่าปัจจุบันนี้พนักงานทุกบริษัทในประเทศญี่ปุ่นมีพื้นฐานความรู้เรื่องการวิเคราะห์คุณค่า รัฐบาลของสหรัฐอเมริกาได้มีการเปลี่ยนชื่อ การวิเคราะห์คุณค่า เป็นวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering, VE) ด้วยความเห็นว่าวิศวกรรมคุณค่ามีความหมายเชิงปฏิบัติมากกว่า ผู้ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นวิศวกร ไม่ใช่นักวิเคราะห์ และเป็นความเข้าใจที่ง่ายกว่า ทั้งนี้บางครั้งนิยมเรียกกันว่า VA/VE

2.2 แนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า

แนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า คือ การมีจิตสำนึกเกี่ยวกับประโยชน์การใช้งานและต้นทุน ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$V = \frac{F}{C}$$

เมื่อ V หมายถึง คุณค่า (Value)
F หมายถึง ประโยชน์การใช้งาน (Function)
C หมายถึง ต้นทุน (Cost)

การประยุกต์ใช้ VE ในการลดต้นทุน เป็นการปรับปรุงโดยการเพิ่มคุณค่าให้กับสิ่งที่เป็นเป้าหมายที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า (Value, V) ประโยชน์การใช้งาน (Function, F) และต้นทุน (Cost, C) ถึงวิธีการเพิ่มคุณค่า ได้แก่

1) การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน สำหรับประโยชน์การใช้งานเท่าเดิม

$$V \uparrow = \frac{F \rightarrow}{C \downarrow}$$

2) การเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มประโยชน์การใช้งาน โดยที่ต้นทุนคงที่

$$V \uparrow = \frac{F \uparrow}{C \rightarrow}$$

3) การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน แต่เพิ่มประโยชน์การใช้งาน

$$V \uparrow = \frac{F \uparrow}{C \downarrow}$$

จากวิธีการเพิ่มคุณค่า 3 วิธีดังกล่าว ทำให้ทราบว่าการเพิ่มคุณค่าด้วยวิธีการที่ 1 นั้น เป็นวิธีการที่เป็นไปได้ง่ายกว่า เพราะจะเป็นการปรับปรุงภายในองค์กรเพื่อให้ต้นทุนต่ำลง แต่ถ้าเป็นวิธีการที่ 2 และ 3 คงจะเป็นไปได้ยากกว่า เพราะจะเป็นการเพิ่มประโยชน์การใช้งานที่มากขึ้น ซึ่งเป็นการควบคุมภายนอกองค์กรที่ไม่สามารถควบคุมได้ อย่างไรก็ตามประโยชน์การใช้งานนี้ก็คงต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภคเป็นสำคัญ

เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในการผลิตหรือในการบริการ จะเห็นว่าต้นทุนจริงในการประกอบกิจการประกอบด้วย ต้นทุนในอุดมคติ (ต้นทุนแรกเริ่ม) และต้นทุนสูญเปล่า ต้นทุนสูญเปล่านี้เองที่จำเป็นต้องกำจัดให้เหลือน้อยที่สุด สาเหตุของการเกิดต้นทุนสูญเปล่าอาจเกิดจากกระบวนการผลิต การบริหารจัดการ การควบคุม และการออกแบบ เป็นต้น ถ้าได้มีการแก้ไขปรับปรุงลดต้นทุนสูญเปล่าที่เกิดขึ้นอย่างจริงจัง จะทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ ซึ่งสามารถเรียกต้นทุนจริงดังกล่าวว่า ต้นทุนมาตรฐาน

2.3 การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ในการดำเนินงานปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเพื่อมุ่งเน้นในการใช้ทรัพยากร น้ำ และพลังงาน ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยใช้หลักการของวิศวกรรมคุณค่านั้น จำเป็นต้องมีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน ในการเรียนการสอนวิศวกรรมคุณค่าได้มีคำกล่าวไว้ว่า ไม่ควรมองข้ามขั้นตอนในการทำกิจกรรมของวิศวกรรมคุณค่า เพราะจะทำให้ขาดสิ่งที่เป็นสาระสำคัญและจำเป็น

ขั้นตอนของการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการประยุกต์จากแนวคิดวิศวกรรมคุณค่าประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ

1) การรวบรวมข้อมูลที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงประสิทธิภาพ
2) การกำหนดคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานของสิ่งที่ต้องปรับปรุง
3) การวิเคราะห์ต้นทุน
4) การคัดเลือกส่วนผลิตที่เป็นเป้าหมาย
5) การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
6) การนำเสนอ
7) การติดตามผล

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 การรวบรวมข้อมูลที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่าโดยรวบรวมการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในการผลิต รวมทั้งข้อมูลของเครื่องจักรที่อยู่ในสายการผลิต และเครื่องจักรสนับสนุนการผลิตทั้งหมด ผังการไหลผ่านของวัตถุดิบในการผลิตและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กล่าวคือ

หลักในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นเป้าหมายของวิศวกรรมคุณค่า แบ่งออกเป็น 2 ข้อ คือ

ข้อที่ 1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การใช้ทรัพยากรต่าง ๆ (วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน) ในการผลิต ความสามารถการผลิต การบริหารจัดการการผลิต ความสามารถของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถระบุได้ชัดเจนว่า สิ่งที่ต้องทำการปรับปรุงนั้นคืออะไร และมีหน้าที่ทำอะไร เพราะแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่าจะมุ่งเน้นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์การใช้งานกับต้นทุน ดังนั้น นอกจากข้อมูลทางด้านเทคนิคของผลิตภัณฑ์แล้วจำเป็นจะต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนด้วยเพื่อประกอบการตัดสินใจที่ถูกต้อง

ข้อที่ 2 การรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

การรวบรวมข้อมูลที่เป็นเป้าหมายของวิศวกรรมคุณค่าให้ได้ผลอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- กำหนดวัตถุประสงค์ของการรวบรวมข้อมูล
- พิจารณาถึงแหล่งของข้อมูลและให้มีความชัดเจน
- กำหนดระยะเวลาการรวบรวมข้อมูล
- คัดเลือกวิธีการในการรวบรวมข้อมูล
- รวบรวมข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพ

2.3.2 การกำหนดคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานของสิ่งที่ต้องปรับปรุง

การกำหนดคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานในกระบวนการผลิตที่ต้องปรับปรุง อาทิ เช่น พนักงาน เครื่องจักร วัตถุดิบ น้ำ พลังงาน และอื่น ๆ ที่มีประโยชน์การใช้งานที่ชัดเจนเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และสามารถครอบคลุมหน้าที่ของการทำงาน เพราะการปรับปรุงที่จะเกิดขึ้นจากการวิเคราะห์โครงสร้างของการผลิตของสภาพปัจจุบัน ในส่วนของวิศวกรรมคุณค่าจะคำนึงถึงประโยชน์การใช้งานในอดีตถึงปัจจุบันของสิ่งนั้น แล้วคิดหาวิธีใหม่ที่จะให้บรรลุประโยชน์สูงสุดของการใช้งาน โดยมีวัตถุประสงค์ของการกำหนดคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งาน ดังนี้

1) เพื่อประโยชน์การใช้งานมีความชัดเจน ทำให้ประโยชน์การใช้งานของสิ่งที่ต้องปรับปรุงมีความชัดเจน

2) เพื่อประเมินประโยชน์การใช้งาน สามารถวัดคุณค่าของประโยชน์ในการทำงานต่าง ๆ ที่จะให้บรรลุผลของหัวข้อเรื่องเป้าหมาย โดยวัดคุณค่าของหน้าที่นั้น ๆ เพื่อให้รู้ว่าจะต้องทำการปรับปรุงอย่างไร

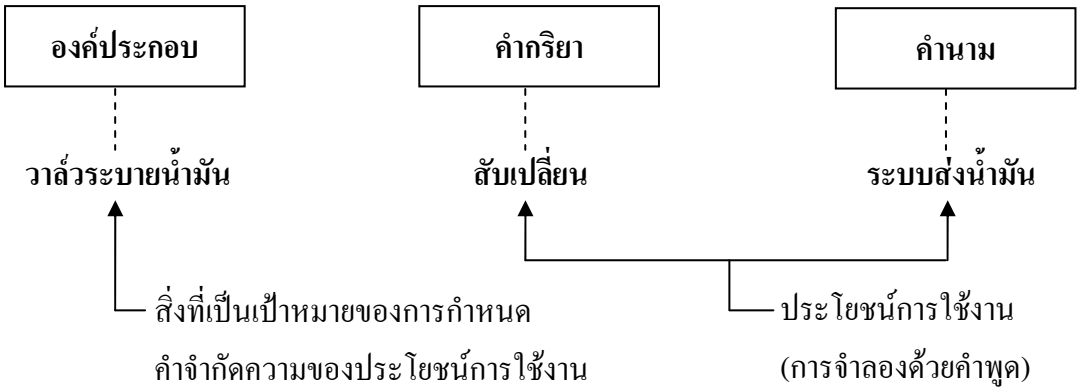
3) เพื่อให้สามารถเสนอแนะข้อคิดเห็นในเชิงสร้างสรรค์ ในวิศวกรรมคุณค่าจะคำนึงถึงประโยชน์การใช้งานโดยจะออกความคิดเชิงสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้วิธีที่จะบรรลุผลสำเร็จในส่วนที่ต้องการปรับปรุง

4) เพื่อประเมินความคิด หลังจากการแสดงความคิดเห็นแล้วก็จะทำการประเมินแต่ละข้อเสนอว่าสามารถทำให้บรรลุผลของหน้าที่ได้อย่างแน่นอนหรือไม่

2.3.2.1 วิธีกำหนดคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งาน แบ่งออกเป็น 4 วิธี

1) การแสดงคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานด้วยคำกริยาและคำนาม

แสดงประโยชน์การใช้งานหรือหน้าที่อย่างกระชับด้วยคำ 2 คำ คือ คำกริยา และคำนาม โดยอาศัยจากการจำลองด้วยคำพูด (Verbal Model) ที่แสดงอย่างเป็นนามธรรมเพื่อการทำความเข้าใจ ตัวอย่างแสดงดังนี้



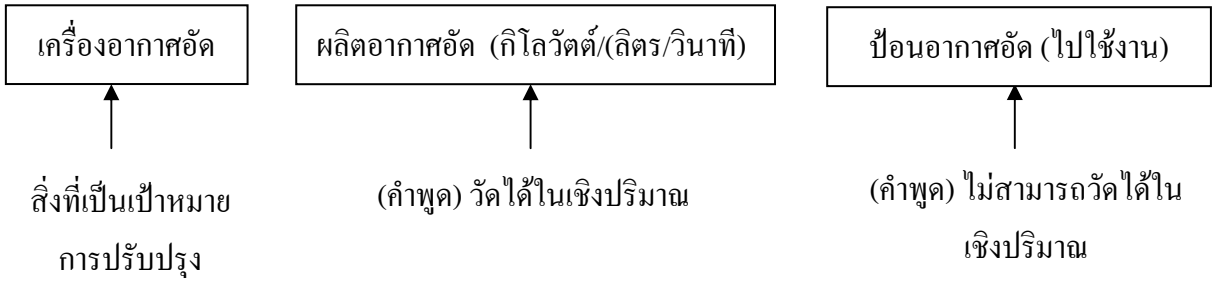
<u>รูปที่ 2.1</u> แสดงคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งาน

สิ่งที่สำคัญในการแสดงคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานคือ จะต้องไม่คิดว่าสิ่งที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงนั้นเป็นเรื่องธรรมดาทั่ว ๆ ไป แต่จะต้องคำนึงถึงการทำงานที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งที่เป็นเป้าหมายและวัตถุประสงค์ ในการแสดงประโยชน์การใช้งานด้วยคำกริยาและคำนามมีดังต่อไปนี้

- คำกริยาและคำนามจะสามารถทำให้ประโยชน์การใช้งานแต่ละอย่างมีความชัดเจน
- คำกริยาและคำนามจะทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจประโยชน์การใช้งานได้โดยง่าย
- คำกริยาและคำนาม จะทำให้สามารถเข้าใจประโยชน์การใช้งานอย่างเป็นนามธรรม และสามารถทำให้การเปลี่ยนวิธีคิดและการขยายขอบข่ายของแนวคิดให้กว้างขวางขึ้น

2) การแสดงคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานที่สามารถแทนด้วยคำในเชิงปริมาณ

ประโยชน์ของการใช้งานที่แสดงด้วยคำกริยาและคำนามนั้นมีเงื่อนไขข้อจำกัดในลักษณะสามารถประเมินได้ในสิ่งที่เป็นเป้าหมายของการปรับปรุง ดังนั้น จำเป็นจะต้องแสดงคำพูดที่สามารถวัดได้ง่ายในเชิงปริมาณ เช่น



<u>รูปที่ 2.2</u> แสดงคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานที่แทนด้วยคำในเชิงปริมาณ

ดังนั้น ในการกำหนดสิ่งที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงนั้นจะต้องมองให้เห็นขนาดของปัญหา เงื่อนไขข้อจำกัดในเชิงปริมาณ

3) การแสดงคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งานอย่างเป็นนามธรรม

ประโยชน์การใช้งานที่แสดงด้วยคำกริยาและคำนามแล้ว จะใช้เป็นหัวข้อเรื่องในการแสดงข้อเสนอแนะ การแสดงประโยชน์การใช้งานด้วยคำพูดก็เป็นวิธีการที่เป็นนามธรรม เพื่อลดหรือไม่ให้ยึดติดอยู่กับสภาพปัจจุบัน และสามารถขยายความคิดได้กว้างขวางขึ้นก็จะทำให้หัวข้อในการปรับปรุงประสิทธิภาพมีทางเลือกได้หลากหลายขึ้น

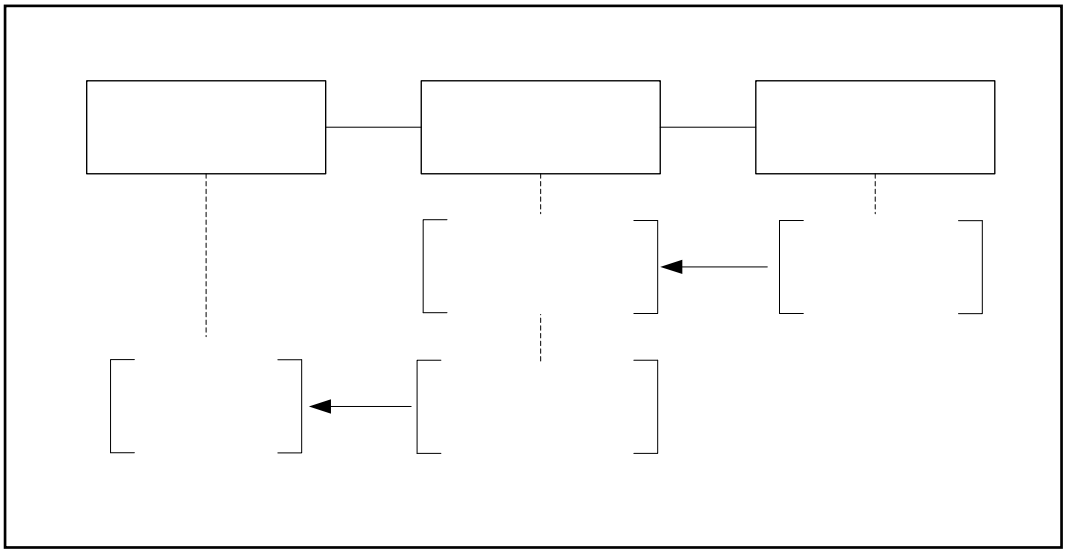
4) ประโยชน์การใช้งานกับเงื่อนไขข้อจำกัด

ประโยชน์การใช้งานนั้นตามปกติแล้วจะบรรลุผลได้ภายใต้เงื่อนไขการปรับปรุงอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยข้อจำกัดของความหมายที่ยืดหยุ่น เช่น ประโยชน์การใช้งานของฟิวส์ มีประโยชน์คือตัดกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่แคบในแง่ของข้อมูลประโยชน์การใช้งาน เพราะยังไม่ครอบคลุมเงื่อนไขทั้งหมดในเชิงปริมาณ ดังนั้น การบอกเงื่อนไขครอบคลุมในเชิงปริมาณจะบอกถึงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิน (หน่วย : แอมแปร์) และความรวดเร็วในการตัด (หน่วย : วินาที)

2.3.2.2 การจัดทำหัวข้อปรับปรุงตามหน้าที่ของการใช้งานให้เป็นระบบ

ทำการแจกแจงการใช้งานของสิ่งที่จะทำการแก้ไขปรับปรุงให้อยู่ในระบบ “วัตถุประสงค์” และ “วิธีการ” วัตถุประสงค์ระดับสูงที่ควรกระทำให้บรรลุของหัวข้อเรื่องที่จะทำการ

แก้ไขปรับปรุง และเป้าหมายของการปรับปรุงจะต้องมีความชัดเจน ดังเช่น การเชื่อมโยงระหว่างปัญหากับสาเหตุที่เกิดของเสียในการผลิตขึ้นซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติและผู้บริหารสามารถบ่งชี้ในทิศทางเดียวกันว่าชนิดของปัญหานั้นคืออะไรบ้าง และอะไรที่ก่อให้เป็นสาเหตุของปัญหานั้นเพื่อนำไปสู่มาตรการแก้ไขอย่างเป็นระบบ ดังตัวอย่างรูปที่ 2.3 ในการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนของวาล์วระบายน้ำมันนั้น โดยทำการแจกแจงหน้าที่ของแต่ละภาคส่วนออกเพื่อหาความสัมพันธ์ของการทำงานแต่ละชิ้นส่วน



<u>รูปที่ 2.3</u> การจัดลำดับความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์การใช้งานของชิ้นส่วนวาล์วระบายน้ำมัน ด้วยหลักการแห่งเหตุผล (Logic) วัตถุประสงค์ (Goal) วิธีการ (Means)

จากรูป 2.3 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์กับวิธีการ คือ วัตถุประสงค์ของการใช้วาล์วระบายน้ำมันเพื่อสับเปลี่ยนวงจรน้ำมัน สำหรับวิธีการที่ทำให้ลูกสูบคลื่อนที่เพื่อระบายน้ำมัน ซึ่งจะเป็นไปตามตรรกะของการทำงาน

สับเปลี่ยนวงจรน้ำมัน

ระบ

2.3.3 การวิเคราะห์ต้นทุน

เมื่อได้หัวข้อเรื่องที่จะทำการแก้ไขปรับปรุงแล้วจะทำการคัดแยกต้นทุน โดยการสำรวจต้นทุนเดิมของหัวข้อเรื่องที่จะปรับปรุงในหลักการของเทคนิควิศวกรรมคุณค่า โดยนำผังเครือญาติ (Family Tree) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ดังนี้

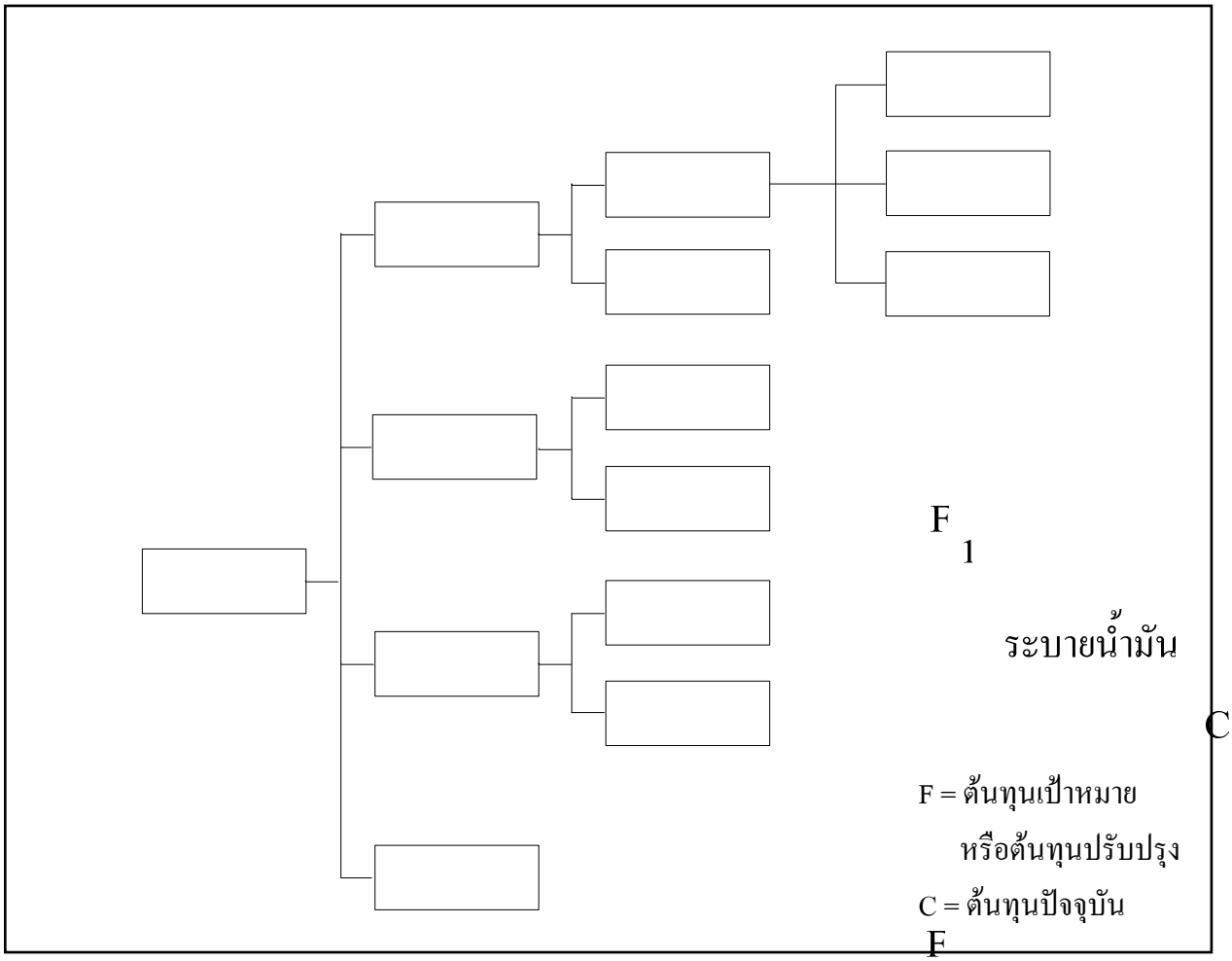
เพื่อระ

เพื่อสับเปลี่ยน วงจรน้ำมัน

คำตอบ

ระบ

เพื่



รูปที่ 2.4 ผังเครือญาติ (Family Tree) ของวาล์วระบายน้ำมัน (Relief Valve)

จากกระบวนการทั้งหมดเมื่อนำมาเขียนเป็นผังการใช้งานก็จะจำแนกต้นทุนตามสายการทำงานว่า ปัจจุบันในแต่ละส่วนงานนั้นมีต้นทุนปัจจุบัน (C) เท่าไร จากรูปที่ 2.4 อธิบายได้ดังนี้

C_0 = ต้นทุนของการสับเปลี่ยนวงจรน้ำมันทั้งระบบ

C_1 = $C_{11} + C_{12}$

หมายถึงต้นทุนปัจจุบันของการระบายน้ำมันที่ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและสร้างทางไหลของน้ำมัน

ทำการรวมต้นทุนปัจจุบันของแต่ละสายการทำงาน ก็จะได้ต้นทุนปัจจุบันรวมของการผลิต จากนั้นก็ทำการกำหนดต้นทุนเป้าหมายหรือต้นทุนปรับปรุง (F) ที่เป็นไปได้ในแต่ละสายการทำงาน ประโยชน์การใช้งานขึ้นมาใหม่ และทำการรวบรวมต้นทุนเป้าหมายแต่ละสายการทำงาน ก็จะได้ต้นทุนเป้าหมายใหม่ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

F_0 = ต้นทุนเป้าหมายของการปรับปรุงสับเปลี่ยนวงจรน้ำมันทั้งระบบ

F_1 = $F_{11} + F_{12}$

หมายถึงต้นทุนเป้าหมายของการปรับปรุงการระบายน้ำมันที่ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและสร้างทางไหลของน้ำมัน

การประเมินต้นทุนของแต่ละสายการผลิต

การจัดผังการเชื่อมโยงของสายการผลิตและจำแนกต้นทุนของภาคส่วนการผลิตแล้ว จะทำให้ทีมงานเห็นภาพและจะสามารถหาคำตอบในส่วนงานที่จะปรับปรุงของแต่ละส่วนว่า มีต้นทุนที่จะกำหนดใหม่ (ต้นทุนเป้าหมาย) เท่าไร เพื่อจะนำไปประเมินดัชนีคุณค่าซึ่งหาได้จากต้นทุนใหม่ (ต้นทุนเป้าหมาย) เปรียบเทียบกับต้นทุนปัจจุบัน ($\frac{F}{C}$) คือแต่ละภาคส่วนการผลิตนั้นมีคุณค่าเท่าไรเพื่อนำไปศึกษาความเป็นไปได้ในการลดต้นทุนแล้วจัดทำข้อเสนอเพื่อปรับปรุงให้มีความชัดเจนมากขึ้น

2.3.4 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมาย

ทำการคัดเลือกของส่วนการผลิตที่มีคุณค่าสูงมาศึกษา โดยเปรียบเทียบกับผลต่างระหว่างต้นทุนใหม่ (ต้นทุนเป้าหมาย) กับต้นทุนปัจจุบัน ว่าการปรับปรุงนั้นมีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์มากน้อยเพียงใด โดยให้น้ำหนักความสำคัญเป็น 3 ระดับ ได้แก่

⦿ = มาก

○ = ปานกลาง

△ = น้อย

ดังตัวอย่างหัวข้อการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร หน้าที่ 3-6 3-35 3-55 และหน้าที่ 3-73

ถ้ามีความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์อย่างละเอียดถูกต้องแม่นยำแล้วให้วางมาตรการแก้ไขปรับปรุง โดยใช้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงความจริงจึงจะทำให้การพิจารณาปรับปรุงได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ควรตัดสินใจในการคัดเลือกหัวข้อเป้าหมายการปรับปรุงหรือภาคส่วนการผลิตใดก่อน โดยพิจารณาจากงบประมาณ ระยะเวลา ข้อกฎหมาย จุดคุ้มทุน เป็นต้น ข้อสำคัญคือต้องมีความมุ่งมั่นในการที่จะปรับปรุงก็จะทำให้การดำเนินของกิจกรรมนั้น ๆ บรรลุเป้าหมาย

2.3.5 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

ระดมสมองในการออกความคิดของการปรับปรุงอย่างสร้างสรรค์ โดยใช้ข้อมูล ความรู้ทักษะความชำนาญ พร้อมทั้งทัศนคติที่ดีในการปรับปรุง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) หัวข้อของการปรับปรุง โดยการศึกษาข้อมูลทางด้านการใช้งานและข้อมูลสิ่งที่จะใช้ทดแทน ศึกษาส่วนที่เป็นข้อมูลภายในองค์กร ได้แก่ สำรวจลักษณะการใช้งาน สำรวจตำแหน่งหรือสถานที่ใช้งาน และส่วนที่เป็นข้อมูลจากภายนอก ได้แก่ คุณสมบัติสิ่งที่จะใช้ทดแทน

2) วัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการปรับปรุง เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในส่วนที่ต้องการปรับปรุง เพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการในการปรับปรุง

3) วิธีการแก้ไขปรับปรุง เป็นการลำดับขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นรูปธรรม และสามารถคำนวณผลประหยัดทางด้านเศรษฐศาสตร์ จุดคุ้มทุนของการแก้ไขปรับปรุง

2.3.6 การนำเสนอ

การนำเสนอการปรับปรุงเป็นขั้นตอนที่นำเสนอทางเลือกที่ดีที่สุดแก่ผู้มีอำนาจในการอนุมัติ เมื่อได้รับการอนุมัติแล้ว ฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะนำไปดำเนินการ

ในขั้นตอนนี้จะต้องเตรียมแผนการดังนี้

1) เตรียมข้อเสนอโครงการโดยจะต้องแสดงเนื้อหาให้สามารถเข้าใจง่าย
2) เสนอแผนการนำไปปฏิบัติ
3) รอรับการอนุมัติ

รายงานจะต้องชัดเจน สั้นและกะทัดรัด ข้อมูลจะต้องถูกต้องและสมบูรณ์ ต้องมีการวิเคราะห์ต้นทุน จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ด้วย ดังตัวอย่างตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร หน้าที่ 3-32 3-49 3-70 และหน้าที่ 3-81

2.3.7 การติดตามผล

ติดตามความก้าวหน้าของการนำไปปฏิบัติ โดยฝ่ายบริหารต้องดูแลว่าการนำไปปฏิบัตินั้นได้ผลจริง ต้องมอบหมายให้มีผู้รับผิดชอบที่จะต้องควบคุมการดำเนินงานให้เป็นไปตามแผนงาน

วัตถุประสงค์ของการติดตามผล มีดังต่อไปนี้

1) โครงการที่นำไปปฏิบัติสามารถดำเนินการได้ตามแผน
2) เปรียบเทียบผลที่ได้กับข้อมูลเดิม
3) รวบรวมผลที่ประหยัดได้จริงทั้งหมด
4) ประเมินผลโครงการ
5) รายงานผลการดำเนินงานส่งฝ่ายบริหาร

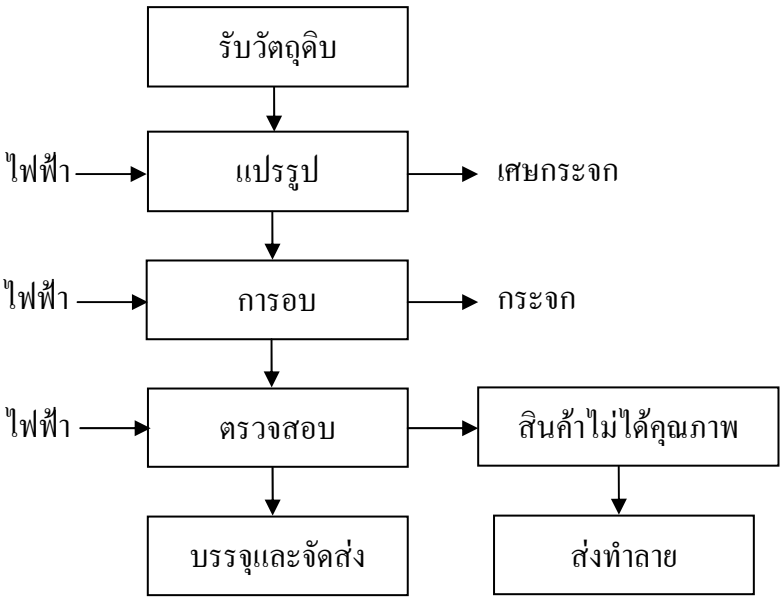
2.4 การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า

ประเทศไทยได้นำหลักการวิศวกรรมคุณค่ามาใช้อย่างจริงจังในการลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้ทรัพยากร ตั้งแต่ปี 2538 และได้มีการพัฒนาเป็นเครื่องมือ 5 ชนิด เรียกว่า Demand Side Management by Humanware Approach Technique = DSM by HAT ซึ่งประกอบด้วย

1) ผังกระบวนการผลิต
2) ตารางสำรวจการเดินเครื่อง
3) เมนูเนื้อปลา
4) บันทึกของเสียเฉพาะบุคคล
5) การปรับปรุงระบบการบันทึก

2.4.1 ผังกระบวนการผลิต

เพื่อศึกษากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน การวิเคราะห์ความต่อเนื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ และเครื่องจักรในการผลิตรวมถึงหน่วยสนับสนุนการผลิตว่ามีการทำงานสัมพันธ์กันอย่างไร ความสูญเสียที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้างในแต่ละขั้นตอนการผลิต และสิ่งใดที่เป็นปัญหาต่อความลื่นไหลของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต แสดงดังต่อไปนี้



<u>รูปที่ 2.5</u> แสดงตัวอย่างผังกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปกระจกรถยนต์

จากรูปที่ 2.5 ตัวอย่างการเขียนผังกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปกระจกรถยนต์ เริ่มจากการรับวัตถุดิบที่เป็นกระจกแผ่นมาสู่กระบวนการแปรรูป เช่น ตัด เจียร ตามแบบที่กำหนด ในกระบวนการนี้จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาขับมอเตอร์เครื่องเจียรหรือเครื่องตัด และมีการสูญเสียกระจกที่เกิดจากการตัด จากนั้นส่งไปยังขั้นตอนการอบเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของกระจกให้มีความแข็งตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะมีการให้พลังงานความร้อนแก่กระจกโดยผ่านขดลวดความร้อนไฟฟ้า ซึ่งจะมีการสูญเสียกระจกเนื่องจากการอบทำให้กระจกแตก เมื่อผ่านขั้นตอนการอบเปลี่ยนโครงสร้างเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะนำไปตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานซึ่งในจุดนี้จะใช้แสงสว่างจากพลังงานไฟฟ้า ในขั้นตอนนี้จะมีการสูญเสียกระจกเนื่องจากสินค้าไม่ได้คุณภาพ เช่น มีฟองอากาศในเนื้อกระจก มีรอยขีดข่วน เป็นต้น และจะนำกระจกที่ไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพไปทำลาย ส่วนกระจกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดแล้ว ก็จะทำการบรรจุและจัดส่งจำหน่ายต่อไป

2.4.2 ตารางสำรวจการเดินเครื่อง

เป็นการตรวจสอบการเดินเครื่องจักรในกระบวนการผลิตว่าการเดินเครื่องจักรมีการทำงานในลักษณะใดบ้าง สิ่งสำคัญที่สุดก็คือว่าการเดินเครื่องจักรแล้วได้ผลผลิตหรือไม่ สัดส่วนของการเดินเครื่องจักรที่ได้ผลผลิตเปรียบเทียบกับเวลาการเดินเครื่องจักรทั้งหมดคิดเป็นสัดส่วนเท่าไหร่ ซึ่งรูปแบบการบันทึกตารางเดินเครื่องจักรจะใช้การลากเส้นตามช่วงเวลาทำงานของเครื่องจักรเป็นหลัก รูปแบบการบันทึกในลักษณะการลากเส้นจะมีข้อดีกว่าการบันทึกในรูปแบบของตัวเลขคือสามารถมองเห็นและทำความเข้าใจได้โดยง่าย เพราะมีลักษณะของขนาดความสั้น-ยาวของเส้นเป็นตัวบ่งชี้การทำงานของเครื่องจักร แตกต่างจากตัวเลขที่จะต้องนำไปแปรผลอีกขั้นตอนหนึ่ง ได้รับรู้ถึงการใช้งานของเครื่องจักร ตัวอย่างตามตารางสำรวจการทำงานของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด วันอาทิตย์ที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2551

วันอาทิตย์ที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2551

เครื่อง	ความดัน (บาร์)	ปริมาณการใช้ ลบ.ฟุต / นาที	เวลา																							
			5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	1.00	2.00	3.00	4.00
NO.1	3.8	30																								
NO.2	2.0	20																								
NO.3	1.5	20																								
NO.4	4.0-5.0	20																								
NO.5	4.0-5.5	10																								
NO.6	2.0	20																								
เครื่องอัดอากาศ 1	6.0	40																								
เครื่องอัดอากาศ 2	6.0	40																								
เครื่องอัดอากาศ 3	6.0	40																								

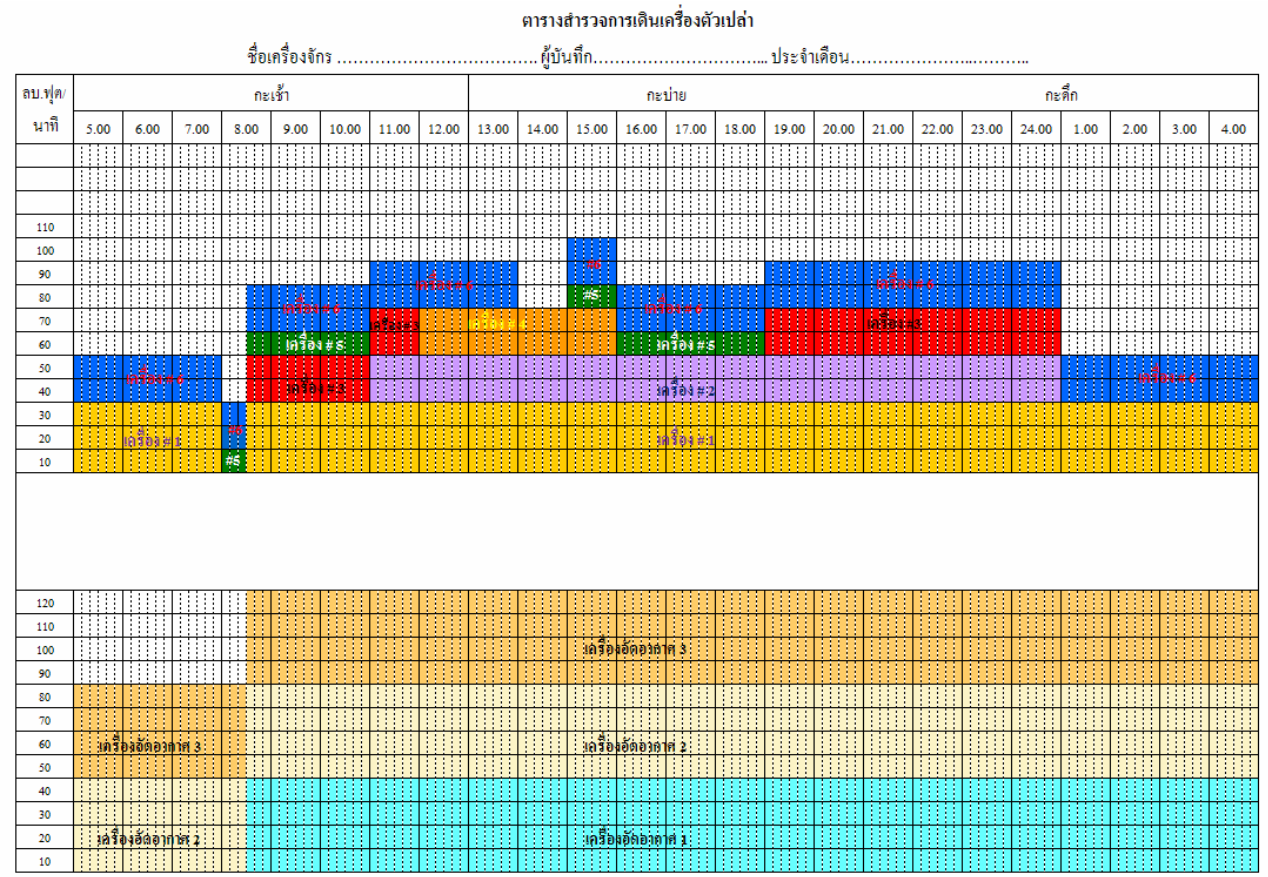
หมายเหตุ ช่วงเวลาทำงานของแต่ละเครื่องจักรขึ้นอยู่กับแผนการผลิตในแต่ละวัน

วิธีการลากเส้นแสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดต่าง ๆ

1. ลงรายละเอียดการทำงานของเครื่องจักร ความดัน (บาร์) ปริมาณการใช้อากาศอัด (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที)

2. ลากเส้นช่วงเวลาการทำงานของแต่ละเครื่องจักร ตั้งแต่เริ่มต้นจนหยุดการใช้งาน หากมีการซ่อมแซมเครื่องหรือหยุดเดินเครื่องจักรด้วยเหตุผลอันใดก็ตาม ให้ระบุเหตุผลโดยใช้หมายเหตุและเว้นวรรคการเขียนเส้นช่วงเวลาที่ไม่มีการเดินเครื่องจักร

ตารางที่ 2.2 ตารางสำรวจการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดเปรียบเทียบกับการทำงานของเครื่องอัดอากาศ



วิธีการนำข้อมูลจากตารางที่ 2.1 แสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดมาลงในตารางที่ 2.2 แสดงการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดเปรียบเทียบกับการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

การลากเส้นการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

1. ลากเส้นการทำงานของเครื่องอัดอากาศ ตัวที่ 1 (สีฟ้า) แสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องอัดอากาศ เวลา 08.30 ถึง 05.00 นาฬิกา (ตารางที่ 2.1) โดยให้ความสูงแทนปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (40 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที)

2. ลากเส้นการทำงานของเครื่องอัดอากาศ ตัวที่ 2 (สีเหลือง) แสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องอัดอากาศ เวลา 05.00 ถึง 05.00 นาฬิกาของวันถัดไป (ตารางที่ 2.1) โดยให้ความสูงแทนปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (40 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ลากเส้นตามช่วงเวลาที่ยังไม่มีการสะสมการผลิตอากาศอัดและต่อยอดจากเส้นที่ลากไว้ของเครื่องอัดอากาศ ตัวที่ 1 เพื่อแสดงการสะสมปริมาณอากาศอัด ลากเส้นไปจนครบเวลาการทำงานคือ เวลา 05.00 นาฬิกา (ในกรณีที่ไม่มีการผลิตอากาศอัดให้เว้นวรรคของช่วงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ ณ เวลานั้น)

3. ลากเส้นการทำงานของเครื่องอัดอากาศ ตัวที่ 3 (สีส้ม) แสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องอัดอากาศ เวลา 05.00 ถึง 05.00 นาฬิกาของวันถัดไป (ตารางที่ 2.1) โดยการต่อยอดจากเส้นที่ลาก

ไว้ของเครื่องอัดอากาศ ตัวที่ 2 (ในกรณีที่ไม่มีการผลิตอากาศอัดให้เว้นวรรคของช่วงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ ณ เวลานั้น)

4. รวมการทำงานของเครื่องอัดอากาศทั้งหมดในเชิงปริมาณ (120 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) และระยะเวลาการทำงานของเครื่องอัดอากาศ ในช่วงเวลา 08.30 ถึง 05.00 นาฬิกาของวันถัดไป

<u>การลากเส้นของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด</u>

1. ลากเส้นการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 1 (สีเหลือง) มีช่วงเวลาการทำงานเวลา 05.00 ถึง 08.00 นาฬิกา และเวลา 08.30 ถึง 05.00 นาฬิกาของวันถัดไป ให้ความสูง 3 ช่องแทนปริมาณอากาศอัดที่ใช้ 30 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ในกรณีที่ไม่มีการใช้งานให้เว้นช่วงการทำงานของเครื่องจักร ณ เวลานั้น

2. ลากเส้นการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 2 (สีม่วง) มีช่วงเวลาการทำงานเวลา 11.00 ถึง 01.00 นาฬิกา โดยการต่อยอดจากเส้นที่ลากไว้ของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 1 ให้ความสูง 2 ช่องแทนปริมาณอากาศอัดที่ใช้ 20 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ในกรณีที่ไม่มีการใช้งานให้เว้นช่วงการทำงานของเครื่องจักร ณ เวลานั้น

3. ลากเส้นการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 3 (สีแดง) มีช่วงเวลาการทำงานเวลา 08.30 ถึง 12.00 นาฬิกา และเวลา 19.00 ถึง 01.00 นาฬิกา โดยการต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 1 เวลา 08.30 ถึง 11.00 นาฬิกา และต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 2 เวลา 11.00 ถึง 12.00 นาฬิกา และเวลา 19.00 ถึง 01.00 นาฬิกา ให้ความสูง 2 ช่องแทนปริมาณอากาศอัดที่ใช้ 20 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ในกรณีที่ไม่มีการใช้งาน ให้เว้นช่วงการทำงานของเครื่องจักร ณ เวลานั้น

4. ลากเส้นการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 4 (สีส้ม) มีช่วงเวลาการทำงานเวลา 12.00 ถึง 16.00 นาฬิกา โดยการต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 2 ให้ความสูง 2 ช่องแทนปริมาณอากาศอัดที่ใช้ 20 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ในกรณีที่ไม่มีการใช้งานให้เว้นช่วงการทำงานของเครื่องจักร ณ เวลานั้น

5. ลากเส้นการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 5 (สีเขียว) มีช่วงเวลาการทำงานเวลา 08.00 ถึง 11.00 นาฬิกา และเวลา 15.00 ถึง 19.00 นาฬิกา โดยลากเส้นลงในช่องว่างที่ยังไม่มีการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด เวลา 08.00 ถึง 08.30 นาฬิกา และลากเส้นต่อจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 3 เวลา 08.30 ถึง 11.00 นาฬิกา และเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 4 เวลา 15.00 ถึง 16.00 นาฬิกา และเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 2 เวลา 16.00 ถึง 19.00 นาฬิกา ให้ความสูง 1 ช่องแทนปริมาณอากาศอัด 10 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ในกรณีที่ไม่มีการใช้งาน ให้เว้นช่วงการทำงานของเครื่องจักร ณ เวลานั้น

6. ลากเส้นการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 6 (สีน้ำเงิน) มีช่วงเวลาการทำงานเวลา 05.00 ถึง 14.00 นาฬิกา และเวลา 15.00 ถึง 05.00 นาฬิกาของวันถัดไป โดยการต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 1 เวลา 05.00 ถึง 08.00 นาฬิกา และต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด

ตัวที่ 5 เวลา 08.00 ถึง 11.00 นาฬิกา และลากเส้นต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 3 เวลา 11.00 ถึง 12.00 นาฬิกา และต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 4 เวลา 12.00 ถึง 14.00 นาฬิกา ต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 5 เวลา 15.00 ถึง 19.00 นาฬิกา ต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 3 เวลา 19.00 ถึง 01.00 นาฬิกา และลากต่อยอดจากเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 1 เวลา 01.00 ถึง 05.00 นาฬิกา ให้ความสูง 2 ช่องแทนปริมาณอากาศอัด 20 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ในกรณีที่ไม่มีการใช้งานให้เว้นช่วงการทำงานของเครื่องจักร ณ เวลานั้น

7. รวมการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดทั้งหมดในเชิงปริมาณ (100 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ในช่วงเวลา 15.00 ถึง 16.00 นาฬิกา และระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดทั้งหมดในกระบวนการผลิต

<u>การวิเคราะห์ตารางสำรวจการเดินเครื่อง ที่ 2.2</u>

1. ตั้งแต่เวลา 01.00 ถึง 08.00 นาฬิกา เครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด ตัวที่ 1 และตัวที่ 6 มีความต้องการอากาศอัดเพียง 50 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีเท่านั้น ในขณะที่ ณ เวลาเดียวกันเครื่องอัดอากาศมีการผลิตอากาศอัดถึง 120 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ซึ่งจะเห็นว่าการเครื่องอัดอากาศเพียง 2 ตัวก็เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน ดังนั้น การปฏิบัติที่ดำเนินการอยู่จะมีการผลิตอากาศอัดเกินความจำเป็น

2. หากมีการวางแผนการผลิตโดยการลากเส้นการทำงานของเครื่องจักรในการผลิตก็จะสามารถการบริหารการผลิตอากาศอัดได้ถูกต้อง ก่อให้เกิดการใช้งานของเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถทำให้ลดต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น

2.4.3 เมนูเนื้อปลา

เป็นตารางเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสียการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน ในกระบวนการผลิต โดยใช้หลักการ 5 M's ได้แก่

- Man (คน)
- Machine (เครื่องจักร)
- Material (วัตถุดิบ)
- Method (วิธีการ)
- Management (การจัดการ)

เมื่อพบสาเหตุหลักของปัญหาแล้วจะทำการวิเคราะห์ย่อยลงไปของแต่ละปัญหา เพื่อให้พบจุดที่บกพร่องแท้จริง หากเกิดจากคน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการ หรือการจัดการ นั้น มีสาเหตุย่อยอะไรบ้าง และสาเหตุย่อยดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหามาก ปานกลาง หรือน้อย โดยทำการประเมินอย่างคร่าวๆ ว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของปัญหาทั้งหมด จากการวิเคราะห์ของแต่ละปัญหานั้น บางปัญหาอาจมาจากสาเหตุเดียวกัน โดยพบว่าสาเหตุที่ซ้ำซ้อนในหัวข้อใดก่อให้เกิดปัญหามากสุดจะนำมาพิจารณาแก้ไขในลำดับต้น

วิธีการดังกล่าวจะทำให้ทราบสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นและสามารถหาแนวทางการแก้ไขปัญหา เพื่อลดต้นทุนการผลิตได้ต่อไป ดังตารางข้อมูลของโรงงานแห่งหนึ่งที่ประกอบกิจการพ่นสีรถยนต์ ดังนี้

<u>ตารางที่ 2.3</u> แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ปัญหาของเสียด้วยเมนูเนื้อปลาในอุตสาหกรรมพ่นสีรถยนต์

เมนูเนื้อปลา

ข้อมูลเดือน พฤษภาคม 2551

5 M's / ชนิดของเสีย	%ของเสีย	MAN					MACHINE					MATERIAL				METHOD				MANAGEMENT		
		ไม่เป่าลม	ไม่กรองสี	ไม่สวมชุดพ่นสี	ไม่ปิดประตูห้องพ่นสี	ไม่มีความรับผิดชอบ	ปืนพ่นสีสกปรก	ปืนพ่นสีสกปรก	แรงดันลมไม่พอ	น้ำมันจากลม	ระบบ air balance ไม่ดี	สิ่งสกปรกในวัตดุดิบ	งานปืนเม็ด AL	คราบน้ำมันเหนียว	ขนผ้าติดค้างชิ้นงาน	ไม่ปฏิบัติตามคู่มือการทำงาน	การเป่าลมไม่ถูกวิธี	การพ่นสีไม่ปฏิบัติตาม STEP	การใช้อุปกรณ์ไม่เหมาะสม	การวิเคราะห์สาเหตุ	การติดตาม	วิธีการแก้ไข
1.เม็ดฝุ่น	8.48	⊙	⊙	△	O	△	⊙	⊙	△	-	⊙	⊙	⊙	-	-	O	O	-	△	△	△	△
2.ขนผ้า	3.15	⊙	⊙	△	O	△	△	△	△	-	⊙	⊙	-	-	⊙	O	O	-	△	△	△	△
3.สีบาง	2.52	-	-	-	-	△	-	-	△	-	-	-	-	-	-	O	-	⊙	-	△	△	△
4.สีย้อม	2.10	-	-	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	-	⊙	-	△	△	△
5.รอยขีดข่วน	1.38	-	-	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	-	-	-	△	△	△
6.หลุมน้ำมัน	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	⊙	-	-	-	O	-	-	-	-	-	△	△	△
7.สีเดือด	0.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	-	△	△	△

⊙: มาก O: ปานกลาง△ : น้อย

จากตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ปัญหาของเสียชนิดต่าง ๆ ด้วยเมนูเนื้อปลา จะทำการเก็บข้อมูลที่เกิดปัญหาในกระบวนการผลิตและนำมาแจกแจงหาสาเหตุ ที่มาของปัญหา ว่าเกิดจากคน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการ (Method) หรือการจัดการ (Management) โดยให้น้ำหนักแต่ละสาเหตุของการเกิดปัญหา ดังนี้

ปริมาณมาก แทนด้วยสัญลักษณ์ ⊙

ปริมาณปานกลาง แทนด้วยสัญลักษณ์ O

ปริมาณน้อย แทนด้วยสัญลักษณ์ △

ซึ่งบางปัญหาจะมาจากสาเหตุเดียวกัน ทั้งนี้จะพิจารณาแก้ไขปัญหาสาเหตุที่มีน้ำหนักมาก (⊙) ที่ซ้ำ ๆ ก่อนทำให้ปัญหาลดลงได้ในปริมาณที่สูง ซึ่งจากตารางจะเห็นว่ามีปัญหาที่ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบ 2 ประการ ได้แก่ มีเม็ดฝุ่น และขนผ้าติดบนผิวชิ้นงาน สาเหตุมาจากไม่เป่าลมเพื่อทำความสะอาดชิ้นงาน พนักงานไม่กรองสีที่จะพ่น ระบบอากาศสมดุลย์ไม่ดี มีสิ่งสกปรกในวัตถุดิบ เมื่อนำสาเหตุดังกล่าวไปแก้ไขก็จะทำให้ปัญหาโดยรวมลดลงอย่างรวดเร็ว

2.4.4 บันทึกของเสียเฉพาะบุคคล

เป็นการวิเคราะห์ให้ทราบที่มาของของเสียว่า บุคคลใดทำให้เกิดของเสียและมีปริมาณเท่าไร เพื่อช่วยในการหาแนวทางการแก้ไขในปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากบุคคลได้อย่างถูกต้องมากที่สุด

สามารถหาวิธีการปรับปรุงการปฏิบัติของแต่ละบุคคลในกระบวนการผลิตนั้น เพราะบุคคลแต่ละรายอาจจะมีที่มาของสาเหตุที่แตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างกว้าง ๆ อาจจะทำให้ปัญหาไม่สามารถถูกทำให้ลดลงได้ ทั้งนี้ในการดำเนินการเก็บข้อมูลนั้นจะต้องทำความเข้าใจกับบุคคลที่ปฏิบัติงานเป็นอย่างดี ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างละเอียดอ่อนเพราะจะสัมพันธ์กับบุคคลที่ปฏิบัติงานโดยตรง บางครั้งข้อมูลที่ได้อาจถูกบิดเบือนไปทำให้เกิดอุปสรรคในการแก้ไขปัญหาได้

ตัวอย่างวิธีการจัดทำตารางบันทึกข้อมูลของเสียเฉพาะบุคคล แสดงดังนี้

รายงานชิ้นงานเสียในหน่วยงาน แยกตามรายชื่อบุคคล (ก่อนปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป		เดือน กุมภาพันธ์ 2551					
ลำดับ	ชื่อบุคคล	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานเสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง Stopper	ปั๊มผิด	

<u>รูปที่ 2.6</u> แสดงวิธีการจัดทำตารางบันทึกข้อมูลของเสียเฉพาะบุคคล

การบันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล มีขั้นตอนก่อนและหลังการปรับปรุงดังนี้

<u>ก่อนการปรับปรุง</u>

1. กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการผลิตว่ามีสาเหตุจากอะไรบ้างลงในช่องสาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย

2. กำหนดชื่อบุคคลที่ปฏิบัติงานในหน่วยการผลิตมาต่อด้านล่างตามรายชื่อและลงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นตามสาเหตุ

3. รวมยอดปริมาณของเสียแต่ละบุคคล พร้อมกับของเสียทั้งหมดในแต่ละสาเหตุที่เกิดขึ้นเพื่อให้ทราบจำนวนของเสียแต่ละสาเหตุว่าสาเหตุใดมาก น้อย ต่างกันอย่างไร เพื่อให้ความสำคัญแต่ละสาเหตุ เช่น แตก ให้ทำการตรวจสอบไปยังที่เครื่องจักรว่าตั้งระดับของเครื่องจักรได้ตามระดับหรือไม่ แม่พิมพ์มีการตั้งเยื้องกับกระบอกสูบของปั๊มหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งตารางบันทึกของเสียเฉพาะบุคคลเป็นการทำให้เห็นถึงปัญหาและที่มาของสาเหตุให้ชัดและเร็วขึ้น ส่วนการแก้ไขในกรณีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะต้องนำไปสู่เทคโนโลยีของส่วนงานที่เกี่ยวข้องนั้น ๆ เป็นสำคัญ

4. นำข้อมูลตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2551 ถึงเดือน พฤษภาคม 2551 มาพิจารณารวมกันและคิดค่าเฉลี่ยของสาเหตุต่าง ๆ เพื่อจัดทำรายงานสรุปก่อนการปรับปรุงการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล

5. พิจารณาบุคคลที่ทำให้เกิดของเสียในสาเหตุต่าง ๆ แต่ละสาเหตุ ที่สูงสุด 5 อันดับ อบรมเพิ่มเติมหรือไปเรียนรู้การปฏิบัติกับบุคคลที่เกิดของเสียในสาเหตุดังกล่าวน้อยที่สุด แล้วทดสอบทักษะความเข้าใจในการผลิต

หลังการปรับปรุง

1. ดำเนินการเช่นเดียวกับก่อนการปรับปรุง ข้อ 1-4

2. นำค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับปรุงมาเปรียบเทียบเพื่อประเมินผลการปรับปรุง ว่าในการที่ให้บุคคลที่ทำให้เกิดของเสียในกิจกรรมการผลิตไปอบรมเพิ่มเติมหรือเรียนรู้การปฏิบัติ และเข้าใจทักษะในการผลิตได้อย่างดีแล้ว จะสามารถทำให้ปริมาณของเสียลดลงได้

3. ติดตามผลอย่างต่อเนื่องเพื่อจัดทำเป็นมาตรการของบริษัทต่อไป

ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลของเสียเฉพาะบุคคล แสดงตามตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนกุมภาพันธ์ 2551

รายงานชิ้นงานเสียในหน่วยงาน แยกตามรายบุคคล (ก่อนการปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป		เดือนกุมภาพันธ์ 2551					
ลำดับ	ชื่อบุคคล	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานที่เสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง STOPPER	ปั๊มผิด	
1	นาย หนึ่ง	33	4	25	2	2	
2	นาย สอง	17			14	3	
3	นาย สาม	12	1	11			
4	นาย หก	7		4		3	
5	นายสิบสาม	7		7			
6	นาย สี่	7	1	2	1	3	
7	นาย เจ็ด	5		1		4	
8	นาย แปด	4		2	2		
9	นาย เก้า	3			2	1	
10	นาย สิบ	3		3			
11	นาย สิบเอ็ด	3		1	2		
12	นาย สิบสอง	3		3			
13	นาย ห้า	3			2	1	
14	นาย สิบสี่	3			3		
15	นาย สิบห้า	2			2		
16	นาย สิบหก	2	1		1		
17	นาย สิบเจ็ด	2				2	
18	นาย สิบแปด	2			2		
19	นาย สิบเก้า	2			1	1	
20	นาย ยี่สิบ	2	1		1		
รวม		122	8	59	35	20	

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนมีนาคม 2551

รายงานชิ้นงานเสียในหน่วยงาน แยกตามรายบุคคล (ก่อนการปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป		เดือนมีนาคม 2551					
ลำดับ	ชื่อบุคคล	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานที่เสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง STOPPER	ปั๊มผิด	
1	นาย หนึ่ง	32	1	31			
2	นาย สี่	19	3	13		3	
3	นาย สิบเก้า	9	2	4		3	
4	นาย เก้า	9		7		2	
5	นาย สิบห้า	8	4		4		
6	นาย หก	8		7	1		
7	นาย เจ็ด	8	1	7			
8	นาย แปด	7	2		4	1	
9	นาย สอง	6		2	4		
10	นาย สิบ	6			2	4	
11	นาย สิบเอ็ด	5		3	1	1	
12	นาย สิบสอง	5		3		2	
13	นาย สิบสาม	5		4	1		
14	นาย สิบสี่	5	5				
15	นาย ห้า	4			3	1	
16	นาย สิบหก	4	1		1	2	
17	นาย สิบเจ็ด	3			1	2	
18	นาย สิบแปด	3			1	2	
19	นาย สาม	3	1		1	1	
20	นาย ยี่สิบ	3			1	2	
รวม		152	20	81	25	26	

นำบันทึกของเสียในหน่วยการผลิตที่มีอยู่เดิมทำการใส่ค่าตามตารางที่ 2.4 โดยมีการแจกแจงสาเหตุและลักษณะชิ้นงานเสียออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ บุบ แตก ไม่ถึงจุดที่ตั้งยันไว้ให้แผ่นโลหะหยุดตามแบบที่กำหนด (ไม่ถึง Stopper) และปั๊มผิด จากนั้นนำบันทึกของแต่ละบุคคลมาจัดลงในตารางและบันทึกค่าของเดือนกุมภาพันธ์ และตารางที่ 2.5 ของเดือนมีนาคมตามลำดับ

<u>ตารางที่ 2.6</u> ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนเมษายน 2551

รายงานชิ้นงานเสียในหน่วยงาน แยกตามรายบุคคล (ก่อนการปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป		เดือนเมษายน 2551					
ลำดับ	ชื่อบุคคล	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานที่เสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง STOPPER	ปั๊มผิด	
1	นาย หนึ่ง	16	1	14		1	
2	นาย สิบ	14	1	11	1	1	
3	นาย สี่	11	5	6			
4	นาย ห้า	8			2	6	
5	นาย สาม	7		7			
6	นาย หก	5	1	4			
7	นาย เจ็ด	6	1	5			
8	นาย แปด	5			4	1	
9	นาย เก้า	5		5			
10	นาย สอง	4			3	1	
11	นาย สิบเอ็ด	4		2		2	
12	นาย สิบสอง	3	1			2	
13	นาย สิบสาม	3		3			
14	นาย สิบสี่	3	1		2		
15	นาย สิบห้า	2		1	1		
16	นาย สิบหก	2			1	1	
17	นาย สิบเจ็ด	2	2				
18	นาย สิบแปด	2			2		
19	นาย สิบเก้า	1				1	
20	นาย ยี่สิบ	1	1				
รวม		**104**	**14**	**58**	**16**	**16**	

<u>ตารางที่ 2.7</u> ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล เดือนพฤษภาคม 2551

รายงานชิ้นงานเสียในหน่วยงาน แยกตามรายบุคคล (ก่อนการปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป		เดือนพฤษภาคม 2551					
ลำดับ	ชื่อบุคคล	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานที่เสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง STOPPER	ปั๊มผิด	
1	นาย แปด	9		9			
2	นาย สิบสาม	7		7			
3	นาย เจ็ด	6			4	2	
4	นาย ยี่สิบ	6		2	2	2	
5	นาย หก	6	4			2	
6	นาย ห้า	6		4		2	
7	นาย สาม	5	4		1		
8	นาย หนึ่ง	5	3	2			
9	นาย เก้า	4		3	1		
10	นาย สิบ	3			2	1	
11	นาย สิบเอ็ด	3			3		
12	นาย สิบสอง	3			3		
13	นาย สอง	3	2	1			
14	นาย สิบสี่	3				3	
15	นาย สิบห้า	2			1	1	
16	นาย สิบหก	2			2		
17	นาย สิบเจ็ด	2				2	
18	นาย สิบแปด	2	2				
19	นาย สิบเก้า	2			1	1	
20	นาย สี่	2	1	1			
รวม		**81**	**16**	**29**	**20**	**16**	

จากตารางที่ 2.6 และ 2.7 บันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับตารางที่ 2.4 และ 2.5 เพื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลให้มากที่สุด และคัดเลือกบุคคลที่ทำให้เกิดของเสียในกิจกรรมการผลิต จำนวน 5 อันดับแรกของแต่ละเดือนไปอบรมเพิ่มเติมหรือเรียนรู้การปฏิบัติและทักษะในการผลิตเพิ่มขึ้น

<u>ตารางที่ 2.8</u> ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล (รายงานสรุปก่อนการปรับปรุง)

รายงานสรุปชิ้นงานเสียในหน่วยงาน (ก่อนการปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป							
ลำดับ	เดือน	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานที่เสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง STOPPER	ปั๊มผิด	
1	กุมภาพันธ์ 51	122	8	59	35	20	
2	มีนาคม 51	152	20	81	25	26	
3	เมษายน 51	104	14	58	16	16	
4	พฤษภาคม 51	81	16	29	20	16	
รวม		**459**	**58**	**227**	**96**	**78**	

จากตารางที่ 2.8 รายงานสรุปชิ้นงานเสียในหน่วยงาน (ก่อนการปรับปรุง) เป็นการสรุปปัญหาจากข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยต่อเดือน (ยอดรวมของสาเหตุ/จำนวนเดือนที่เก็บข้อมูล) แล้วกำหนดเป้าหมายในการลดชิ้นงานที่เสีย โดยวางมาตรการหาวิธีการป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นต่อไป

จากตารางที่ 2.8 รายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล (รายการสรุปก่อนการปรับปรุง) ของเดือนกุมภาพันธ์ 2551 ถึงเดือนพฤษภาคม 2551 ทำให้ทราบสาเหตุที่เป็นปัญหาในขั้นตอนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน สามารถแจกแจงตามลักษณะชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นได้ ดังนี้

ลักษณะชิ้นงานบุบ	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	=	14.50	ชิ้น
ลักษณะชิ้นงานแตก	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	=	56.75	ชิ้น
ลักษณะชิ้นงานไม่ถึง Stopper	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	=	24.00	ชิ้น
ลักษณะชิ้นงานปั๊มผิด	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	=	19.50	ชิ้น

<u>ตารางที่ 2.9</u> ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสีย เฉพาะบุคคล เดือนกรกฎาคม 2551

รายงานชิ้นงานเสียในหน่วยงาน แยกตามรายบุคคล (หลังการปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป		เดือนกรกฎาคม 2551					
ลำดับ	ชื่อบุคคล	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานที่เสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง STOPPER	ปั๊มผิด	
1	นาย หนึ่ง	11	4	5	2		
2	นาย สอง	6			6		
3	นาย ห้า	4		2	2		
4	นาย แปด	4	2		2		
5	นาย สาม	3	1	2			
6	นาย หก	3			2	1	
7	นาย เจ็ด	3		2	1		
8	นาย สี่	3	1	2			
9	นาย เก้า	3	1	1		1	
10	นาย สิบ	2			2		
11	นาย สิบเอ็ด	2		2			
12	นาย สิบสอง	2		2			
13	นาย สิบสาม	2	1		1		
14	นาย สิบสี่	2		1	1		
15	นาย สิบห้า	2	1		1		
16	นาย สิบหก	1			1		
17	นาย สิบเจ็ด	1				1	
18	นาย สิบแปด	1		1			
19	นาย สิบเก้า	1				1	
20	นาย ยี่สิบ	1	1				
รวม		**57**	**12**	**20**	**21**	**4**	

<u>ตารางที่ 2.10</u> ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสีย เฉพาะบุคคล เดือนสิงหาคม 2551

รายงานชิ้นงานเสียในหน่วยงาน แยกตามรายบุคคล (หลังการปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป		เดือนสิงหาคม 2551					
ลำดับ	ชื่อบุคคล	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานที่เสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง STOPPER	ปั๊มผิด	
1	นาย หนึ่ง	14	2	12			
2	นาย สาม	7	1	6			
3	นาย เจ็ด	3		3			
4	นาย สี่	3	1	2			
5	นาย ห้า	2			2		
6	นาย หก	2		2			
7	นาย สอง	2			2		
8	นาย แปด	2	1		1		
9	นาย เก้า	2		2			
10	นาย สิบ	2		2			
11	นาย สิบเอ็ด	1			1		
12	นาย สิบสอง	1			1		
13	นาย สิบสาม	1			1		
14	นาย สิบสี่	1			1		
15	นาย สิบห้า	1		1			
16	นาย สิบหก	1		1			
17	นาย สิบเจ็ด	1			1		
18	นาย สิบแปด	1		1			
19	นาย สิบเก้า	1	1				
20	นาย ยี่สิบ	1		1			
รวม		**49**	**6**	**33**	**10**	**0**	

จากตารางที่ 2.9 และ 2.10 รายงานชิ้นงานเสียในหน่วยงาน แยกตามตามรายบุคคล (หลังการปรับปรุง) ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2551 ถึงเดือนสิงหาคม 2551 เป็นการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคลหลังจากที่ได้มีการคัดเลือกบุคคลที่ทำให้เกิดของเสียในกิจกรรมการผลิต 5 อันดับแรก ไปอบรมเพิ่มเติม นำไปฝึกการปฏิบัติงานกับบุคคลที่เสียน้อยหรือมีการปฏิบัติงานที่ดี ถูกต้อง (เรียนรู้จากการปฏิบัติ) ทำให้บุคคลนั้นมีความเข้าใจในการปฏิบัติ และทักษะในการผลิตที่ถูกต้องมากขึ้น สามารถทำให้ชิ้นงานที่มีปัญหาลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 2.11 ตัวอย่างรายงานการบันทึกของเสียเฉพาะบุคคล (รายงานสรุปหลังการปรับปรุง)

รายงานสรุปชิ้นงานเสียในหน่วยงาน (หลังการปรับปรุง)							
หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป							
ลำดับ	เดือน	สาเหตุและลักษณะชิ้นงานที่เสีย					หมายเหตุ
		จำนวนชิ้นงานที่เสียทั้งหมด	บุบ	แตก	ไม่ถึง STOPPER	ปั๊มผิด	
1	กรกฎาคม 51	57	12	20	21	4	
2	สิงหาคม 51	49	6	33	10	0	
รวม		**106**	**18**	**53**	**31**	**4**	
เฉลี่ยต่อเดือน		**53.00**	**9.00**	**26.50**	**15.50**	**2.00**	

จากตารางที่ 2.11 รายงานสรุปชิ้นงานเสียในหน่วยงาน (หลังการปรับปรุง) เป็นการสรุปชิ้นงานเสียในหน่วยงานหลังจากที่ได้ปรับปรุงโดยการพัฒนาบุคลากรเป็นเวลา 2 เดือน ได้แก่

1. อบรมเพิ่มเติม เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ฝึกทักษะในการผลิต
2. การจัดตั้งเครื่องจักรให้มีการทำงานที่ดี เช่น การตั้งหัวปั๊มให้ได้ศูนย์ถ่วง การปรับแรงอัดให้ได้ตามที่กำหนด เป็นต้น

สามารถสรุปค่าเฉลี่ยชิ้นงานที่เสียต่อเดือนเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงตามตารางที่ 2.12 ดังนี้

ตารางที่ 2.12 ค่าเฉลี่ยชิ้นงานที่เสียต่อเดือนก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

ลักษณะชิ้นงานที่เสีย	**ค่าเฉลี่ยต่อเดือน ก่อนการปรับปรุง**	**ค่าเฉลี่ยต่อเดือน หลังการปรับปรุง**	**ค่าเฉลี่ยต่อเดือน ลดลง (%)**
บุบ	14.50	9.00	37.93
แตก	56.75	26.50	53.30
ไม่ถึง Stopper	24.00	15.50	35.42
ปั๊มผิด	19.50	2.00	89.74

เมื่อพนักงานได้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่ทำให้เกิดชิ้นงานเสียและได้มีการอบรม เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ก่อให้เกิดทักษะการทำงานที่ดีขึ้น ชิ้นงานที่เสียก็จะลดลงได้เป็นจำนวนมาก โดยสามารถคำนวณจากค่าเฉลี่ยต่อเดือนที่ลดลง ดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ยต่อเดือนลดลง (\%)} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุง} - \text{ค่าเฉลี่ยต่อเดือนหลังการปรับปรุง}}{\text{ค่าเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุง}} \times 100$$

2.4.5 การปรับปรุงระบบการบันทึก

ปัจจุบันโดยส่วนใหญ่จะมีการบันทึกในรูปแบบของตัวเลขและตัวอักษรเป็นส่วนมาก ซึ่งข้อดีของการบันทึกในลักษณะนี้จะให้รายละเอียดได้มาก ส่วนข้อเสียนั้นจะทำให้การสืบค้นเข้าหาปัญหาได้ช้า เนื่องจากรายละเอียดที่มากทำให้เกิดการสืบค้นและแปรผลได้ช้า ซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินใจถูกเลื่อนออกไปล่าช้า อันเป็นสาเหตุใหญ่ของการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรต่าง ๆ มากเกินความจำเป็น ตัวอย่างตามตารางที่ 2.13 ดังนี้

ก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 2.13 แบบฟอร์มสำหรับบันทึกอุณหภูมิห้องเตาอบก่อนการปรับปรุง

ประจำเดือน เมษายน ปี 2551 ห้อง เตาอบ ผู้ควบคุม ภูวนัย

เวลา / วันที่	อุณหภูมิ เวลา 10.00 น. (°C)	ผู้ตรวจสอบ	อุณหภูมิ เวลา 12.00 น. (°C)	ผู้ตรวจสอบ	อุณหภูมิ เวลา 15.00 น. (°C)	ผู้ตรวจสอบ	อุณหภูมิ เวลา 17.00 น. (°C)	ผู้ตรวจสอบ		อุณหภูมิ เวลา ..... น. (°C)	ผู้ตรวจสอบ	อุณหภูมิ เวลา ..... น. (°C)	ผู้ตรวจสอบ
1	120	ยุภา	132	ยุภา	132	ยุภา	150	ยุภา					
2	127	ยุภา	148	ยุภา	134	ยุภา	150	ยุภา					
3	134	ยุภา	147	ยุภา	134	ยุภา	148	ยุภา					
4	122	ยุภา	144	ยุภา	150	ยุภา	147	ยุภา					
5	122	ยุภา	143	ยุภา	137	ยุภา	148	ยุภา					
6	123	ยุภา	147	ยุภา	134	ยุภา	150	ยุภา					
7	127	ยุภา	143	ยุภา	131	ยุภา	150	ยุภา					
8	124	ยุภา	142	ยุภา	136	ยุภา	147	ยุภา	ทำงาน				
9	126	ยุภา	143	ยุภา	128	ยุภา	143	ยุภา	เกิน				
10	127	ยุภา	147	ยุภา	128	ยุภา	142	ยุภา	เวลา				
11	128	ยุภา	148	ยุภา	124	ยุภา	142	ยุภา	ปกติ				
12	123	ยุภา	132	ยุภา	128	ยุภา	150	ยุภา	(OT)				
13	112	ยุภา	131	ยุภา	127	ยุภา	132	ยุภา					
14	124	ยุภา	132	ยุภา	128	ยุภา	144	ยุภา					
15	123	ยุภา	131	ยุภา	127	ยุภา	148	ยุภา					
16	127	ยุภา	123	ยุภา	148	ยุภา	147	ยุภา					
17	124	ยุภา	124	ยุภา	128	ยุภา	150	ยุภา					
18	121	ยุภา	128	ยุภา	127	ยุภา	147	ยุภา					
19	120	ยุภา	132	ยุภา	142	ยุภา	150	ยุภา					
20	127	ยุภา	127	ยุภา	148	ยุภา	150	ยุภา					
21	123	ยุภา	132	ยุภา	142	ยุภา	150	ยุภา					
22	124	ยุภา	134	ยุภา	133	ยุภา	148	ยุภา					
23	125	ยุภา	134	ยุภา	132	ยุภา	147	ยุภา					
24	120	ยุภา	134	ยุภา	132	ยุภา	147	ยุภา					
25	133	ยุภา	127	ยุภา	123	ยุภา	150	ยุภา					
26	127	ยุภา	124	ยุภา	129	ยุภา	150	ยุภา					
27	124	ยุภา	133	ยุภา	147	ยุภา	147	ยุภา					
28	120	ยุภา	132	ยุภา	124	ยุภา	150	ยุภา					
29	120	ยุภา	134	ยุภา	137	ยุภา	150	ยุภา					
30	120	ยุภา	134	ยุภา	147	ยุภา	150	ยุภา					

หลังการปรับปรุง

ตารางที่ 2.14 แบบฟอร์มสำหรับบันทึกอุณหภูมิห้องเตาอบหลังการปรับปรุง

ประจำเดือน เมษายน ปี 2551 ห้อง เตาอบ ผู้ควบคุม ภูวนัย

อุณหภูมิ	10.00 น.						ผู้ตรวจ	12.00 น.						ผู้ตรวจ	15.00 น.						ผู้ตรวจ	17.00 น.						ผู้ตรวจ
วันที่	110	120	130	140	150	160		110	120	130	140	150	160		110	120	130	140	150	160		110	120	130	140	150	160	
1																												ยุภา
2																												ยุภา
3																												ยุภา
4																												ยุภา
5																												ยุภา
6																												ยุภา
7																												ยุภา
8																												ยุภา
9																												ยุภา
10																												ยุภา
11																												ยุภา
12																												ยุภา
13																												ยุภา
14																												ยุภา
15																												ยุภา
16																												ยุภา
17																												ยุภา
18																												ยุภา
19																												ยุภา
20																												ยุภา
21																												ยุภา
22																												ยุภา
23																												ยุภา
24																												ยุภา
25																												ยุภา
26																												ยุภา
27																												ยุภา
28																												ยุภา
29																												ยุภา
30																												ยุภา

จากตารางที่ 2.13 เป็นการบันทึกอุณหภูมิห้องเตาอบในรูปตัวเลข (แบบเดิม) จะไม่สามารถสังเกตเห็นความสูงหรือต่ำของอุณหภูมิ ดังนั้น ถ้ามีปัญหาเกี่ยวกับอุณหภูมิของห้องเตาอบก็จะทำให้ทราบได้ช้ากว่าการบันทึกรูปแบบใหม่ ดังตารางที่ 2.14 สามารถแปรผลได้เร็วและกำหนดขนาดของช่วงในการควบคุมอุณหภูมิได้ว่า จุดไหนเป็นจุดวิกฤตที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ก็จะกำหนดด้วยแถบสีหรือลักษณะของเส้น เช่น เส้นประ หรือเส้นทึบ ให้มีความแตกต่างจากเส้นปกติ หากเกิดภาวะที่ผิดปกติก็จะทำให้ทราบถึงปัญหาและสามารถแก้ไขได้รวดเร็ว

สำหรับตัวอย่างอื่นในการบันทึกรายงาน ตามตารางที่ 2.15 ซึ่งเป็นแบบฟอร์มเดิม ดังนี้

ก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 2.15 ตัวอย่างรายงานประวัติการซ่อมเครื่องจักรของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ก่อนการปรับปรุง

แบบฟอร์มเดิม					
รายงานประวัติการซ่อมเครื่องจักร ชื่อเครื่องจักร เครื่องตัดยาง รหัสเครื่องจักร CU 4402					
วันที่	งานที่ดำเนินการ	อะไหล่ที่เปลี่ยน		เวลาที่ใช้	ผู้ปฏิบัติงาน
		ชื่ออะไหล่	จำนวน		
15/1/51	- สายพานหย่อน	V-Belt	1 ตัว	13.30-17.00	อภิราช
19/1/51	- Ejector ไม่ทำงาน	-	-	10.00-10.30	อภิราช
19/2/51	- Auto ทำงาน 1 Step และหยุดไม่ทำงานอย่างต่อเนื่อง	Prorimity Switch	1 ตัว	13.30-14.30	อภิราช
31/3/51	- Ejector ทำงานค้าง	-	-	08.00-08.30	อภิราช
1/4/51	- Roller เวลาเลื่อนเข้าหา Straight งานเลื่อนช้า	-	-	14.20-14.50	อภิราช
6/4/51	- Ejector เวลาดึงชิ้นงานขึ้นช้า	-	-	14.00-14.30	อภิราช, นิรันดิ์
7/4/51	- Ejector ไม่ทำงาน ทำให้ค่าของ Seat มีค่าบวกบ้างลบบ้าง ไม่คงที่	-	-	13.00-14.10	อภิราช, นิรันดิ์
8/4/51	- สายพานหย่อน	V-Belt	1 ตัว	08.00-12.00	อภิราช, นิรันดิ์
9/4/51	- Ejector เวลาดึงชิ้นงานขึ้นช้า	-	-	12.30-13.00	อภิราช, นิรันดิ์

หลังการปรับปรุง

ตารางที่ 2.16 ตัวอย่างรายงานประวัติการซ่อมเครื่องจักรของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์หลังการปรับปรุง

แบบฟอร์มใหม่

รายงานประวัติการซ่อมเครื่องจักร

ชื่อเครื่องจักร เครื่องตัดยาง รหัสเครื่องจักร CU 4402

วันที่	งานที่ดำเนินการ	อะไหล่ที่เปลี่ยน		เวลาที่ใช้	ผู้ปฏิบัติงาน	สายพานหย่อน	Ejector ไม่ทำงาน	Auto ทำงาน ไม่ต่อเนื่อง	Roller เลื่อนเข้าหา Straight งานเลื่อนช้า	Ejector ดึงชิ้นงานขึ้นช้า
		ชื่ออะไหล่	จำนวน							
15/1/51	- สายพานหย่อน	V-Belt	1 ตัว	13.30-17.00	อภิราช	✓				
19/1/51	- Ejector ไม่ทำงาน	-	-	10.00-10.30	อภิราช		✓			
19/2/51	- Auto ทำงาน 1 Step และหยุดไม่ทำงานอย่างต่อเนื่อง	Prorimity Switch	1 ตัว	13.30-14.30	อภิราช			✓		
31/3/51	- Ejector ทำงานค้าง	-	-	08.00-08.30	อภิราช		✓			
1/4/51	- Roller เวลาเลื่อนเข้าหา Straight งานเลื่อนช้า	-	-	14.20-14.50	อภิราช				✓	
6/4/51	- Ejector เวลาดึงชิ้นงานขึ้นช้า	-	-	14.00-14.30	อภิราช, นิรันดิ์					✓
7/4/51	- Ejector ไม่ทำงาน ทำให้ค่าของ Seat มีค่าบวกบ้างลบบ้าง ไม่คงที่	-	-	13.00-14.10	อภิราช, นิรันดิ์		✓			
8/4/51	- สายพานหย่อน	V-Belt	1 ตัว	08.00-12.00	อภิราช, นิรันดิ์	✓				
9/4/51	- Ejector เวลาดึงชิ้นงานขึ้นช้า	-	-	12.30-13.00	อภิราช, นิรันดิ์					✓

จากตารางที่ 2.16 เป็นการปรับปรุงระบบบันทึกจากแบบเดิม ซึ่งรูปแบบการบันทึกแบบใหม่นี้ทำให้สามารถบ่งชี้ปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งได้อย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งสามารถแสดงให้เห็นชัดเจนในเชิงปริมาณได้ว่าเกิดขึ้นกี่ครั้งในระยะเวลาที่ผ่านมาได้ง่ายขึ้น

บทที่ 3
กรณีศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

บทที่ 3
กรณีศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

3.1 อุตสาหกรรมพ่นสีรถยนต์

บริษัทแห่งหนึ่งประกอบกิจการพ่นสีชิ้นส่วนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ มีกำลังการผลิตพ่นสีชิ้นงานผิวอลูมิเนียม จำนวน 2 ล้านชิ้นต่อปี และชุบสีด้วยไฟฟ้า จำนวน 12 ล้านชิ้นต่อปี โดยแบ่งเวลาปฏิบัติงานเป็น 2 กะ ตั้งแต่เวลา 08.00 ถึง 08.00 นาฬิกาของวันถัดไป โดยผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศ

3.1.1 กระบวนการผลิต

ได้นำวิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต โดยการจัดทำผังกระบวนการผลิตเพื่อศึกษาการไหลของวัตถุดิบผ่านแต่ละขั้นตอนการผลิต ว่ามีการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน เกิดประสิทธิภาพสูงสุดหรือไม่ มีปัญหาของการผลิตหรือไม่ ปัญหาเกิดขึ้นที่ขั้นตอนใด เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรต่อไปในหัวข้อที่ 3.1.2

3.1.1.1 กระบวนการพ่นสีชิ้นงานผิวอลูมิเนียม

1) การตรวจสอบผิวชิ้นงาน

พนักงานแขวนชิ้นงานต้องตรวจสอบผิวชิ้นงานไม่ให้มีรอยขูดขีด ไม่เป็นสนิม และไม่บุบ/เสียรูป เป็นไปตามข้อกำหนด และทำการแขวนชิ้นงานบนตัวจับยึด

2) การล้างไขมัน

นำชิ้นงานมาล้างคราบไขมันด้วยน้ำยาเคมี ที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการล้างประมาณ 3 – 5 นาที ทำเช่นเดียวกันนี้ในถังต่อไปอีก 1 ครั้ง และทำความสะอาดด้วยน้ำอีก 2 ครั้ง

3) การกำจัดคราบสนิม

ทำการกำจัดคราบสนิมด้วยน้ำยาเคมี ที่อุณหภูมิไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2 – 3 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำใช้เวลาประมาณ 1 – 3 นาที

4) การเคลือบฟอสเฟต

ก่อนทำการเคลือบฟอสเฟตให้ปรับสภาพผิวชิ้นงานด้วยน้ำยาเคมีที่ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) เท่ากับ 8.0 – 9.5 แล้วทำการเคลือบด้วยสารละลายฟอสเฟต ที่อุณหภูมิปกติ ใช้เวลาประมาณ 3 – 4 นาที

5) การเคลือบด้วยสารละลายโครเมท

นำชิ้นงานไปเคลือบด้วยสารละลายโครเมทที่มีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ที่อุณหภูมิปกติ ใช้เวลาประมาณ 1 – 3 นาทีแล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (De-ionized Water) ที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส แล้วทำการเป่าชิ้นงานให้แห้ง

6) การอบ

ทำการอบแห้งชิ้นงาน ที่อุณหภูมิ 110 - 120 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบประมาณ 25 – 30 นาที

7) การพ่นสี

พ่นสีรองพื้นชิ้นงานก่อนทำการพ่นสีตามความต้องการของลูกค้า

8) การอบ (Baking Oven)

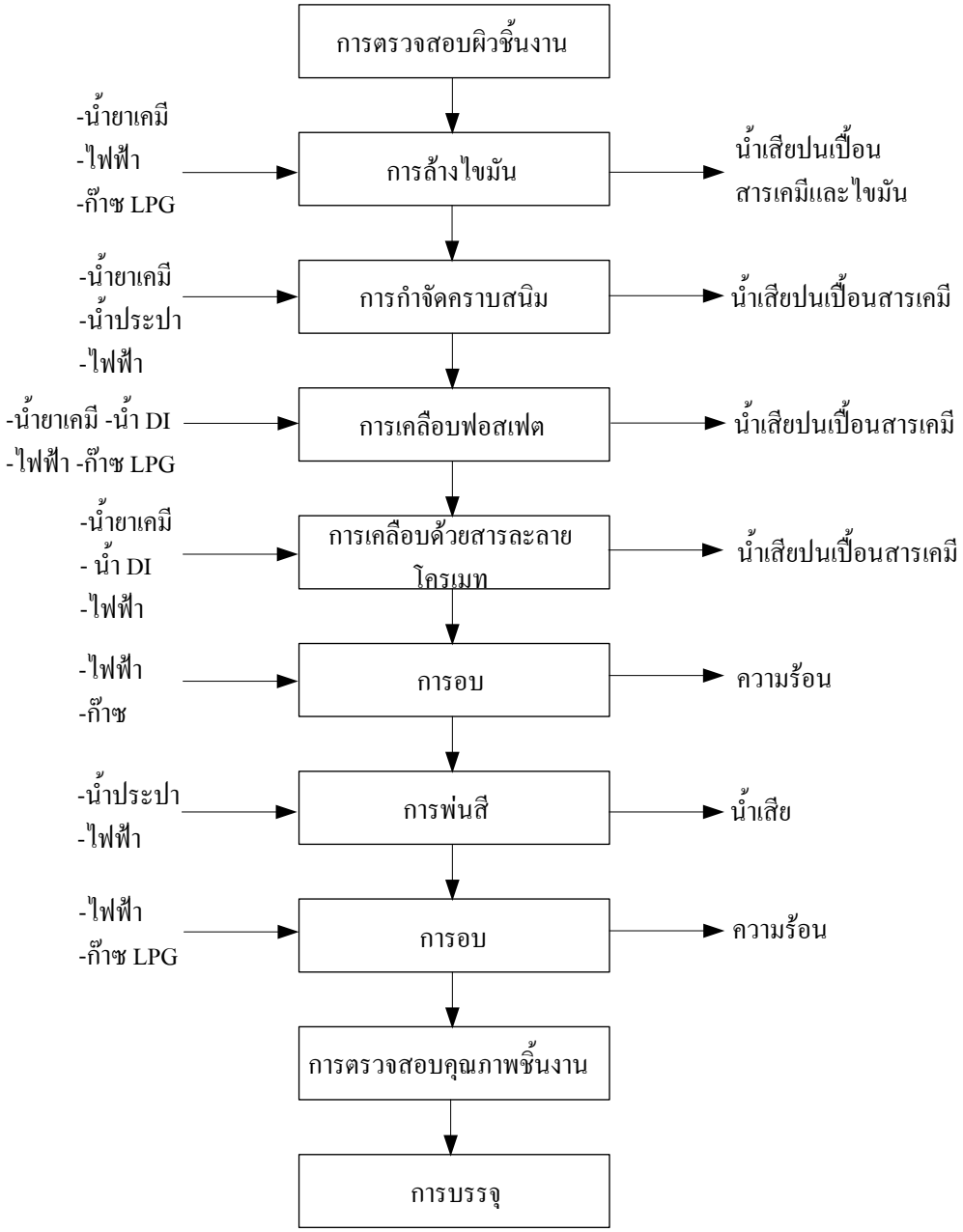
อบชิ้นงานให้แห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 150 -160 องศาเซลเซียสและใช้เวลาในการอบ 30 – 40 นาที

9) การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน

ตรวจสอบลักษณะทั่วไปของสีที่พ่น ความแข็งของสี ความหนาของสี ความคงทนของสีต่อการกัดกร่อน การยึดเกาะ และหากมีข้อบกพร่องจะต้องทำการแก้ไข ขัดซ่อม พ่นสีใหม่ หรือขัดซ่อมตกแต่ง

10) การบรรจุ

ทำการจัดเก็บชิ้นงานใส่ในภาชนะบรรจุและติดป้ายบ่งชี้ตามข้อกำหนดของลูกค้าแต่ละราย



<u>รูปที่ 3.1</u> กระบวนการพ่นสีชิ้นงานผิวอลูมิเนียม

3.1.1.2 กระบวนการชุบสีด้วยไฟฟ้า

1) การเตรียมชิ้นงาน

ทำการตรวจสอบชื่อรุ่นชิ้นงานที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และแขวนชิ้นงานกับตัวจับยึดและใส่ฝาครอบ (CAP) ตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดหลังจากที่เตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในสายการผลิตแล้ว เช่น เครื่อง Degreasing – Dipping Degreasing-Spray Phosphate Oven และปรับความเร็วของสายพานลำเลียง

2) การล้างน้ำร้อน

ทำการล้างชิ้นงานในน้ำที่อุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 – 2 นาที จากนั้นล้างคราบไขมันด้วยน้ำยาเคมีที่อุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียสอีกประมาณ 1 – 2 นาที โดยล้างไขมันแบบจุ่มแล้วต่อด้วยล้างไขมันแบบสเปรย์ แล้วจึงนำมาล้างด้วยน้ำอีก 3 ครั้ง

3) การเคลือบผิวฟอสเฟต

ทำการปรับสภาพผิวชิ้นงานด้วยสารละลายเคมีก่อนทำการเคลือบผิวชิ้นงานด้วยสารละลายฟอสเฟตที่อุณหภูมิ 40 – 45 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2 – 3 นาที

4) การล้างน้ำปราศจากไอออน(De-ionized, DI)

ทำการจุ่มล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 3 ครั้ง โดยการจุ่มล้างแต่ละครั้งประมาณ 0.5 – 1 นาที

5) การชุบสีด้วยไฟฟ้า

ทำการชุบสีด้วยไฟฟ้าโดยนำชิ้นงานจุ่มในน้ำยาเคมีที่อุณหภูมิ 27 – 29 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2 – 3 นาที

6) การล้างด้วยอุลตราโซนิค

ล้างชิ้นงานด้วยน้ำปราศจากไอออนด้วยเครื่องอุลตราโซนิค 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิปกติ ใช้เวลาในการล้างครั้งละ 0.5 – 1 นาที แล้วเป่าลมให้แห้ง

7) การอบสี

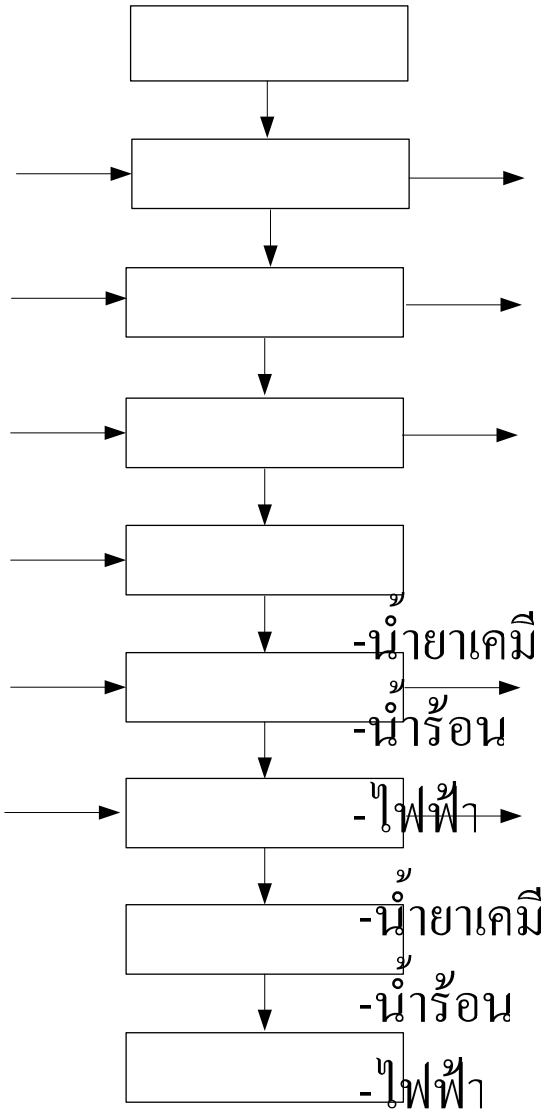
ทำการอบสีชิ้นงานที่อุณหภูมิ 190 – 210 องศาเซลเซียส ประมาณ 45 ถึง 60 นาที

8) การตรวจสอบคุณภาพ

ตรวจสอบลักษณะผิวชิ้นงานภายนอก หากมีจุดที่ชุบไม่ติด ต้องทำการตกแต่งแก้ไขโดยใช้สีที่แห้งเร็ว

9) การบรรจุ

ทำการตรวจจำนวนชิ้นงานและบรรจุลงในภาชนะ พร้อมติดป้ายบ่งชี้ตามที่ลูกค้ากำหนด



<u>รูปที่ 3.2</u> กระบวนการชุบสีด้วยไฟฟ้า

3.1.2 การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร

เป็นการนำข้อมูลจากผังกระบวนการผลิตมาจัดทำเป็นตารางแจกแจงตามการใช้ทรัพยากร คือการใช้วัตถุดิบ การใช้น้ำ และการใช้พลังงาน ของแต่ละกระบวนการผลิต แล้วพิจารณาการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ของแต่ละกระบวนการผลิตโดยให้น้ำหนักการใช้ ดังนี้ มาก = ◉ ปานกลาง = ○ และน้อย =△ ตามความเหมาะสมของการใช้ทรัพยากรในกระบวนการนั้น ๆ เพื่อใช้พิจารณาในการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงต่อไป ในหัวข้อที่ 3.1.3

3.1.2.1 การใช้วัตถุดิบ

ตารางที่ 3.1 แสดงการวิเคราะห์การใช้วัตถุดิบ

ลำดับที่	กระบวนการผลิต	ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณการสูญเสียต่อเดือน	ต้นทุน
1.	เคลือบผิว – พ่นสี	การพ่นสี	21,217 ชิ้น	◉
	อลูมิเนียม	การอบสี	2,177 ชิ้น	○
2.	ชุบสีด้วยไฟฟ้า	การชุบสีด้วยไฟฟ้า	5,345 ชิ้น	○
		การอบสี	3,564 ชิ้น	○
รวม			32,303 ชิ้น	

◉=มาก(มากกว่า 10,000 ชิ้น) ○=ปานกลาง(1,000 – 10,000 ชิ้น) △=น้อย(น้อยกว่า 1,000 ชิ้น)

การวิเคราะห์

ปัญหาสำคัญของการสูญเสียวัตถุดิบมากอยู่ที่ขั้นตอนการพ่นสีและรองลงมาในขั้นตอนการอบสี โดยเกิดจากการที่มีเม็ดฝุ่นเข้าไปในขั้นตอนการพ่นสีและการอบสี สีที่ชิ้นงานไม่ได้คุณภาพ เช่น ความหนา มีรอยขีดข่วน เป็นต้น ทำให้เกิดปัญหาของเสีย และเป็นผลให้ทางโรงงานต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ดังนั้น วิธีการหรือมาตรการที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหานี้ให้ได้ผลมากที่สุดคือการจัดแบ่งกลุ่มของการสูญเสียวัตถุดิบด้วยเมนูเนื้อปลา และพิจารณาสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียนั้นมากที่สุด แล้วจึงพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตเช่น การปฏิบัติของพนักงาน เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้งาน คุณภาพของสีที่ใช้ วิธีการพ่นสี และการควบคุมกระบวนการ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การสูญเสียวัตถุดิบลดลงได้ รายละเอียดตามหัวข้อที่ 3.1.4.1 หน้าที่ 3 – 13

3.1.2.2 การใช้น้ำ

ตารางที่ 3.2 แสดงการวิเคราะห์การใช้น้ำ

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	คุณภาพน้ำใช้	ปริมาณการใช้ต่อเดือน	ต้นทุน
1.	เคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม	บ่อล้างน้ำครั้งที่ 1	น้ำประปา	136 ลบ.ม.	○
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 2	น้ำประปา	144 ลบ.ม.	○
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 3	น้ำประปา	126 ลบ.ม.	○
		บ่อปรับสภาพผิว	น้ำประปา	128 ลบ.ม.	○
		บ่อเคลือบฟอสเฟต	น้ำประปา	134 ลบ.ม.	○
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 4	น้ำประปา	123 ลบ.ม.	○
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 5	น้ำประปา	120 ลบ.ม.	○
		บ่อล้างน้ำ	น้ำ DI	128 ลบ.ม.	○
		บ่อล้างน้ำ (ร้อน)	น้ำ DI	144 ลบ.ม.	○
		ห้องพ่นสี	น้ำประปา	56 ลบ.ม.	△
2.	ชุบสีด้วยไฟฟ้า	บ่อล้างน้ำร้อน	น้ำประปา	38 ลบ.ม.	△
		บ่อล้างไขมันแบบจุ่ม	น้ำประปา	265 ลบ.ม.	◉
		บ่อล้างไขมันแบบสเปรย์	น้ำประปา	87 ลบ.ม.	○
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 1	น้ำประปา	63 ลบ.ม.	○
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 2	น้ำประปา	35 ลบ.ม.	△
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 3	น้ำประปา	35 ลบ.ม.	△
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 4	น้ำ DI	30 ลบ.ม.	△
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 5	น้ำ DI	34 ลบ.ม.	△
		บ่อล้างน้ำ	น้ำ DI	41 ลบ.ม.	△
		บ่อชุบสีด้วยไฟฟ้า	น้ำ DI	404 ลบ.ม.	◉
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 1	น้ำ DI	42 ลบ.ม.	△
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 2	น้ำ DI	44 ลบ.ม.	△
		บ่อล้างน้ำครั้งที่ 3	น้ำ DI	44 ลบ.ม.	△
3.	ระบบสุขาภิบาลในโรงงาน	-	น้ำประปา	492 ลบ.ม.	◉
รวม				2,893 ลบ.ม.	

◉=มาก(มากกว่า 150 ลบ.ม.) ○=ปานกลาง(60 – 150 ลบ.ม.) △=น้อย(น้อยกว่า 60 ลบ.ม.)

หมายเหตุ 1. ค่าน้ำประปา = 22.72 บาท / ลูกบาศก์เมตร

2. ค่าน้ำ DI = 42.43 บาท / ลูกบาศก์เมตร

การวิเคราะห์

นัยสำคัญของการใช้น้ำอยู่ในขั้นตอนการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาดชิ้นงานก่อนการพ่นสี ที่สำคัญอย่างยิ่งจะมีการสูญเสียการใช้น้ำจากการรอคอยชิ้นงานของเครื่องจักร โดยทำการวิเคราะห์จากการตรวจสอบการเดินเครื่องจักรในสายการผลิตชุบสีด้วยไฟฟ้า ด้วยตารางสำรวจการเดินเครื่อง การระบุปัญหาที่พบจากตารางสำรวจการเดินเครื่อง พบว่า ไม่มีชิ้นงานในการชุบสีอย่างต่อเนื่องทำให้ต้องปล่อยเครื่องว่างเพื่อรอชิ้นงาน ทำให้มีการสูญเสียน้ำและพลังงานเกิดขึ้นรายละเอียดตามหัวข้อที่ 3.1.4.2 หน้าที่ 3 – 19

3.1.2.3 การใช้พลังงาน

1) ไฟฟ้า

ตารางที่ 3.3 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด กิโลวัตต์	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
1.	เคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม	บ่อล้างไขมันครั้งที่ 1	2.75	08.00 – 02.00	△
		บ่อล้างไขมันครั้งที่ 2	2.25	08.00 – 02.00	△
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 1	2.25	08.00 – 02.00	△
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 2	1.50	08.00 – 02.00	△
		เครื่องกำจัดคราบสนิม – น้ำยา	7.85	08.00 – 02.00	△
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 3	1.50	08.00 – 02.00	△
		บ่อปรับสภาพผิว	3.75	08.00 – 02.00	△
		เคลือบฟอสเฟต	7.60	08.00 – 02.00	△
		เครื่องเคลือบโครเมทแบบใส	5.00	08.00 – 02.00	△
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 4	1.50	08.00 – 02.00	△
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 5	1.50	08.00 – 02.00	△
		บ่อล้างน้ำ	1.50	08.00 – 02.00	△
		บ่อล้างน้ำ (ร้อน)	1.50	08.00 – 02.00	△
		อบแห้ง	9.00	08.00 – 02.00	△
		พัดลมอัดอากาศ	4.50	08.00 – 02.00	△
		พ่นสี 1	33.75	08.00 – 05.00	◉
		พ่นสี 2	33.75	08.00 – 05.00	◉
		อบสี	7.10	08.00 – 05.00	△

◉=มาก(มากกว่า 30 กิโลวัตต์) ○=ปานกลาง(10 – 30 กิโลวัตต์) △=น้อย(น้อยกว่า 10 กิโลวัตต์)

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด กิโลวัตต์	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
2.	ชุบสีด้วยไฟฟ้า	บ่อน้ำร้อน	11.00	08.00 – 08.00	○
		บ่อล้างไขมันแบบจุ่ม	21.50	08.00 – 08.00	○
		บ่อล้างไขมันแบบสเปรย์	10.50	08.00 – 08.00	○
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 1	1.50	08.00 – 08.00	△
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 2	3.50	08.00 – 08.00	△
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 3	1.50	08.00 – 08.00	△
		บ่อปรับสภาพผิว	1.50	08.00 – 08.00	△
		เคลือบฟอสเฟต	13.00	08.00 – 08.00	○
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 4	1.50	08.00 – 08.00	△
		บ่อน้ำล้างครั้งที่ 5	2.00	08.00 – 08.00	△
		บ่อล้างน้ำ	1.50	08.00 – 08.00	△
		ระบบ Circulation และ Anolyte	18.00	08.00 – 08.00	○
		ระบบ UF - 1	5.50	08.00 – 08.00	△
		ระบบ UF – 2	6.00	08.00 – 08.00	△
		บ่อล้างน้ำ	2.00	08.00 – 08.00	△
		เครื่องเป่าลม	1.50	08.00 – 08.00	△
		เตาอบสี	4.00	08.00 – 08.00	△
3.	ทั่วโรงงาน	เครื่องปรับอากาศ	14.00	08.00 – 17.00	○
		เครื่องอัดลม	134.28	08.00 – 08.00	◉
		ระบบทำน้ำเย็น	18.60	08.00 – 08.00	○
		ระบบน้ำ RO	25	08.00 – 08.00	○
		ระบบน้ำ DI	37	08.00 – 08.00	◉
		หลอดไฟแสงสว่าง	15.64	08.00 – 08.00	○
รวม			479.07		

◉=มาก(มากกว่า 30 กิโลวัตต์) ○=ปานกลาง(10 – 30 กิโลวัตต์) △=น้อย(น้อยกว่า 10 กิโลวัตต์)

การวิเคราะห์

การใช้พลังงานไฟฟ้าจะพบว่าในสายการผลิตเคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียมจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากในส่วนการพ่นสีมากที่สุด สำหรับสายการผลิตชุบสีด้วยไฟฟ้าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในระบบ Circulation และระบบทำน้ำเย็นเนื่องจากต้องเปิดระบบตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงควรคำนึงถึงการใช้งานเครื่องจักร / อุปกรณ์ให้มีการสูญเปล่าเช่น การรอการผลิต เครื่องจักรเสีย ให้น้อยที่สุด การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดลมก็มีปริมาณมากเนื่องจากมีการใช้อากาศอัดในการเป่าทำความสะอาดทุกสายการผลิต จากการวิเคราะห์การใช้อากาศอัดพบว่ามีการรั่วของอากาศอัดหลายจุด ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในการผลิตอากาศอัดเกิดขึ้น

2) เชื้อเพลิง

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์การใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	อุณหภูมิ	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
1.	เคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม	บ่อล้างไขมันครั้งที่ 1	50 – 60 °C	08.00 – 02.00	△
		บ่อล้างไขมันครั้งที่ 2	50 – 60 °C	08.00 – 02.00	△
		บ่อล้างน้ำ (ร้อน)	60 – 80 °C	08.00 – 02.00	△
		อบแห้ง	110 – 120 °C	08.00 – 05.00	○
		อบสี	150 – 160 °C	08.00 – 05.00	◉
2.	ชุบสีด้วยไฟฟ้า	อบสี	190 – 210 °C	08.00 – 23.00	◉

◉=มาก(มากกว่า 150 องศาเซลเซียส) ○=ปานกลาง(100-150 องศาเซลเซียส) △=น้อย(น้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส)

การวิเคราะห์

การใช้เชื้อเพลิงจะพบว่าทั้งในสายการผลิตเคลือบผิว – พ่นสีเหล็ก เคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม และชุบสีด้วยไฟฟ้าจะมีการใช้เชื้อเพลิงมากในส่วนการอบแห้งและอบสีมากที่สุด ดังนั้นการประหยัดเชื้อเพลิงจึงควรคำนึงถึงการลดการสูญเปล่าในการใช้งานเครื่องจักร / อุปกรณ์เช่น การรอการผลิต การปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับแต่ละผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ก็จะช่วยให้การใช้เชื้อเพลิงลดลงได้

3.1.3 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงจะพิจารณาจากผลที่ได้จากการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรคือ วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน มากำหนดเป็นหัวข้อในรูปของพื้นที่การผลิต หน่วยการผลิตหรือกิจกรรมที่จะดำเนินการ ที่มาของประเด็นปัญหา และแนวทางการแก้ไขปรับปรุง เพื่อนำไปพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และนำไปจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในหัวข้อที่ 3.1.4

3.1.3.1 ส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

แสดงตามตารางดังนี้

ตารางที่ 3.5 แสดงการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

พื้นที่	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ประเด็นปัญหา	แนวทางการแก้ไขปรับปรุง
เคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม	การพ่นสี	มีการสูญเสียวัตถุดิบจากการพ่นสี เนื่องจากมีเม็ดฝุ่นเกิดขึ้นที่ผิวชิ้นงาน	ใช้เมนูเนื้อปลาในการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบสาเหตุของปัญหาและปรับปรุงการบันทึกเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว
ชุบสีด้วยไฟฟ้า	การเตรียมการผลิตชิ้นงานชุบสีด้วยไฟฟ้า	มีการสูญเสียน้ำใช้เนื่องจากปริมาณการผลิตไม่สม่ำเสมอ	ใช้ตารางสำรวจการเดินเครื่องพบว่ามีการรอชิ้นงานเกิดขึ้น แก้ไขโดยการหยุดเดินเครื่องขณะไม่มีชิ้นงาน
		มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากปริมาณการผลิตไม่สม่ำเสมอ	ใช้ตารางสำรวจการเดินเครื่องพบว่ามีการรอชิ้นงานเกิดขึ้น แก้ไขโดยการหยุดเดินเครื่องขณะไม่มีชิ้นงาน
เคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม	การใช้แสงสว่างจากไฟฟ้า	มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการใช้งานหลอดไฟส่องสว่างไม่เหมาะสมกับการทำงานหรือ พื้นที่ใช้งาน	ลดต้นทุนสูญเปล่าในระบบแสงสว่างโดยสำรวจการติดตั้ง ตรวจวัดความเข้มแสง และพิจารณาการแยกสวิตซ์ การปลดหลอดไฟฟ้า หรือการเพิ่มแสงสว่างในกรณีที่ไม่เพียงพอ
เคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม	การใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)	มีการสูญเสียเชื้อเพลิงเนื่องจากมีก๊าซปิโตรเลียมเหลวเหลือค้างถังก่อนส่งคืนผู้ขาย	ลดต้นทุนสูญเปล่าโดยการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการอุ่นก๊าซปิโตรเลียมเหลวเพื่อนำส่วนที่เหลือค้างถังมาใช้

3.1.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ตารางที่ 3.6 แสดงการประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	รายละเอียดการพิจารณา							ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง
		ทางเทคนิค				ทางเศรษฐศาสตร์			
		สามารถลดการใช้ทรัพยากร	ไม่มีผลกระทบด้านการผลิตและคุณภาพงาน	ไม่มีผลกระทบด้านความปลอดภัยในการทำงาน	สามารถดำเนินการปฏิบัติได้	ระยะเวลาคืนทุนเหมาะสม	คุ้มค่าในการลงทุน	สร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร	
1.	**การสูญเสียวัตถุดิบ** ลดปัญหาของเสียในกระบวนการผลิต	○	◉	○	◉	◉	◉	◉	◉
2.	**การใช้น้ำ** ลดการเดินเครื่องตัวเปล่าในการผลิตชิ้นงานชุบสีด้วยไฟฟ้า	◉	○	○	○	◉	◉	○	○
3.	**การใช้พลังงาน** **1) ไฟฟ้า** 1.1) ลดการเดินเครื่องตัวเปล่าในการผลิตชิ้นงานชุบสีด้วยไฟฟ้า	◉	○	○	○	◉	◉	○	○
	1.2) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายโรงงาน	○	○	○	○	◉	◉	△	○
	2) เชื้อเพลิง ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) อย่างคุ้มค่า	○	△	○	○	○	○	△	○

◉=มาก ○= ปานกลาง △=น้อย

3.1.4 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

การจัดทำข้อเสนอการปรับปรุงเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียทรัพยากรต่าง ๆ ได้แก่

3.1.4.1 ลดการสูญเสียวัตถุดิบ

ลดชิ้นงานเสียในกระบวนการผลิต

การพ่นสีชิ้นงานอลูมิเนียมและชิ้นส่วนพลาสติกในสายการผลิตเคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียมจะเน้นเรื่องคุณภาพและสภาพผิวชิ้นงานเป็นส่วนใหญ่ และในแผนกเคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม ได้ประสบปัญหาของเสียในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากเทคนิคในการผลิตทำให้เสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการแก้ไขงาน (Rework) เกิดขึ้น จึงได้ทำการลดของเสียในกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการจัดการตามหลักการวิศวกรรมคุณค่า (VE) มาประยุกต์ใช้ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต
2. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขงาน
3. เพื่อผลิตชิ้นงานให้ได้ตามลูกค้าต้องการและทันเวลาส่งมอบ

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

จากการเก็บข้อมูลของชิ้นงานเสียในปี 2550 พบว่ามีชิ้นงานเสียในกระบวนการผลิตร้อยละ 15.70 ของแผนกเคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม มีเป้าหมายในปี 2551 ที่จะต้องลดชิ้นงานเสียในกระบวนการผลิตไม่ให้เกินร้อยละ 9 จึงใช้เมนูเนื้อปลาในการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบสาเหตุของปัญหา ดังนี้

สิ่งที่ถูกมองข้ามก่อนนำวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้

- การเก็บข้อมูลและบันทึกรายละเอียดชิ้นงานเสียไม่มีการแจกแจงในบันทึกแต่ละกะว่ามีปัญหามากน้อยเพียงใด
- ไม่มีการบันทึกข้อมูลของเสียเฉพาะกลุ่มบุคคลทำให้ไม่ทราบเจ้าภาพของปัญหา
- การเก็บข้อมูลของเสียโดยการแยกปัญหาของแต่ละกะเพื่อนำมาแก้ไข
- การระบุเจ้าภาพของปัญหาหรือผู้รับผิดชอบ

จากการเก็บข้อมูลของเสียในเดือนพฤษภาคมและนำมาวิเคราะห์ด้วยเมนูเนื้อปลา ทำให้ทราบสาเหตุของของเสียดังนี้

<u>ตารางที่ 3.7</u> แสดงการวิเคราะห์ปัญหาชิ้นงานเสียในแผนกเคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียมด้วยเมนูเนื้อปลา

เมนูเนื้อปลา ข้อมูลเดือน พฤษภาคม 2551 ◎ : มาก ○ : ปานกลาง △ : น้อย

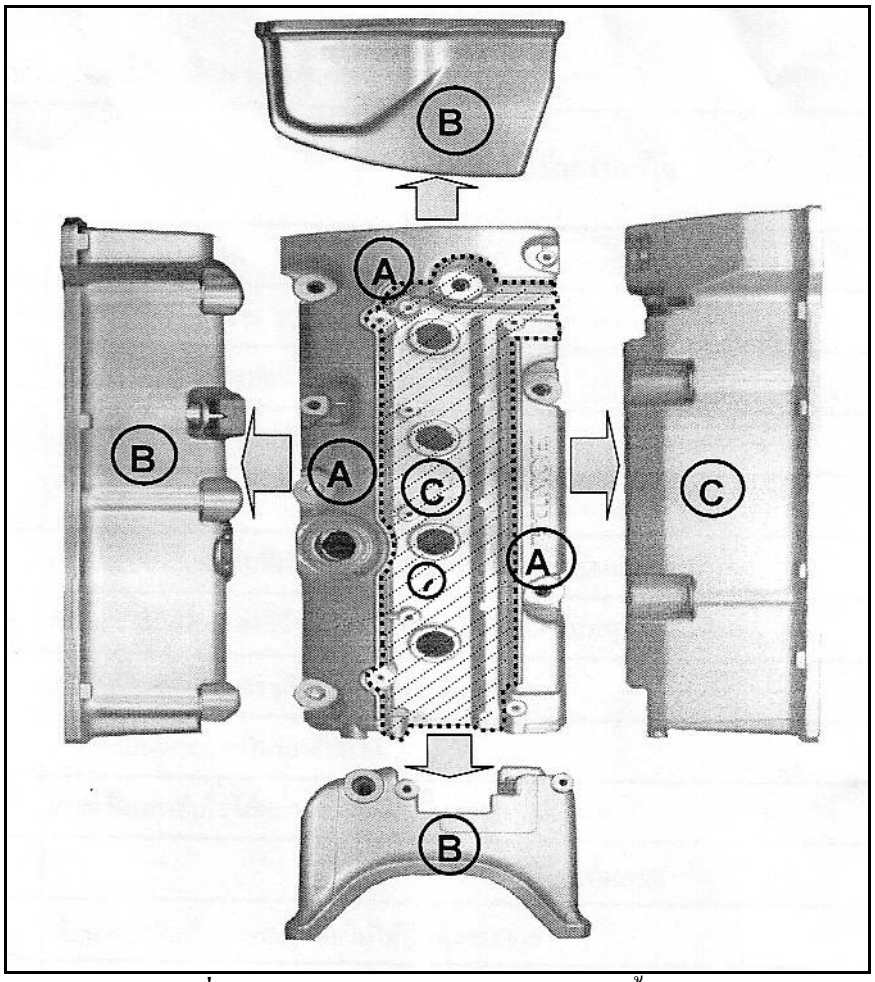
NO.	ชนิดของเสีย / 5 M.S	% ของเสีย	MAN						MACHINE							MATERIAL						METHOD						MANAGEMENT						
			ขาดทักษะ	ลืมการทำงาน	ขาดความรับผิดชอบ	ขาดการฝึกอบรม	ขาดความชำนาญ	ขาดการตรวจสอบ	ปั๊มลม	ระบบ air balance	ตู้อบ	ตู้พ่นสี	ตู้ปั๊มสี	ตู้ผสมสี	เครื่องชั่ง	ขาดการบำรุงรักษา	ขาดการตรวจสอบ	ขาดการควบคุม	ขาดการจัดเก็บ	ขาดการตรวจสอบ	ขาดการตรวจสอบ	ขาดการฝึกอบรม	ขาดการควบคุม	ขาดการจัดเก็บ	ขาดการตรวจสอบ	ขาดการตรวจสอบ	ขาดการฝึกอบรม	ขาดการควบคุม	ขาดการจัดเก็บ	ขาดการตรวจสอบ	ขาดการตรวจสอบ	ขาดการฝึกอบรม	ขาดการควบคุม
1	เม็ดฝุ่น	8.48	◎	◎	△	○	△	△	-	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	△	△	△	△	△	△
2	ขนผ้า	3.15	◎	◎	△	○	△	△	-	◎	◎	◎	△	△	◎	-	◎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△	△	△	△	△
3	สีบาง	2.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△	◎	-	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	△	△	△	△	△	△
4	สีย้อย	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△	◎	-	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	△	△	△	△	△	△
5	รอยขีดข่วน	1.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△	◎	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	△	△	△	△	△	△
6	หลุมน้ำมัน	0.24	-	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△	△	△	△	△
7	สีเดือด	0.57	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	△	△	△	△	△	△

จากการวิเคราะห์ด้วยเมนูเนื้อปลาพบว่า ปัญหาเกี่ยวกับเม็ดฝุ่นมีสัดส่วนมากที่สุด จึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของเม็ดฝุ่นในกระบวนการผลิตได้ดังนี้

ตารางที่ 3.8 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาเม็ดฝุ่นในกระบวนการเคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียม

กระบวนการผลิต	ลักษณะของเสียและสาเหตุ	การป้องกัน/แก้ไข
รับชิ้นส่วนจากลูกค้า	เม็ดจมที่เกิดมาจากชิ้นส่วนจากลูกค้า ด้วยสาเหตุ 1. ฝุ่นเกิดจากการขัดผิว 2. ภาชนะบรรจุมีฝุ่น	1. เพิ่มการเป่าลมชิ้นงานก่อนเข้าล้าง 2. แจ้งลูกค้าให้มีการเป่าลมชิ้นงานก่อนส่งมาให้
Pretreatment	เม็ดจมที่เกิดจากบ่อน้ำล้าง ด้วยสาเหตุ 1. บ่อน้ำล้างมีคราบสกปรก 2. ตะแกรงสกปรก	1. ทำความสะอาดบ่อน้ำล้าง 2. ทำความสะอาดตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig) 3. ถอดแปรงที่ห้องเป่าน้ำออกเพราะเป็นจุดที่ไม่จำเป็นในการใช้
Process Painting	เม็ดจมเกิดในแผนก Painting ด้วยสาเหตุ 1. อุปกรณ์พ่นสีมีตะกอนติด 2. สีตกตะกอนเป็นเม็ด	1. ใช้ตัวปั่นสีขณะพ่นสี 2. เปลี่ยนตัวกรองสีจากขนาดเบอร์ 100 ไปเป็นขนาดเบอร์ 120 3. เปลี่ยนภาชนะบรรจุสีทุกวัน 4. ทำความสะอาดปืนพ่นสี 1 ครั้ง / สัปดาห์ 5. ไล่สีตกตะกอนในปืนพ่นสีก่อนทำการพ่นทุกครั้งด้วยอากาศอัด
ห้อง Setting (Check 100 %)	เม็ดลอยเกิดในห้อง Setting ด้วยสาเหตุ 1. ละอองสีเกาะตามผนังห้อง 2. ฝุ่นจากโซ่ลำเลียง	1. เป่าไล่ฝุ่นที่รางโซ่สายพานลำเลียงในห้อง Setting และห้องอบ 2. ดูดฝุ่นในช่องจ่ายลมร้อนในห้องอบสี 3. นำน้ำใส่ถาดเพื่อดักฝุ่นที่ตกลงพื้นห้องให้ลงน้ำ 4. ใช้พลาสติกติดผนังห้องแล้วพ่นด้วยกาววานิชเพื่อดักฝุ่น 5. เช็ดทำความสะอาดพื้นและผนังห้องอบสีไม่ให้มีฝุ่นเข้าไปเกาะ 6. ปิดรูด้านล่างของตัวจับยึดหลัก (Main Jig)
แยกของดี ของเสีย		
บันทึกลงเอกสาร Data Check		ใช้เอกสาร Data Check วิเคราะห์ปัญหาของเสีย / สาเหตุ / การแก้ไขและการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำ (ใช้กิจกรรม VE)

ผลการเก็บข้อมูลเม็ดฝุ่น



<u>รูปที่ 3.3</u> แสดงตำแหน่งการเกิดเม็ดฝุ่นในชิ้นส่วน

จากการเก็บข้อมูลชิ้นงานดังรูปที่ 3.3 จำนวน 250 ชิ้น ได้ผลดังนี้

<u>ตารางที่ 3.9</u> แสดงการเก็บข้อมูลของเสีย

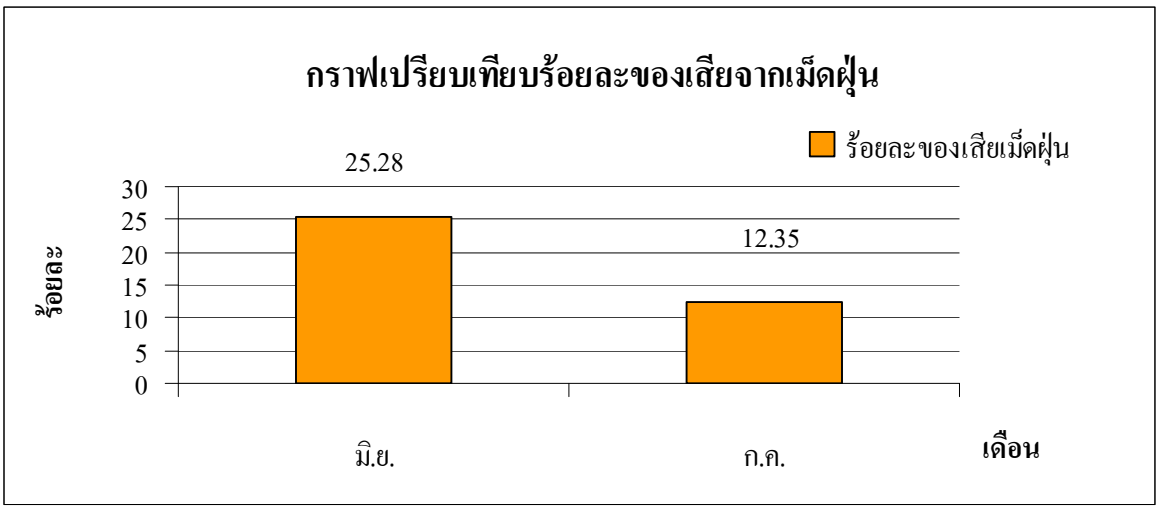
ลักษณะของเม็ดฝุ่น	A	B	C	รวม
เม็ดจม	12	(27)	(31)	(70)
เม็ดลอย	3	5	4	12
รวม	15	32	35	82

ปัญหาเม็ดฝุ่นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานจะเกิดที่โซน B และ C เป็นส่วนใหญ่และลักษณะการเกิดเม็ดฝุ่นจะเกิดก่อนพ่นสีมีลักษณะเป็นเม็ดจม ซึ่งได้นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ตามกระบวนการผลิตและสาเหตุที่แท้จริงเพื่อนำมาหาแนวทางแก้ไขและป้องกัน ซึ่งในเดือนกรกฎาคมได้ดำเนินการแก้ไขป้องกันดังนี้

ตารางที่ 3.10 แสดงการแก้ไขปัญหาของเสียจากเม็ดฝุ่น

ลำดับ	หัวข้อการแก้ไข
	Pretreatment
1	เพิ่มการเป่าอากาศอัดชิ้นงานจากลูกค้า ก่อนเข้ากระบวนการล้างผิว
2	กำหนดให้มีการล้างบ่อน้ำทุกสัปดาห์
3	ถอดแปรงด้านบนห้องเป่าน้ำ
	Painting
4	เพิ่มการปั่นสีขณะพ่นสีเพื่อป้องกันไม่ให้สีตกตะกอนเป็นเม็ด
5	กำหนดให้มีการกรองสีด้วยตัวกรองขนาดเบอร์ 120 ทุกครั้งก่อนนำไปพ่น
6	เปลี่ยนภาชนะบรรจุสีทุกวันเพื่อป้องกันสีตกตะกอน
7	ล้างปืนพ่นสีและสายปืนพ่นสีทุกสัปดาห์
8	ใช้อากาศอัดพ่นสีเพื่อไล่ตะกอนที่ค้างในปั๊มและสายปืนพ่นสีออก
	Setting & Oven
9	เพิ่มถาดน้ำให้ห้อง Setting เพื่อไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย
10	เป่าไล่ฝุ่นที่รางโซ่ลำเลียงในห้อง Setting และห้องอบสีทุกสัปดาห์
11	ดูดฝุ่นและทำความสะอาดด้านในช่องลมร้อน
12	เดินระบบห้องอบสีแล้วทำการเช็ดถูทุกวันจันทร์ก่อนทำการผลิต

จากการแก้ไขตามหัวข้อดังกล่าว ปัญหาเม็ดฝุ่นในชิ้นส่วนดังกล่าวได้ลดลงจากร้อยละ 25.28 ในเดือนมิถุนายน เหลือร้อยละ 12.35 ในเดือนกรกฎาคม หรือลดลงทั้งสิ้นร้อยละ 12.93



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบร้อยละชิ้นงานเสียจากเม็ดฝุ่น

<u>การคำนวณ</u>

ในเดือนกรกฎาคม 2551 แผนกเคลือบผิว – พ่นสีอลูมิเนียมมีการผลิตชิ้นส่วนที่ 6,310 ชิ้น

ของเสีย 25.28 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นจำนวน 1,595 ชิ้น

ของเสีย 12.35 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นจำนวน 779 ชิ้น

คิดเป็นจำนวนของเสียลดลง	= 1,595 – 779	ชิ้น / เดือน
	= 816	ชิ้น / เดือน
	= 816 x 12	ชิ้น / ปี
	= 9,792	ชิ้น / ปี

ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปรับปรุงได้แก่ ค่าแรง ค่าสี ค่ากระดาษทราย และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในกระบวนการผลิต รวม 82.75 บาทต่อชิ้น (ข้อมูลจากโรงงาน)

ดังนั้น คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลง	= 816 x 82.75	บาท / เดือน
	= 67,524	บาท / เดือน
หรือคิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้ต่อปี	= 67,524 x 12	บาท / ปี
	= 810,288	**บาท / ปี**

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

3.1.4.2 ลดการใช้น้ำ

การลดปริมาณการใช้น้ำด้วยวิธีการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าในการผลิตชิ้นงานชุบสีด้วยไฟฟ้าอธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 3.1.4.3

3.1.4.3 ลดการใช้พลังงาน

1) ไฟฟ้า

1.1) ลดการเดินเครื่องตัวเปล่าในการผลิตชิ้นงานชุบสีด้วยไฟฟ้า

การผลิตชิ้นงานชุบสีด้วยไฟฟ้าในปัจจุบันต้องมีการเปิดระบบการชุบสีไว้ตลอด 24 ชั่วโมง เนื่องจากการหยุดระบบจะมีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมีของสีที่ใช้ในการชุบเปลี่ยนแปลงและเสียเวลาในการควบคุมคุณสมบัติทางเคมีใหม่ แต่จากการแนะนำการประยุกต์ใช้ตารางสำรวจการเดินเครื่อง สามารถปรับปรุงการทำงานเพื่อประหยัดพลังงานโดยการบริหารจัดการกระบวนการผลิต

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. ลดต้นทุนการใช้น้ำ และพลังงานในการผลิต
2. ลดต้นทุนการสูญเสียเวลาการเดินเครื่องตัวเปล่า
3. ลดจำนวนของเสียที่เกิดจากการผลิต โดยไม่กระทบกับนโยบายด้านคุณภาพและความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมของบริษัทฯ ที่กำหนดไว้

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

1. สำรวจการทำงานของเครื่องจักรในสายการผลิตด้วยตารางสำรวจการเดินเครื่องพบว่าเกิดการรอชิ้นงานในสายการผลิต
2. ปิดระบบน้ำล้างชิ้นงาน (Pretreatment) ในระหว่างรอชิ้นงานได้โดยไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

สภาพก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 3.11 แสดงการวิเคราะห์การทำงานสายการผลิตชุบสีด้วยไฟฟ้า

Line / เวลา	Line SP	Line AL	EDP-Acrylic	EDP-Epoxy
06.00	06.00		06.00	06.00
07.00				
08.00		Meeting 08.00 – 08.21 ปล่อยว่าง เผางาน		ปล่อยว่าง รองาน 08.03 – 12.00
09.00	ปรับ Temp. 9.20 – 9.49 9.55 – 9.58 หยุด Line	08.52 – 09.52 ปิดน้ำล้าง ขัดกระดาษทราย		
10.00	เว้นสี 10.00 – 10.06	10.14 – 10.22		
11.00	เว้นสี 11.40 – 11.45			ปล่อยขึ้กว่าง
12.00	เว้นสี 12.05 -12.12	เว้นรองานเผา 12.32 – 13.45		12.03 – 12.09 12.12 – 12.18
13.00	ล้างปืน 13.40 – 13.45			ปล่อยว่างรองาน 13.06 – 14.24
14.00				
15.00	Temp. Baking Oven ไม่ได้		ปล่อยว่าง รถ CAP 15.59 – 16.09	
16.00	16.00 – 16.25	รองานเผา		ปล่อยขึ้กว่าง 16.30 – 16.33
17.00		16.41 – 17.41 รองานเผา		
18.00	พ่น Chain Case 18.20 – 18.24	18.15 – 18.32		ปล่อยว่างรอเก็บชิ้นงาน 17.42 – 21.00
19.00				
20.00		รองานเผา 20.06 – 20.13		
21.00		รองานเผา	STOP LINE	
22.00	ปรับอุณหภูมิ 22.35 – 24.00	21.33 – 24.00	22.00	
23.00				
24.00		เว้นจิ๊ก		
01.00		01.20 – 01.31		
02.00				

การคำนวณ

ตารางที่ 3.12 แสดงการปิดระบบน้ำล้างชิ้นงานในกระบวนการชุบสีด้วยไฟฟ้า

ลำดับที่	เครื่องจักร	ขนาด กิโลวัตต์	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม. /ชั่วโมง)	ชั่วโมงที่ลดได้เฉลี่ยต่อวัน	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน) ที่ลดลง	ปริมาณน้ำที่ลดลง (ลบ.ม./วัน)
1	บ่อล้างน้ำร้อน	11.00	0.0528	8	88	0.4224
2	บ่อล้างไขมันแบบจุ่ม	21.50	0.3681	8	172	2.9448
3	บ่อล้างไขมันแบบสเปรย์	10.50	0.1208	8	84	0.9664
4	บ่อล้างน้ำครั้งที่ 1	1.50	0.0875	8	12	0.7000
5	บ่อล้างน้ำครั้งที่ 2	3.50	0.0486	8	28	0.3888
6	บ่อล้างน้ำครั้งที่ 3	1.50	0.0486	8	12	0.3888
7	บ่อปรับสภาพผิว	1.50	-	8	12	0
8	บ่อเคลือบฟอสเฟต	13.00	-	8	104	0
9	บ่อน้ำล้างครั้งที่ 4	1.50	0.0417	8	12	0.3336
10	บ่อน้ำล้างครั้งที่ 5	2.00	0.0472	8	16	0.3776
11	บ่อน้ำล้างปราศจากไอออน	1.50	0.0569	8	12	0.4552
	รวม	**69.00**	**0.8722**		**552**	**6.9776**

ผลการประหยัดจากการปิดระบบน้ำล้าง สามารถลดการใช้น้ำประปาและน้ำปราศจากไอออน ได้ดังนี้

บริษัทมีการทำงานเดือนละ = 26 วัน

ค่าไฟฟ้า = 3.39 บาท / กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าน้ำประปา = 22.72 บาท / ลูกบาศก์เมตร

และค่าน้ำปราศจากไอออน = 42.43 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ขั้นตอนที่ใช้น้ำประปาได้แก่ ลำดับที่ 1 ถึง 6

ปริมาณน้ำประปาที่ประหยัดได้ = (0.4224+2.9448+0.9664+0.7000+0.3888+0.3888) x 26 x 12

= 1,813.09 ลูกบาศก์เมตร/ ปี

ค่าน้ำที่ประหยัดได้ = 1,813.09 x 22.72 บาท / ปี

= 41,193.40 บาท / ปี

ขั้นตอนที่ใช้น้ำปราศจากไอออนได้แก่ ลำดับที่ 9 ถึง 11

ปริมาณน้ำปราศจากไอออนที่ประหยัดได้

= (0.3336 + 0.3776 + 0.4552) x 26 x 12 ลูกบาศก์เมตร/ ปี

= 363.92 ลูกบาศก์เมตร/ ปี

ค่าน้ำปราศจากไอออนที่ประหยัดได้

= 363.92 x 42.43 บาท / ปี

= 15,441.13 บาท / ปี

รวมปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ = 1,813.09 + 363.92 ลูกบาศก์เมตร / ปี

= 2,177.01 ลูกบาศก์เมตร / ปี

รวมค่าน้ำที่ประหยัดได้ = 41,193.40 + 15,441.13 บาท / ปี

= 56,635 บาท / ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 552 x 26 x 12 กิโลวัตต์-ชั่วโมง / ปี

= 172,224.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง / ปี

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 172,224.00 x 3.39 บาท / ปี

= 583,839 บาท / ปี

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

1.2) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายโรงงาน

บริษัทประกอบกิจการพ่นสี ชุบสี และปั๊มชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ รถจักรยานยนต์ จึงมีการใช้ระบบแสงสว่างมาก ซึ่งค่าความเข้มแสงมีผลกับการผลิตและตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมาก และต้องตรวจสอบให้ค่าความเข้มแสงเป็นไปตามที่มาตรฐานกฎหมายกำหนด เพื่อไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ปฏิบัติงาน ณ พื้นที่ปฏิบัติงานนั้น ๆ

ระบบแสงสว่างของบริษัทฯ ส่วนใหญ่เป็นแบบสวิตซ์เดียวใช้เปิดหลอดไฟฟ้าหลายหลอดและหลายพื้นที่ ดังนั้นหากต้องการใช้ไฟฟ้าในการให้แสงสว่างเพียงจุดเดียว จะทำให้ต้องเปิดหลอดไฟฟ้าหลายหลอดพร้อมกัน

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. ค่าความเข้มแสงทุกพื้นที่ปฏิบัติงานเป็นไปตามกฎหมายกำหนด
2. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างลง 10 เปอร์เซ็นต์
3. สร้างจิตสำนึกให้พนักงานประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

จากการสำรวจสภาพปัจจุบันพบว่า แผนกเคลือบผิว - พ่นสี 2 หน่วยงาน คือ หน่วยงาน Hood Cap และหน่วยงานท่อไอเสีย มีต้นทุนสูญเปล่าจากการใช้หลอดไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ดังนี้

1. สวิตซ์ 1 ตัว ควบคุมการเปิด - ปิดหลอดไฟฟ้าหลายหลอดพร้อมกัน ดังนั้นในบางพื้นที่ที่ไม่มีการทำงานทำให้จำเป็นต้องเปิดหลอดไฟตลอดเวลา ทำการแก้ไขโดยแยกสวิตซ์หลอดไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเปิด – ปิดเฉพาะพื้นที่ที่มีการทำงาน
2. การติดตั้งหลอดไฟฟ้าสูงเกินความจำเป็นทำให้ต้องใช้หลอดไฟฟ้าหลายหลอดในการส่องสว่างและสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ทำการแก้ไขโดยลดระดับการติดตั้งหลอดไฟฟ้าลงมาและให้ตรงกับการทำงาน
3. การติดตั้งหลอดไฟฟ้าไม่ตรงกับพื้นที่ทำงาน ทำให้พื้นที่ทำงานมีแสงสว่างไม่เพียงพอแต่กลับเพิ่มความสว่างให้กับพื้นที่ที่ไม่มีการทำงาน ทำการแก้ไขโดยย้ายตำแหน่งการทำงานหรือติดตั้งหลอดไฟฟ้าให้ตรงกับการทำงาน
4. การติดตั้งหลอดไฟฟ้าติดกับตัวบูธบริเวณที่มีการสั่นสะเทือนตลอดเวลาการทำงาน ส่งผลให้หลอดไฟฟ้าชำรุดเร็วกว่าอายุการใช้งานที่กำหนด ซึ่งทำให้ต้องเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าในพื้นที่ดังกล่าวบ่อย ๆ ทำการแก้ไขโดยเพิ่มโครงเหล็กเพื่อติดตั้งหลอดไฟฟ้า
5. ไม่มีการใช้แผ่นสะท้อนแสงช่วยในการสะท้อนแสงสว่าง จึงทำให้ต้องใช้หลอดไฟฟ้ามากในพื้นที่ที่ต้องการใช้แสงสว่างมาก ทำการแก้ไขโดยติดแผ่นสะท้อนแสงที่โคมไฟฟ้า

สภาพก่อนการปรับปรุง

รูปที่ 3.5 แสดงสภาพก่อนการปรับปรุงระบบแสงสว่าง

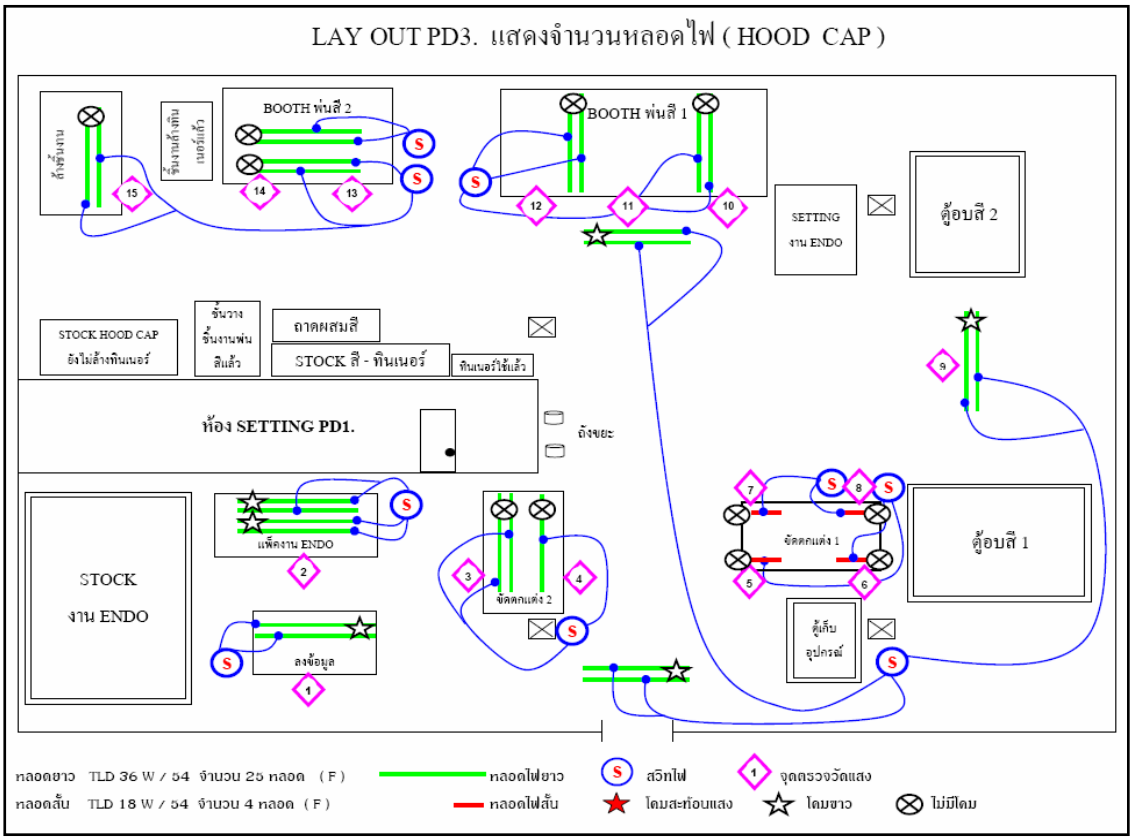
มีการใช้ระบบแสงสว่างไม่เหมาะสม คือไม่มีโคมสะท้อนแสง ตำแหน่งหลอดไฟฟ้าไม่ตรงกับพื้นที่ปฏิบัติงาน ติดหลอดไฟฟ้ามากในพื้นที่ไม่จำเป็น ติดตั้งหลอดไฟฟ้าสูงเกินไป มีการต่อวงจรไฟฟ้าของหลายหลอดไฟฟ้าเข้าด้วยกัน

สภาพหลังการปรับปรุง

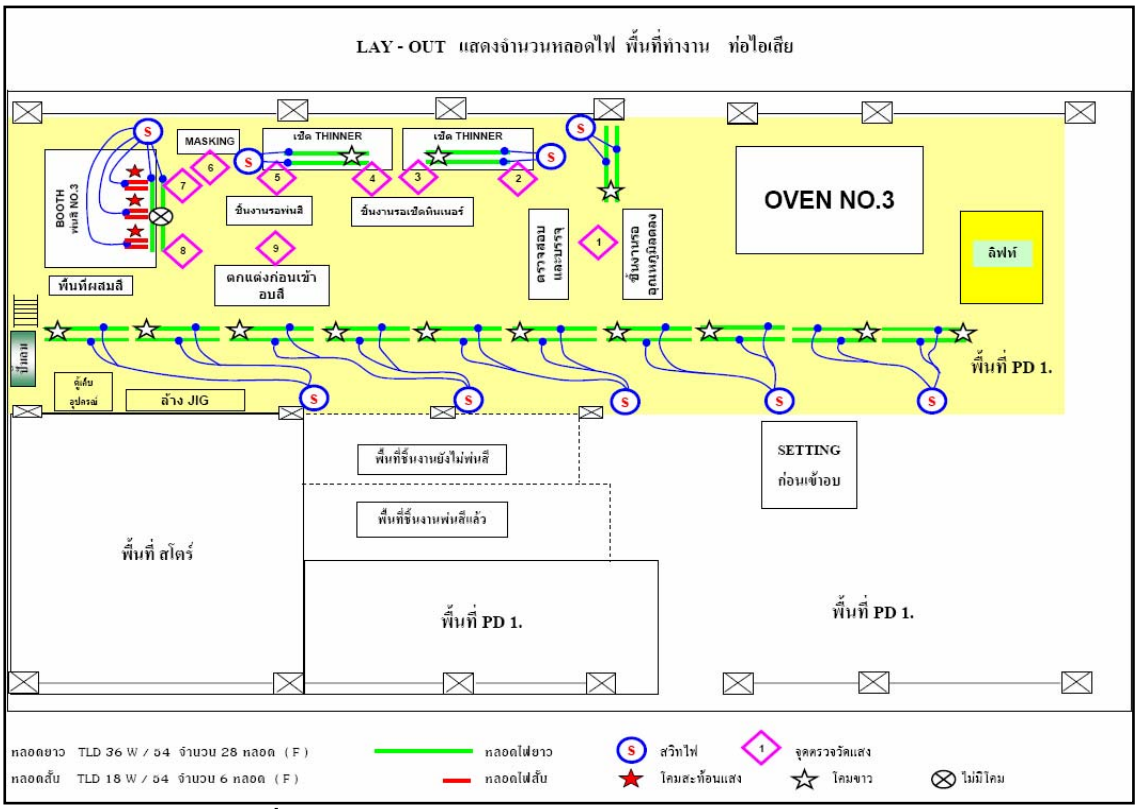
รูปที่ 3.6 แสดงสภาพหลังการปรับปรุงระบบแสงสว่าง

ดำเนินการปลดหลอดไฟฟ้าในพื้นที่ที่ใช้มากเกินความจำเป็น ปรับลดระดับหลอดไฟฟ้า ย้ายตำแหน่งหลอดไฟฟ้าให้ตรงกับพื้นที่ปฏิบัติงาน แยกสวิตซ์หลอดไฟฟ้าออกจากกัน ติดแผ่นสะท้อนแสง เป็นต้น

จากการสำรวจ ผังหลอดไฟของหน่วยงาน HOOD CAP และท่อไอเสียเป็นดังนี้



<u>รูปที่ 3.7</u> แสดงแผนผังหลอดไฟฟ้าในหน่วยงาน Hood Cap



<u>รูปที่ 3.8</u> แสดงแผนผังหลอดไฟฟ้าในหน่วยงาน ท่อไอเสีย

การดำเนินการปรับปรุงระบบแสงสว่าง เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในหน่วยงาน HOOD CAP และท่อไอเสีย ดังนี้

ตารางที่ 3.13 แสดงการปรับปรุงระบบแสงสว่าง

ลำดับที่	ตำแหน่ง	ขนาดหลอดไฟฟ้า (วัตต์)	ขนาดบัลลาสต์ (วัตต์)	จำนวนหลอด (หลอด)		ชั่วโมงทำงานต่อวัน (ชั่วโมง)		รวมใช้ไฟฟ้า/วัน (วัตต์-ชั่วโมง/ วัน)	
				ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สายการผลิตเคลือบผิว – พ่นสีเหล็ก หน่วยงาน Hood Cap									
1	โต๊ะลงข้อมูล	36	10	2	1	4	4	368	184
2	โต๊ะแพ็คงาน	36	2	4	1	13	4	1,976	152
3	โต๊ะขัดตกแต่ง 2	36	2	2	2	13	13	988	988
		36	2	1	1	13	8	494	304
4	โต๊ะขัดตกแต่ง 1	18	2	4	4	13	13	1,040	1,040
5	ช่องระหว่างตู้อบ 1–2	36	2	2	2	22	22	1,672	1,672
6	บูธพ่นสี 1	36	2	4	4	13	13	1,976	1,976
7	บูธพ่นสี 2	36	2	4	3	13	13	1,976	1,482
8	โต๊ะล้างชิ้นงาน	36	2	2	1	11	11	836	418
9	ด้านบนบูธ พ่นสี 1	36	2	2	1	22	13	1,672	494
10	ทางเข้าแผนก	36	2	2	1	22	22	1,672	836
สายการผลิตเคลือบผิว – พ่นสีเหล็ก หน่วยงานท่อไอเสีย									
1	ตรวจสอบและบรรจุ	36	2	2	2	11	11	836	836
2	โต๊ะเช็ดทินเนอร์	36	2	4	4	11	11	1,672	1,672
3	โต๊ะติด MASKING	36	2	-	-	-	-	-	-
4	บูธพ่นสี 3	36	2	2	2	11	11	836	836
		18	2	6	6	11	11	1,320	1,320
5	ตกแต่งก่อนเข้าอบ	36	2	-	1	-	7	-	266
6	ทางเดิน	36	10	20	7	22	22	20,240	7,084
	รวม							**39,574**	**21,560**

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่มีการใช้งานหลอดไฟฟ้า

การคำนวณ

ผลการประหยัด

= จำนวนวัตต์ที่ประหยัดได้ (วัตต์) x 26 (วันทำงาน) x 12 (เดือน) .....(1)

1,000

แทนค่าต่าง ๆ ลงใน (1) จะได้เป็น

= (39.574 – 21.560) x 26 x 12 กิโลวัตต์-ชั่วโมง / ปี

= 5,620.37 กิโลวัตต์-ชั่วโมง / ปี

ค่าไฟฟ้า 3.39 บาท /กิโลวัตต์-ชั่วโมง จะคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้

= 5,620.37 x 3.39 บาท / ปี

= **19,053** **บาท / ปี**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ตารางที่ 3.14 แสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุนปรับปรุงระบบแสงสว่าง

สายการผลิตเคลือบผิว – พ่นสีเหล็ก หน่วยงาน Hood Cap

ตำแหน่ง	วิธีการแก้ไข / วัสดุอุปกรณ์	ราคา (บาท)
โต๊ะแพ็คงาน	โคมสั้นคู่ขวาง 2 ชุด แยกสวิตซ์ ลดระดับ	678
โต๊ะขัดตกแต่ง 2	โคมยาวคู่ 2 ชุด แยกสวิตซ์ ลดระดับ	750
ทางเข้าแผนก	เปลี่ยนแผ่นสะท้อนแสง ลดระดับ ปลด 1 หลอด แยกสวิตซ์	280
โต๊ะขัดตกแต่ง 1	ย้ายตำแหน่ง โคมสั้นเดี่ยว 4 ชุด	760
ด้านบนระหว่างตู้อบ	เปลี่ยนแผ่นสะท้อนแสง แยกสวิตซ์	280
ด้านบนหน้าบูธพ่นสี 1	เปลี่ยนแผ่นสะท้อนแสง ลดระดับ ปลด 1 หลอด แยกสวิตซ์	280
บูธพ่นสี 1	ลดระดับ	-
บูธพ่นสี 2	ทำโครงเหล็กติดตั้งหลอดไฟฟ้า	-
จุดล้างชิ้นงาน	โคมเดี่ยวยาว แยกสวิตซ์	225
รวมทั้งสิ้น		**3,253**

ตารางที่ 3.14 (ต่อ)

สายการผลิตเคลือบผิว – พ่นสีเหล็ก หน่วยงานท่อไอเสีย

ตำแหน่ง	วิธีการแก้ไข / วัสดุอุปกรณ์	ราคา (บาท)
บูธพ่นสี 3	แยกสวิตซ์	-
โต๊ะเช็ดทินเนอร์	ใส่แผ่นสะท้อนแสง	280
จุดตรวจสอบหลังอบ	จัดทำโคมเคลื่อนที่หลอดไฟฟ้ายาวคู่ ติดแผ่นสะท้อนแสง	375
ตรวจสอบก่อนอบ	ติดหลอดไฟฟ้ายาวเดี่ยวสะท้อนแสงที่รถใส่ชิ้นงาน	225
ทางเดิน	ติดแผ่นสะท้อนแสง ปลดหลอด (10 แผ่น)	2,800
รวมทั้งสิ้น		**3,680**

รวมงบประมาณที่ใช้ในการปรับปรุง ทั้งหมด

= 3,253 + 3,680 บาท

= 6,933 บาท

ระยะเวลาในการคืนทุน

= (6,933 / 19,053) x 12 x 30 วัน

= **130.99 หรือประมาณ 131 วัน**

2) เชื้อเพลิง

ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) อย่างคุ้มค่า

กระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนรถยนต์จะมีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ให้ความร้อนแก่บ่อน้ำล้าง การอบชิ้นงานให้แห้ง และการอบสี ซึ่งทางบริษัทฯ มีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังก๊าซ ขนาด 48 กิโลกรัม จำนวน 8 ถังต่อวัน ซึ่งในแต่ละวันจะมีการคืนถังก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้งานแล้วกลับไปยังผู้จำหน่ายโดยไม่ได้ตรวจสอบว่ามีก๊าซปิโตรเลียมเหลวเหลืออยู่ในถังปริมาณเท่าไหร่

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

ลดก๊าซปิโตรเลียมเหลวค้างถังให้ได้ 15 เปอร์เซ็นต์

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

ทำการเก็บข้อมูลการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือในถังมีปริมาณเท่าใด ซึ่งพบว่ามีปริมาณมากพอที่จะนำกลับไปใช้ได้อีก ส่งผลเสียในเรื่องของต้นทุนสูญเปล่าจากการใช้เชื้อเพลิงของบริษัทฯ

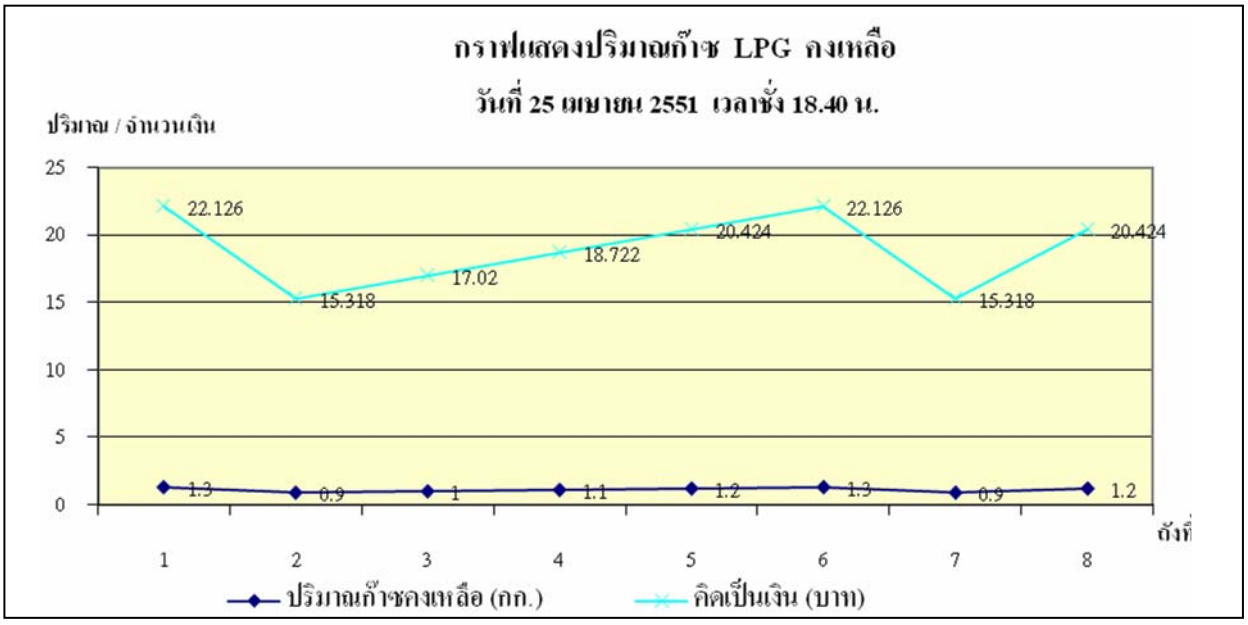
จึงได้ทำการปรับปรุงการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เหลือค้างถังออกมาใช้ให้มากที่สุด ดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดของเครื่องต้มก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันว่ามีประสิทธิภาพในการดึงก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้มากน้อยเพียงใด หากทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพก็ให้ทำการปรับปรุง
2. เปลี่ยนการใช้แผ่นกระเบื้องใสแทนกระเบื้องทึบบนหลังคาของอาคาร เพื่อให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ส่องเข้ามาในพื้นที่เพื่ออุ่นก๊าซปิโตรเลียมเหลวให้สามารถนำไปใช้งานได้มากที่สุด
3. ทำบันกั้นรอบตัวถังก๊าซโดยให้มีความสูงจากฐานขึ้นมา 1/5 ของความสูงของถังก๊าซ เพื่อดึงความร้อนที่เกิดจากกระบวนการผลิตมาช่วยในการอุ่นก๊าซปิโตรเลียมเหลวให้สามารถนำกลับมาใช้งานได้

<u>รูปที่ 3.9</u> แสดงการนำน้ำร้อน/ไอร้อนกลับมาใช้อุ่นก๊าซปิโตรเลียมเหลว

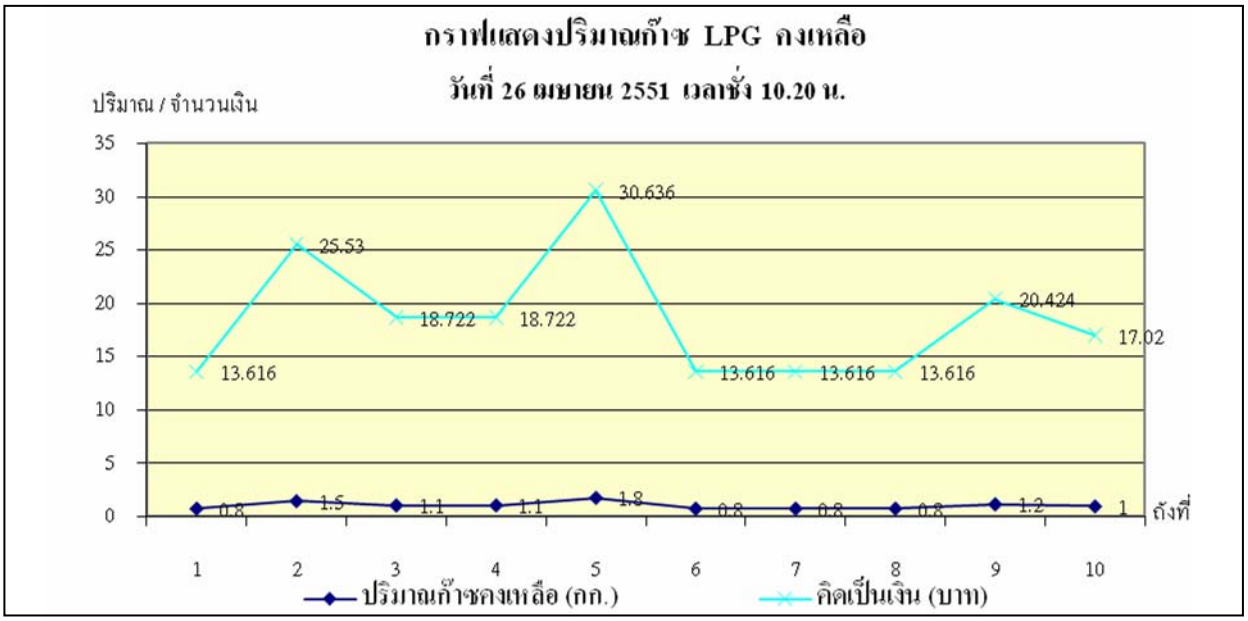
การคำนวณ

จากการศึกษาข้อมูลในวิธีที่ 1 เพื่อมาวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เหลือคืนในแต่ละวัน ซึ่งได้วิเคราะห์โดยการนำถังก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ส่งคืนในแต่ละวันมาชั่งน้ำหนัก แล้วดำเนินงานตามวิธีที่ 2 ได้ดังนี้



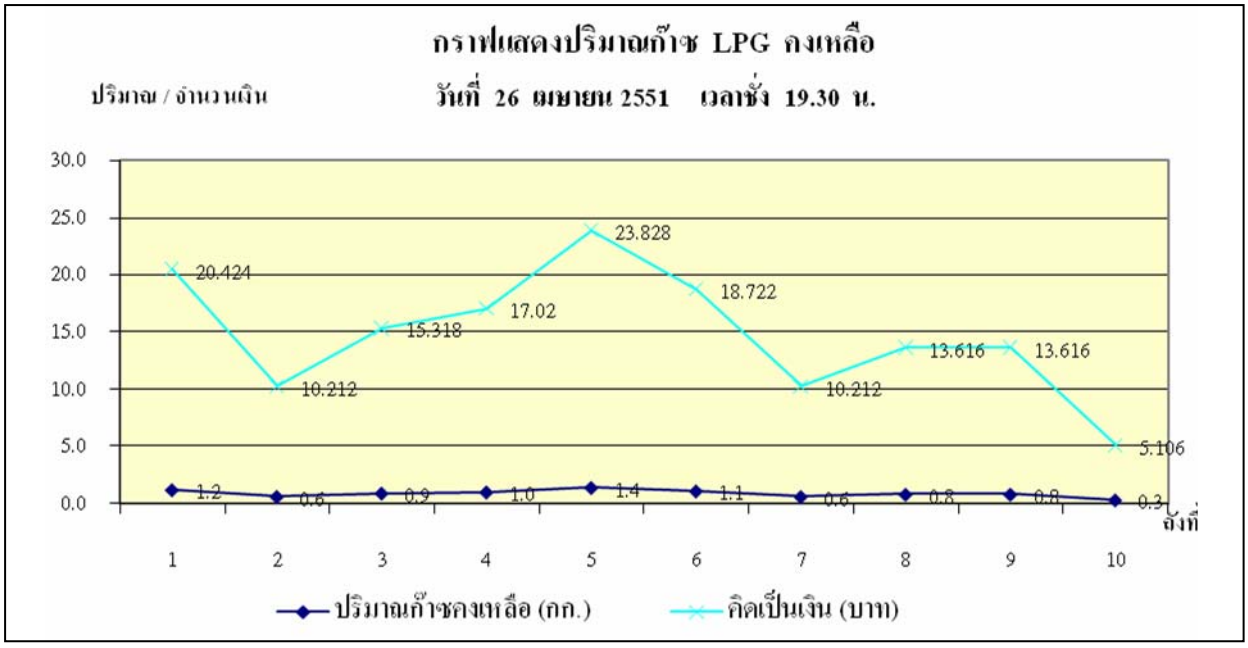
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือวันที่ 25 เมษายน 2551 เวลาชั่ง 18.40 น.

รวมเหลือก๊าซปิโตรเลียมเหลว 8.90 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 151.48 บาท



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือวันที่ 26 เมษายน 2551 เวลาชั่ง 10.20 น.

รวมเหลือก๊าซปิโตรเลียมเหลว 10.90 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 185.52 บาท



<u>รูปที่ 3.12</u> กราฟแสดงปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือวันที่ 26 เมษายน 2551 เวลาชั่ง 19.30 น.

รวมเหลือก๊าซปิโตรเลียมเหลว 8.70 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 148.07 บาท

สามารถสรุปผลการหาปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือได้ ดังนี้

ปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือเฉลี่ยในแต่ละวัน

= (8.90 + 10.90 + 8.70) / 3 กิโลกรัม / วัน

= 9.50 กิโลกรัม / วัน

ทำงานเดือนละ 26 วัน คิดเป็นปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือ

= 9.50 x 26 x 12 กิโลกรัม / ปี

= 2,964.00 กิโลกรัม / ปี

คิดเป็นพลังงานเชื้อเพลิงที่สูญเสีย = 2,964.00 x 50.23 เมกะจูล / ปี

= 148,881.72 เมกะจูล / ปี

คิดเป็นค่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือได้

= (151.48 + 185.52 + 148.07) / 3 บาท / วัน

= 161.69 บาท / วัน

หรือคิดเป็นค่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวคงเหลือ

= 161.69 x 26 x 12 บาท / ปี

= 50,447 บาท / ปี

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ตารางที่ 3.15 ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ผลการดำเนินการ			มูลค่าการลดต้นทุน			
			ดำเนินการเสร็จแล้ว	กำลังดำเนินการ	ยังไม่ได้ดำเนินการ	ปริมาณ (หน่วย)	มูลค่าการประหยัด (บาท / ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (วัน)
1.	**การสูญเสียวัตถุดิบ** ลดชิ้นงานเสียในกระบวนการผลิต	พ่นสีอลูมิเนียม	/	-	-	9,792 ชิ้น / ปี	810,288	-	-
2.	**การใช้น้ำ** ลดการเดินเครื่องตัวเปล่าในการผลิตชิ้นงานชุบสีด้วยไฟฟ้า	ชุบสีด้วยไฟฟ้า	/	-	-	2,177.01 ลูกบาศก์เมตร/ปี	56,635	-	-
3.	**การใช้พลังงาน** **1) ไฟฟ้า** 1.1) ลดการเดินเครื่องตัวเปล่าในการผลิตชิ้นงานชุบสีด้วยไฟฟ้า	ชุบสีด้วยไฟฟ้า	/	-	-	172,224.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	583,839	-	-
	1.2) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายโรงงาน	พ่นสีเหล็ก	/	-	-	5,620.37 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	19,053	6,933	131
	2) เชื้อเพลิง ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) อย่างคุ้มค่า	พ่นสีเหล็ก	-	/	-	148,881.72 เมกะจูล/ปี	50,447	-	-
	รวม						**1,520,262**	**6,933**	**-**

3.2 อุตสาหกรรมผลิตยางขอบประตูรถยนต์

บริษัทแห่งหนึ่งประกอบกิจการผลิตยางขอบประตูรถยนต์ มีกำลังการผลิต จำนวน 2,500,000 กิโลกรัมต่อปี โดยแบ่งเวลาปฏิบัติงานออกเป็น 2 กะ ตั้งแต่เวลา 07.00 ถึง 04.00 นาฬิกาของวันถัดไป โดยผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศ และต่างประเทศ

3.2.1 กระบวนการผลิต

ได้นำวิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต โดยการจัดทำผังกระบวนการผลิตเพื่อศึกษาการไหลของวัตถุดิบผ่านแต่ละขั้นตอนการผลิต ว่ามีการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน เกิดประสิทธิภาพสูงสุดหรือไม่ มีปัญหาของการผลิตหรือไม่ ปัญหาเกิดขึ้นที่ขั้นตอนใด เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรต่อไปในหัวข้อที่ 3.2.2

3.2.1.1 กระบวนการผลิตยางขอบประตูรถยนต์

1) รับวัตถุดิบ

รับซื้อยางที่ผสมเสร็จแล้วนำมาเก็บไว้ที่คลังวัตถุดิบในโรงงาน

2) การออกยาง

พนักงานจะนำยางที่ผสมเสร็จแล้วจากคลังวัตถุดิบมาเริ่มกระบวนการผลิตโดยจะให้ความร้อนแก่ยางด้วยขดลวดความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้ยางอ่อนตัวและขึ้นรูปโดยทำการฉีดยางเป็นรูปทรงตามแบบที่ได้รับจากลูกค้า

3) การอบยาง

ยางที่ผ่านการฉีดแล้วจะต้องผ่านเครื่องอบที่อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส เพื่อให้ยางมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดเช่น ความยืดหยุ่น เป็นต้น

4) การผ่านน้ำเย็น

ยางที่ผ่านการอบแล้วจะถูกทำให้เย็นด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เพื่อให้ยางแข็งตัว แล้วใช้อากาศอัดเป่าเพื่อไล่น้ำออก

5) การขึ้นรูปยาง

บางชนิดผลิตภัณฑ์จะมีการขึ้นรูปยางโดยประกอบเข้ากับเหล็กกระดูกงูเพื่อให้ได้รูปทรงตามขอบประตูรถยนต์

6) การตัดยาง

เมื่อได้ความยาวที่ต้องการแล้วพนักงานจะทำการตัดยางและม้วนเก็บเพื่อรอเข้ากระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

7) การต่อมุม

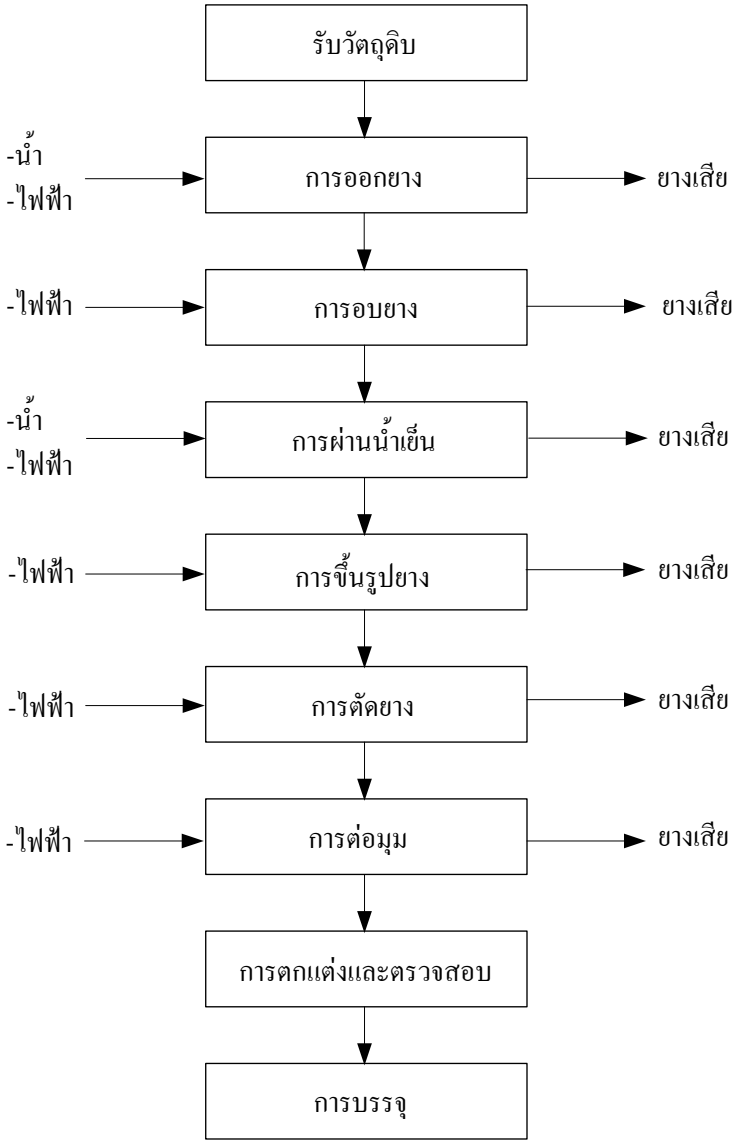
ยางที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วจะนำมาประกอบเป็นรูปทรงตามขอบประตูรถยนต์ที่แผนกต่อมุมโดยการใช้ความร้อนจากขดลวดความร้อนให้ยางละลายและเชื่อมติดกันเป็นรูปทรงขอบประตู

8) การตกแต่งและตรวจสอบ

พนักงานจะนำชิ้นงานที่ต่อมุมเรียบร้อยแล้วมาทำความสะอาดและตกแต่งรอยต่อให้เรียบร้อย จากนั้นจะต้องตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่ลูกค้ากำหนด

9) การบรรจุ

ยางขอบประตูรถยนต์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกนำมาบรรจุใส่ถุงหรือกล่อง ตามความต้องการของลูกค้า โดยแยกประเภทและรุ่นที่ผลิตให้ชัดเจน และรอจัดส่งให้ลูกค้าตามกำหนดส่งมอบต่อไป



<u>รูปที่ 3.13</u> กระบวนการผลิตยางขอบประตูรถยนต์

3.2.2 การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร

เป็นการนำข้อมูลจากผังกระบวนการผลิตมาจัดทำเป็นตารางแจกแจงตามการใช้ทรัพยากร คือการใช้วัตถุดิบ การใช้น้ำ และการใช้พลังงาน ของแต่ละกระบวนการผลิต แล้วพิจารณาการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ของแต่ละกระบวนการผลิตโดยให้น้ำหนักการใช้ ดังนี้ มาก = ◉ ปานกลาง = ○ และน้อย =△ ตามความเหมาะสมของการใช้ทรัพยากรในกระบวนการนั้น ๆ เพื่อใช้พิจารณาในการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงต่อไป ในหัวข้อที่ 3.2.3

3.2.2.1 การใช้วัตถุดิบ

ตารางที่ 3.16 แสดงการวิเคราะห์การใช้วัตถุดิบ

ลำดับที่	กระบวนการผลิต	ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณการสูญเสียต่อเดือน	ต้นทุน
1.	ยางขอบประตูรถยนต์	1. การออกยาง	4,597 กิโลกรัม	◉
		2. อบยาง	2,997 กิโลกรัม	○
		3. ผ่านน้ำเย็น	2,451 กิโลกรัม	○
		4. ขึ้นรูปยาง	2,693 กิโลกรัม	○
		5. ตัดยาง	2,376 กิโลกรัม	○
		6. ต่อมุม	728 กิโลกรัม	△
รวม			15,842 กิโลกรัม	

◉=มาก(มากกว่า 3,000 กิโลกรัม) ○=ปานกลาง(1,000 – 3,000 กิโลกรัม) △=น้อย(น้อยกว่า 1,000 กิโลกรัม)

การวิเคราะห์

ปัญหาสำคัญของการสูญเสียวัตถุดิบอยู่ที่ขั้นตอนการออกยางสูงมากที่สุด รองลงมาคือ อบยาง ผ่านน้ำเย็น ขึ้นรูป การตัดยาง และการต่อมุม ตามลำดับ โดยในขั้นตอนการออกยางเกิดจากการที่ต้องมีการเปลี่ยนแบบผลิตภัณฑ์ซึ่งจะต้องมีการตั้งแม่แบบ ให้ได้ระยะที่เหมาะสม ทำให้มีการสูญเสียเวลาในการผลิตและสูญเสียวัตถุดิบยางในระหว่างการตั้งแม่แบบ ดังนั้น วิธีการหรือมาตรการที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหานี้ให้ได้ผลมากที่สุดคือ การลดเวลาในการเปลี่ยนแบบจะทำให้โรงงานสามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตได้และจะทำให้การสูญเสียวัตถุดิบลดลงได้อีกด้วย รายละเอียดตามหัวข้อที่ 3.2.4

3.2.2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 3.17 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด กิโลวัตต์	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
1.	ยางขอบประตูรถยนต์	เครื่องออกยาง 50 มม.	22.38	07.00 – 04.00	○
		เครื่องออกยาง 45 มม.	29.84	07.00 – 04.00	○
		เครื่องออกยาง 60 มม.	44.76	07.00 – 04.00	○
		เครื่องออกยาง 90 มม.	29.84	07.00 – 04.00	○
		เครื่องออกยาง 75 มม.	74.60	07.00 – 04.00	◉
		เครื่องออกยาง 90 มม.	134.28	07.00 – 04.00	◉
		เครื่องออกยาง 75 มม.	55.95	07.00 – 04.00	◉
		ตู้อบไมโครเวฟ	2.22	07.00 – 04.00	△
		ตู้อบไมโครเวฟ	3.70	07.00 – 04.00	△
		ตู้อบไมโครเวฟ	4.85	07.00 – 04.00	△
		ตู้อบ	0.57	07.00 – 04.00	△
		ตู้อบ	0.90	07.00 – 04.00	△
		ตู้อบ	7.40	07.00 – 04.00	△
		ตู้อบ	2.00	07.00 – 04.00	△
		ตู้อบ	2.25	07.00 – 04.00	△
		รางน้ำเย็น	7.50	07.00 – 04.00	△
		เครื่องดึงยาง	10.50	07.00 – 04.00	○
		เครื่องดึงยาง	4.50	07.00 – 04.00	△
		เครื่องหักเหล็ก	4.48	07.00 – 04.00	△
		เครื่องขึ้นรูป	0.75	07.00 – 04.00	△
		เครื่องขึ้นรูป	2.24	07.00 – 04.00	△
		เครื่องขึ้นรูป	4.10	07.00 – 04.00	△
		เครื่องตัดยาง	0.40	07.00 – 04.00	△
		เครื่องตัดยาง	0.75	07.00 – 04.00	△
		เครื่องตัดยาง	2.00	07.00 – 04.00	△
		เครื่องตัดยาง	14.92	07.00 – 04.00	○

◉=มาก(มากกว่า 50 กิโลวัตต์) ○=ปานกลาง(10 – 50 กิโลวัตต์) △=น้อย(น้อยกว่า 10 กิโลวัตต์)

ตารางที่ 3.17 (ต่อ)

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด กิโลวัตต์	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
	ยางขอบประตูรถยนต์ (ต่อ)	เครื่องต่อมุม	135	07.00 – 04.00	◉
		เครื่องต่อมุม	78.4	07.00 – 04.00	◉
2.	ทั่วโรงงาน	เครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 20 ตัน จำนวน 29 เครื่อง	108.17	07.00 – 04.00	◉
		เครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 50 ตัน จำนวน 1 เครื่อง	11.19	07.00 – 04.00	○
		หอผึ่งน้ำขนาด 100 ตัน จำนวน 1 เครื่อง	5.56	07.00 – 04.00	△
		เครื่องอัดอากาศ 100 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง	74.60	07.00 – 04.00	◉
		เครื่องอัดอากาศ 50 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง	74.60	07.00 – 04.00	◉
		เครื่องปรับอากาศ	226.00	08.00 – 17.00	◉
		หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	10.60	07.00 – 04.00	○
รวม			1,191.80		

◉=มาก(มากกว่า 50 กิโลวัตต์) ○=ปานกลาง(10 – 50 กิโลวัตต์) △=น้อย(น้อยกว่า 10 กิโลวัตต์)

การวิเคราะห์

การใช้พลังงานไฟฟ้าจะพบว่าในขั้นตอนการผลิตการออกยาง อบยาง และต่อมุมจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าส่วนอื่นๆ ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงควรคำนึงถึงการใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้มีการสูญเปล่า เช่น การรอการผลิต เครื่องจักรเสีย ให้น้อยที่สุด สำหรับการต่อมุมมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในขดลวดความร้อนในขณะเพิ่มอุณหภูมิสำหรับการต่อมุมยางขอบประตูรถยนต์ การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศก็มีปริมาณมาก เนื่องจากมีการใช้อากาศอัดในการเป่าให้ยางขอบประตูแห้งหลังจากที่ผ่านรางน้ำเย็นมาแล้ว จากการวิเคราะห์การใช้อากาศอัดพบว่ามีการรั่วของอากาศอัดหลายจุด ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในการผลิตอากาศอัดเกิดขึ้น รายละเอียดตามหัวข้อที่ 3.2.4.2

3.2.3 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงจะพิจารณาจากผลที่ได้จากการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรคือ วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน นำมากำหนดเป็นหัวข้อในรูปของพื้นที่การผลิต หน่วยการผลิตหรือกิจกรรมที่จะดำเนินการ ที่มาของประเด็นปัญหา และแนวทางการแก้ไขปรับปรุง เพื่อนำไปพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และนำไปจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในหัวข้อที่ 3.2.4

3.2.3.1 ส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

แสดงตามตารางดังนี้

ตารางที่ 3.18 แสดงการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

พื้นที่	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ประเด็นปัญหา	แนวทางการแก้ไขปรับปรุง
ผลิตยางขอบประตูรถยนต์	ออกยาง	มีการสูญเสียวัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าจากการตั้งหัวรีดออกยาง	ลดต้นทุนสูญเปล่าจากขั้นตอนการตั้งหัวรีดออกยางโดยวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตและลดเวลาในการตั้งหัวรีดให้น้อยลง
ผลิตยางขอบประตูรถยนต์	ต่อมุม	มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการใช้งานเครื่องต่อมุมมีการรอเวลาเปิดไม่เหมาะสม	ใช้ตารางสำรวจการเดินเครื่องในการสำรวจการเปิดเครื่องต่อมุมและพิจารณาปรับปรุงเวลาเปิดให้เหมาะสมกับการทำงาน
ผลิตยางขอบประตูรถยนต์	ต่อมุม	มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากไม่มีการใช้แผ่นกั้นอากาศจากขดลวดความร้อนของเครื่องต่อมุม	ปรับปรุงประโยชน์การใช้งานโดยพิจารณาทำแผ่นกั้นอากาศเพื่อลดการสูญเสียความร้อน
ผลิตยางขอบประตูรถยนต์	รางน้ำเย็น	มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดใหญ่เกินไป	ปรับปรุงประโยชน์การใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นโดยเปลี่ยนขนาดเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานให้เหมาะสม

3.2.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ตารางที่ 3.19 แสดงการประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	รายละเอียดการพิจารณา							ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง
		ทางเทคนิค				ทางเศรษฐศาสตร์			
		สามารถลดการใช้ทรัพยากร	ไม่มีผลกระทบด้านการผลิตและคุณภาพงาน	ไม่มีผลกระทบด้านความปลอดภัยในการทำงาน	สามารถดำเนินการปฏิบัติได้	ระยะเวลาคืนทุนเหมาะสม	คุ้มค่าในการลงทุน	สร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร	
1.	**การสูญเสียวัตถุดิบ** ปรับปรุงการตั้งหัวรีดออกยาง	◉	○	△	○	◉	◉	◉	◉
2.	**การใช้พลังงานไฟฟ้า** 1) ปรับปรุงการตั้งหัวรีดออกยาง	◉	○	△	○	◉	◉	◉	◉
	2) ลดเวลาการเปิดเครื่องต่อมุม	○	○	◉	◉	◉	◉	○	◉
	3) ลดการสูญเสียความร้อนจากเครื่องต่อมุม	◉	○	◉	◉	◉	◉	○	◉
	4) ลดขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	○	○	△	○	◉	◉	○	○

◉=มาก ○= ปานกลาง △=น้อย

3.2.4 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

การจัดทำข้อเสนอการปรับปรุงเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียทรัพยากรต่าง ๆ ได้แก่

3.2.4.1 ลดการสูญเสียวัตถุดิบ

การลดการสูญเสียวัตถุดิบโดยวิธีการปรับปรุงการตั้งหัวรีดออกยางอธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 3.3.4.2

3.2.4.2 ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

1) ปรับปรุงการตั้งหัวรีดออกยาง

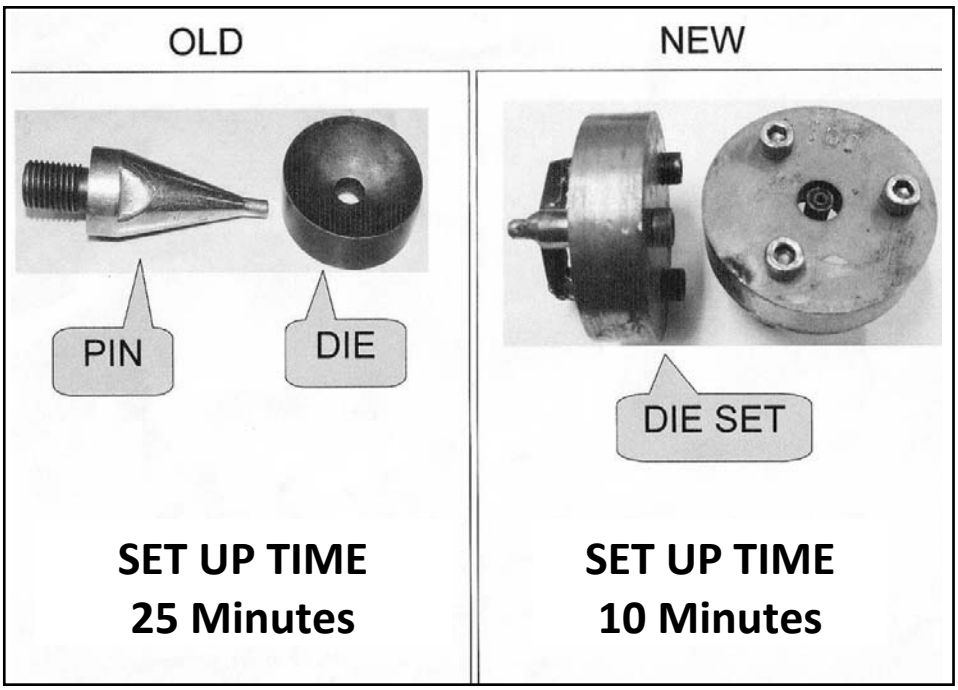
ในการผลิตยางขอบประตูรถยนต์มีการใช้เครื่องออกยางในการรีดยางเป็นเส้นที่มีรูปร่างตามแบบที่กำหนด การตั้งหัวรีดออกยางตามแบบเป็นกระบวนการที่ต้องการความชำนาญของพนักงาน และมีการสูญเสียวัตถุดิบและเวลาในการผลิตบ่อยครั้ง เนื่องจากจะต้องมีการตัดยางที่มีรูปร่างไม่ได้ตามแบบทิ้งไป ขณะตั้งหัวรีดออกยาง เมื่อใช้การวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งานตามหลักวิศวกรรมคุณค่าทำให้เกิดความคิดริเริ่มที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการตั้งหัวรีดออกยางเพื่อลดการสูญเสียเวลาในการผลิต

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. ลดเวลาการตั้งหัวรีดออกยาง
2. ลดการสูญเสียวัตถุดิบ
3. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตพบว่า ต้นทุนสูญเปล่าจากการเปลี่ยนแบบการตั้งหัวรีดออกยางจะต้องมีการตั้งลิ่ม (Pin) และแม่พิมพ์ (Die) ให้ได้ระยะเข้าด้วยกัน โดยมีการใช้ระยะเวลาในการตั้งเฉลี่ย 25 นาที ต่อครั้งที่มีการเปลี่ยนแบบและโดยเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแบบ 5 ครั้ง ใน 1 วัน ในการเปลี่ยนแบบจะไม่สามารถหยุดเครื่องได้เพราะจะต้องรักษาอุณหภูมิในการอบยางให้คงที่ จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาจากการตั้งแม่พิมพ์ให้ได้จุดศูนย์กลางจะต้องใช้ความชำนาญของพนักงานในการปรับตั้ง จึงได้พิจารณาแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้งานของแม่พิมพ์โดยออกแบบชุดแม่พิมพ์ใหม่เพื่อให้พนักงานปรับตั้งได้ง่ายขึ้น โดยได้ทดลองใช้ชุดแม่พิมพ์แบบใหม่ที่เครื่องออกยางขนาด 90 มม. สามารถแสดงชุดหัวรีดออกยางก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงได้ในรูปที่ 3.14



<u>รูปที่ 3.14</u> แสดงชุดหัวรีดออกยางก่อนการปรับปรุง (ซ้าย) และหลังการปรับปรุง (ขวา)

<u>การคำนวณ</u>

ชุดหัวรีดออกยางแบบใหม่ สามารถลดเวลาการตั้งเครื่องออกยางจาก 25 นาทีเหลือเพียง 10 นาที โดยเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแบบวันละ 5 ครั้ง สามารถประเมินการสูญเสียวัตถุดิบได้ดังนี้

การสูญเสียวัตถุดิบ

การลดเวลาการเปลี่ยนแบบจะทำให้โรงงานสามารถลดการสูญเสียวัตถุดิบในขณะการตั้งหัวรีดออกยางได้ โดยปริมาณการผลิตเท่ากับ 420 เมตรต่อชั่วโมง คิดเป็นปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เฉลี่ย 31.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นทุนวัตถุดิบเฉลี่ย 80 บาทต่อกิโลกรัม (ข้อมูลจากโรงงาน) ทำงานเดือนละ 26 วัน จะคิดเป็นการสูญเสียวัตถุดิบที่ลดลงได้ดังนี้

ก่อนการปรับปรุง

วัตถุดิบสูญเสีย	= 5 x (25 / 60) x 31.29	กิโลกรัม / วัน
	= 65.19	กิโลกรัม / วัน
	= 65.19 x 26 x 12	กิโลกรัม / ปี
	= 20,339.28	กิโลกรัม / ปี

หลังการปรับปรุง

วัตถุดิบสูญเสีย	= 5 x (10 / 60) x 31.29	กิโลกรัม / วัน
	= 26.08	กิโลกรัม / วัน
	= 26.08 x 26 x 12	กิโลกรัม / ปี
	= 8,136.96	กิโลกรัม / ปี

วัตถุดิบสูญเสียลดลง	= 20,339.28 – 8,136.96	กิโลกรัม / ปี
	= 12,202.32	กิโลกรัม / ปี
คิดเป็นค่าวัตถุดิบสูญเสียลดลง	= 12,202.32 x 80	บาท / ปี
	= 976,186	บาท / ปี

ลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า

เครื่องออกยางมีการใช้พลังไฟฟ้าในการให้ความร้อนรวม 134.28 กิโลวัตต์ ในขณะตั้งหัวรีดออกยางจะต้องมีการเปิดเครื่องไว้ตลอดเวลาโดยไม่มีผลผลิตออกมา ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า การปรับปรุงการตั้งหัวรีดออกยางสามารถลดเวลาที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยไม่ได้ผลผลิต ซึ่งสามารถคำนวณผลการประหยัดได้ดังนี้

ก่อนการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าสูญเสีย	= 5 x (25 / 60) x 134.28	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / วัน
	= 279.75	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / วัน
	= 279.75 x 26 x 12	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / ปี
	= 87,282.00	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / ปี

หลังการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าสูญเสีย	= 5 x (10 / 60) x 134.28	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / วัน
	= 111.90	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / วัน
	= 111.90 x 26 x 12	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / ปี
	= 34,912.80	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / ปี
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง	= 87,282.00 – 34,912.80	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / ปี
	= 52,369.20	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง / ปี

ค่าไฟฟ้า 3.33 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 52,369.20 x 3.33	บาท / ปี
	= 174,389	บาท / ปี
รวมผลประหยัด	= 976,186+ 174,389	บาท / ปี
	= 1,150,575	บาท / ปี

<u>ค่าใช้จ่ายในการลงทุน</u>

ชุดแม่พิมพ์ใหม่ราคา	= 6,000	บาท

<u>ระยะเวลาในการคืนทุน</u>

= (6,000 / 1,150,575) x 12 x 30 วัน

= **1.88 หรือประมาณ 2 วัน**

2) ลดเวลาเปิดเครื่องต่อมุม

ในกระบวนการผลิตยางขอบประตูรถยนต์ จะต้องมีการต่อมุมยางโดยใช้ขดลวดความร้อนในการให้ความร้อนเป็นจำนวนมาก ตอนเช้าพนักงานเริ่มเปิดขดลวดความร้อนของเครื่องต่อมุมในเวลา 6.00 น. – 6.15 น. และเปิดรอจนเริ่มกระบวนการผลิตจริงในเวลา 8.00 น. ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. ลดเวลาการเปิดเครื่องต่อมุม
2. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

ใช้ตารางสำรวจการเดินเครื่องในการสำรวจการเปิดเครื่องต่อมุม และได้พิจารณาปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานเพื่อให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ โดยมีวิธีการแก้ไข ดังนี้

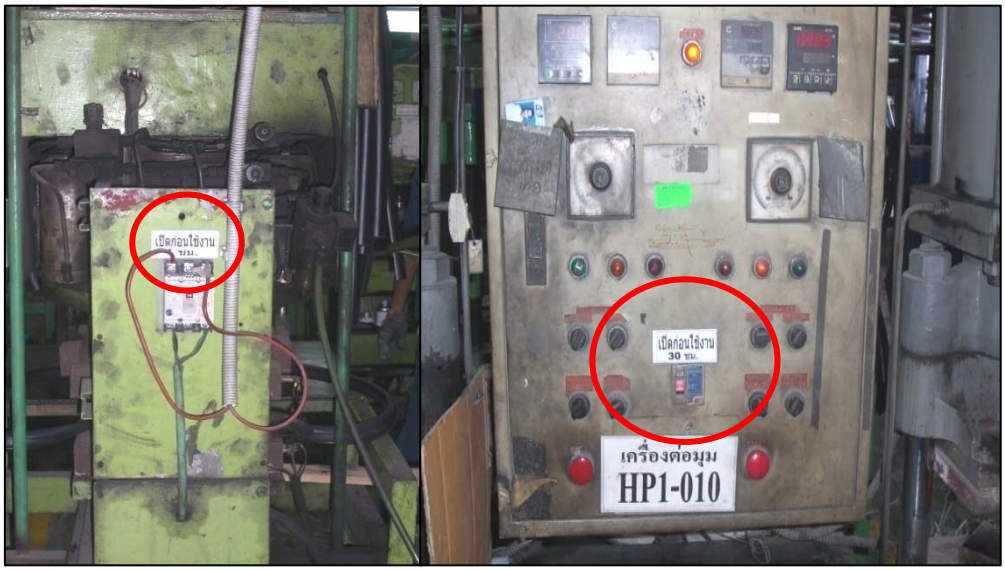
1. เครื่องต่อมุมแบบที่ 1 สามารถลดระยะเวลาการเปิดขดลวดความร้อนจากเดิมเปิดเวลา 6.15 น. เปลี่ยนเป็นเวลา 7.00 น. โดยใช้เวลาในการให้ความร้อน 52 นาที จึงได้อุณหภูมิที่ต้องการ
2. เครื่องต่อมุมแบบที่ 2 สามารถลดระยะเวลาการเปิดขดลวดความร้อนจากเดิมเปิดเวลา 7.00 น. เปลี่ยนเป็นเวลา 7.30 น. โดยใช้เวลาในการให้ความร้อน 30 นาที จึงได้อุณหภูมิที่ต้องการ

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u>

<u>รูปที่ 3.15</u> แสดงเครื่องต่อมุมแบบที่ 1 (ซ้าย) และเครื่องต่อมุมแบบที่ 2 (ขวา) ก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 3.15 เครื่องต่อมุมแบบที่ 1 และเครื่องต่อมุมแบบที่ 2 ไม่มีการควบคุมเวลาในการเปิด จึงได้ตรวจสอบจากบันทึกการทำงานจึงพบว่า เครื่องต่อมุมแบบที่ 1 จะเริ่มเปิดเวลา 06.15 น. และเครื่องต่อมุมแบบที่ 2 จะเริ่มเปิดเวลา 07.00 น.

สภาพหลังการปรับปรุง



รูปที่ 3.16 แสดงเครื่องต่อมุมแบบที่ 1 (ซ้าย) และเครื่องต่อมุมแบบที่ 2 (ขวา) หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 3.16 เครื่องต่อมุมแบบที่ 1 และเครื่องต่อมุมแบบที่ 2 ได้มีการควบคุมเวลาในการเปิด โดยเครื่องต่อมุมแบบที่ 1 จะเริ่มเปิดเวลา 07.00 น. และเครื่องต่อมุมแบบที่ 2 จะเริ่มเปิดเวลา 07.30 น.

การคำนวณ

เครื่องต่อมุมแบบที่ 1 สามารถลดเวลาเปิดได้ 45 นาทีต่อวัน หรือคิดเป็น 0.75 ชั่วโมงต่อวัน ขนาดขดลวดความร้อน 3 กิโลวัตต์ จำนวน 38 เครื่อง ทำงานเดือนละ 26 วัน ค่าไฟฟ้า 3.33 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 3 x 38 x 0.75 x 26 x 12	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี
	= 26,676	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 26,676 x 3.33	บาท / ปี
	= 88,831.08	บาท / ปี

เครื่องต่อมุมแบบที่ 2 สามารถลดเวลาเปิดได้ 30 นาทีต่อวัน หรือคิดเป็น 0.5 ชั่วโมงต่อวัน ขนาดขดลวดความร้อน 3 กิโลวัตต์ จำนวน 6 เครื่อง ทำงานเดือนละ 26 วัน ค่าไฟฟ้า 3.33 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 3 x 6 x 0.50 x 26 x 12	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี
	= 2,808	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 2,808 x 3.33	บาท / ปี
	= 9,350.64	บาท / ปี

รวมผลการประหยัด

รวมพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 26,676 + 2,808	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี
	= 29,484	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี
รวมค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 88,831.08 + 9,350.64	บาท / ปี
	= 98,182	บาท / ปี

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

3) ลดการสูญเสียความร้อนจากเครื่องต่อมุม

ในกระบวนการผลิตยางขอบประตูรถยนต์ จะต้องมีการต่อมุมยางโดยมีการให้ความร้อนด้วยขดลวดความร้อนเป็นจำนวนมาก อุณหภูมิใช้งานในการต่อมุมประมาณ 200 องศาเซลเซียส จากการตรวจสอบพบว่า มีการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อนของอากาศเนื่องจากไม่มีฉนวนกั้น ทำให้มีความร้อนสูญเสียจากขดลวดความร้อน และทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานมีอุณหภูมิสูง

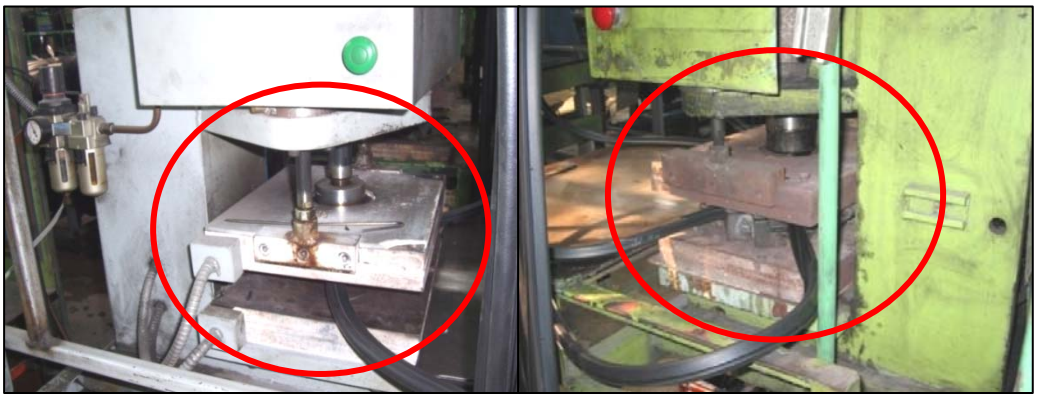
<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. ลดการสูญเสียความร้อนจากเครื่องต่อมุม
2. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

จากการวิเคราะห์พบว่าต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสูญเปล่าจากการใช้งานเครื่องต่อมุม จึงได้พิจารณาการลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและปรับปรุงให้สภาพการทำงานดีขึ้นและเพื่อเป็นการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิไม่คงที่ โดยทำแผ่นกั้นรอบบริเวณขดลวดความร้อนเพื่อลดการพาความร้อนของอากาศ

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u>



<u>รูปที่ 3.17</u> แสดงสภาพการทำงานของเครื่องต่อมุมก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 3.17 เครื่องต่อมุม ไม่มีฉนวนกั้นขดลวดความร้อนทำให้มีการสูญเสียความร้อนจากการพาของอากาศ

สภาพหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.18 แสดงสภาพการทำงานของเครื่องต่อมุมหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 3.18 มีการนำแผ่นกระดาษลูกฟูกมากั้นเพื่อลดการพาความร้อนของอากาศ

การคำนวณ

เครื่องต่อมุมแบบที่ 1 ใช้ขดลวดความร้อนขนาด 3 กิโลวัตต์ จำนวน 38 เครื่อง ทำงานเดือนละ 26 วัน วันละ 14 ชั่วโมง สามารถจับเวลาการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังนี้

ตารางที่ 3.20 แสดงการจับเวลาก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องต่อมุม

สถานะ	เวลาก่อนการปรับปรุง (วินาที)				เวลาหลังการปรับปรุง (วินาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ทำงาน	17	19	16	17	12	12	12	12
ตัด	9	11	10	10	10	10	10	10

ก่อนการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้า $= 3 \times \frac{17}{17+10} \times 14 \times 26 \times 12$ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

$= 8{,}250.67$ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

หลังการปรับปรุง

ใช้พลังงานไฟฟ้า $= 3 \times \frac{12}{12+10} \times 14 \times 26 \times 12$ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

$= 7{,}147.64$ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= 8{,}250.67 - 7{,}147.64$ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

$= 1{,}103.03$ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

รวมพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

= 1,103.03 x 38 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

= 41,915.14 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

ค่าไฟฟ้า 3.33 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 41,915.14 x 3.33 บาท / ปี

= 139,577 บาท / ปี

<u>ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง</u>

ค่ากระดาษลูกฟูก แผ่นละ 30 บาท จำนวน 38 แผ่น

รวมเป็นเงิน = 30 x 38 บาท

= 1,140 บาท

<u>ระยะเวลาในการคืนทุน</u>

= (1,140 / 139,577) x 12 x 30 วัน

= 2.94 หรือประมาณ 3 วัน

4) ลดขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

สายการผลิตยางขอบประตูรถยนต์จะมีการใช้เครื่องบดยางในการผสมยางและบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยจะต้องมีการใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ขนาด 50 ตันความเย็น ใช้พลังไฟฟ้า 11.19 กิโลวัตต์ในการลดความร้อนที่เกิดจากการบด แต่ในปัจจุบันได้มีการยกเลิกการใช้เครื่องบดยางที่โรงงานนี้แล้ว จึงได้นำเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มาใช้กับเครื่องติดเทปแทน ซึ่งเครื่องติดเทปมีปริมาณการใช้งานไม่มากนัก

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดไม่เหมาะสม

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

จากการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น ทีมงานจึงได้มีแนวคิดในการปรับปรุงที่จะลดขนาดเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเปลี่ยนขนาดเครื่องทำน้ำเย็นให้เหมาะสมกับการทำงาน จากเดิมใช้เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 50 ตันความเย็นซึ่งมีการใช้พลังไฟฟ้า 11.19 กิโลวัตต์ เปลี่ยนเป็นเครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 20 ตันความเย็นซึ่งมีการใช้พลังไฟฟ้า 3.73 กิโลวัตต์

สภาพก่อนการปรับปรุง

รูปที่ 3.19 แสดงเครื่องทำน้ำเย็น
50 ตันความเย็นก่อนการปรับปรุง

สภาพหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.20 แสดงเครื่องทำน้ำเย็น
20 ตันความเย็นหลังการปรับปรุง

การคำนวณ

ก่อนการปรับปรุง

เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 50 ตันความเย็น ใช้พลังไฟฟ้า	11.19	กิโลวัตต์
เครื่องปั๊มน้ำเย็นใช้พลังไฟฟ้า	7.46	กิโลวัตต์

หลังการปรับปรุง

เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 20 ตันความเย็น ใช้พลังไฟฟ้า	3.73	กิโลวัตต์
เครื่องปั๊มน้ำเย็นใช้พลังไฟฟ้า	0.75	กิโลวัตต์

พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= (11.19 + 7.46) – (3.73 + 0.75)	กิโลวัตต์
	= 14.17	กิโลวัตต์

เครื่องทำน้ำเย็นทำงานวันละ 2 ชั่วโมง เดือนละ 26 วัน

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 14.17 x 2 x 26 x 12	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี
	= 8,842.08	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

ค่าไฟฟ้า 3.33 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 8,842.08 x 3.33	บาท / ปี
	= 29,444	**บาท / ปี**

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	= 5,000	บาท

โดยเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 20 ตันความเย็นใช้เครื่องที่มีสำรองอยู่แล้ว

ระยะเวลาในการคืนทุน

ระยะเวลาในการคืนทุน	= (5,000 / 29,444) x 12 x 30	วัน
	= 61.13 หรือประมาณ 62	**วัน**

<u>ตารางที่ 3.21</u> ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ผลการดำเนินการ			มูลค่าการลดต้นทุน				
			ดำเนินการเสร็จแล้ว	กำลังดำเนินการ	ยังไม่ได้ดำเนินการ	ปริมาณ (หน่วย)		มูลค่าการประหยัด (บาท / ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (วัน)
1.	**การสูญเสียวัตถุดิบ** ปรับปรุงการตั้งหัวรีดออกยาง	ออกยาง	/	-	-	12,202.32	กิโลกรัม/ปี	976,186		
2.	**การใช้พลังงานไฟฟ้า** 1) ปรับปรุงการตั้งหัวรีดออกยาง	ออกยาง	/	-	-	52,369.20	กิโลวัตต์ –ชั่วโมง/ปี	174,389	6,000	2
	2) ลดเวลาเปิดเครื่องต่อมุม	ต่อมุม	/	-	-	29,484	กิโลวัตต์ –ชั่วโมง/ปี	98,182	-	-
	3) ลดการสูญเสียความร้อนจากเครื่องต่อมุม	ต่อมุม	/	-	-	41,915.14	กิโลวัตต์ –ชั่วโมง/ปี	139,577	1,140	3
	4) ลดขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	รางน้ำเย็น	/	-	-	8,842.08	กิโลวัตต์ –ชั่วโมง/ปี	29,444	5,000	62
	รวม							**1,417,778**	**12,140**	**-**

3.3 อุตสาหกรรมปั๊มขึ้นรูปโลหะชิ้นส่วนยานยนต์

บริษัทแห่งหนึ่งประกอบกิจการปั๊มขึ้นรูปโลหะชิ้นส่วนรถยนต์และอุปกรณ์การเกษตร มีกำลังการผลิต จำนวน 9,308 ตันต่อปี โดยปฏิบัติงานตั้งแต่เวลา 07.30 – 16.30 นาฬิกา ผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ

3.3.1 กระบวนการผลิต

ได้นำวิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต โดยการจัดทำผังกระบวนการผลิตเพื่อศึกษาการไหลของวัตถุดิบผ่านแต่ละขั้นตอนการผลิต ว่ามีการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน เกิดประสิทธิภาพสูงสุดหรือไม่ มีปัญหาของการผลิตหรือไม่ ปัญหาเกิดขึ้นที่ขั้นตอนใด เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรต่อไปในหัวข้อที่ 3.3.2

3.3.1.1 กระบวนการผลิตแหนบรถยนต์

1) การตัดเหล็กแหนบ (Shearing)

โดยการนำเหล็กมาทำการตัดซอย ในกระบวนการตัดดิบที่เครื่องขนาด 120 ตัน พร้อมทั้งตอกทำตำแหน่งเพื่อจะดำเนินการในขั้นตอนตัดมุม

2) การตัดมุม (Diamond Cut)

ซึ่งเป็นกรรมวิธีขึ้นรูปเย็น จะมีบางส่วนที่จะต้องนำเหล็กแหนบไปเผาปลายแล้วค่อยนำมาตัดมุม มุมในการตัดจะมีองศาตั้งแต่ 10 15 และ 30 องศา

3) การงอปลาย (Hook)

เป็นการขึ้นรูปบริเวณปลายของแหนบด้วยกรรมวิธีขึ้นรูปร้อน โดยใช้เครื่อง Hydraulic อัดให้ได้ตามแบบของแม่พิมพ์ จากนั้นไปไปปั๊มนมซึ่งกรรมวิธีนี้มีลักษณะเหมือนกับการปั๊มรูสะดือ แตกต่างกันที่นำความร้อนมาเกี่ยวข้องเพื่อลดความแข็งภายในเนื้อเหล็กลงเพื่อสะดวกในการขึ้นรูปได้ง่ายและช่วยเพิ่มความแข็งแรงของแหนบแต่ละชิ้น

4) ทำการเผา (Heating)

เหล็กที่ผ่านการขึ้นรูปมาเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 880 – 950 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผาตั้งแต่เริ่มป้อนเข้าเตาจนเหล็กออกจากเตา เวลาที่ใช้ในการเผาแช่ภายในเตาขึ้นอยู่กับความหนาของเหล็ก

- การขึ้นรูปโค้งแหนบ(Shaping) ทำได้ 2 วิธีคือ
  1. ขึ้นรูปโดยการปั๊ม
  2. ขึ้นรูปโดยการรีด

5) การชุบแข็ง (Quenching)

อุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ในการชุบอยู่ระหว่าง 60 – 80 องศาเซลเซียส จะชุบหลังจากแหนบขึ้นรูปโค้งมาแล้วมาทำการชุบลงในน้ำมันชุบประมาณ 5 นาที

6) การอบคลายเครียด (Tempering)

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบเหล็กแหนบอยู่ระหว่าง 480 - 500 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการอบไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ความแข็งหลังอบที่ได้จะต้องอยู่ระหว่าง 41.8 - 47.1 Rockwell Cscale Hardness (HRC) ขั้นตอนนี้เหล็กจะเป็น Spring แล้ว

7) การประกอบแหนบ (Assembly)

แผ่นแหนบแต่ละแผ่นจะต้องมีความโค้งที่แตกต่างกันก่อนประกอบ เพื่อให้เกิดช่องห่างระหว่างชั้นแหนบ (Nipstress) และเมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วจึงจะมีความโค้งเดียวกัน โดยให้เผื่อความผิดพลาดได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

8) การทดสอบรับน้ำหนัก (Setting)

ทดสอบแหนบที่ผ่านการประกอบมาแล้ว โดยค่า Stress สูงสุดที่แหนบต้องรับภาระได้เท่ากับ 120 กิโลกรัม/มิลลิเมตร ของแหนบชนิดนั้น ๆ ทั้งนี้ค่าของ Load (กิโลกรัม) จะขึ้นอยู่ กับจำนวนความหนาทั้งหมดของแหนบที่ประกอบแล้วรวมทั้งความกว้างของเหล็กด้วย Stress ที่ใช้รับภาระทั่ว ๆ ไปมีค่าเท่ากับ 40 , 80 กิโลกรัม/มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องทดสอบการรับน้ำหนักของแหนบในการทดสอบ

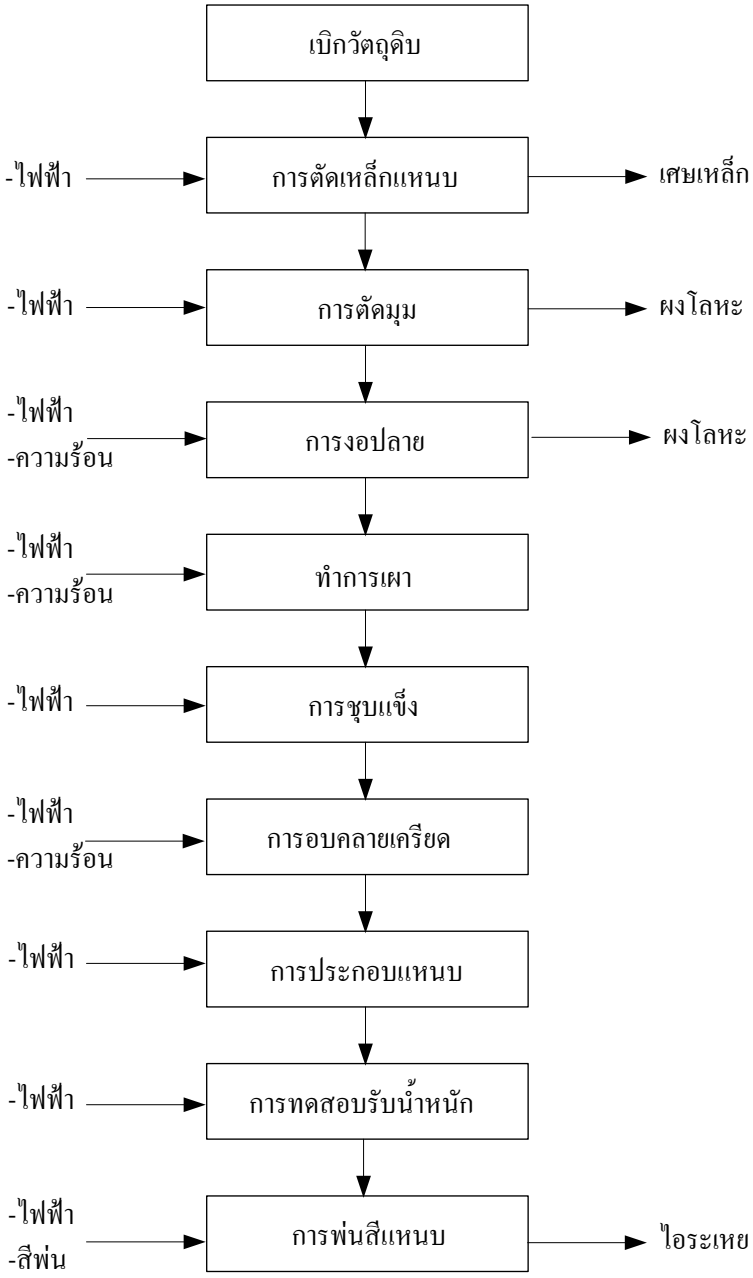
9) การพ่นสีแหนบ (Painting & Marking)

แบ่งประเภทของสี เป็น 2 ประเภทคือ สีชุบ และสีพ่น

1. สีชุบ แหนบที่สามารถจัดส่งให้ลูกค้าได้ จะต้องมาชุบสีในบ่อชุบ เพื่อให้เกิดความสวยงาม

2. สีพ่น แหนบที่ทำการชุบสี และสีแห้งแล้ว จะต้องพ่นสีเป็นรูปเครื่องหมายการค้าของโรงงานก่อนจึงจะสามารถจัดจำหน่ายได้

เมื่อพ่นสีแหนบแล้วจะทำการตีตราแหนบ โดยแหนบที่ส่งภายในประเทศจะตีตราในรูปแบบเดียวกันทั้งหมด



<u>รูปที่ 3.21</u> กระบวนการผลิตแหนบรถยนต์

3.3.1.2 กระบวนการผลิตจานไถ

1) การตัดคมขอบ

นำเหล็กมาทำการตัดคมขอบด้วยเครื่อง Plasma Robot

2) การปั๊มรูกลางจานไถ

ปั๊มรูกลางจานไถตามขนาดที่กำหนด ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเย็น

3) การให้ความร้อนชิ้นงาน

นำจานไถเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 900–950 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผาตั้งแต่เริ่ม-ออกจากเตาเผา ประมาณ 1 ชั่วโมง

4) การปั๊มตรา

ปั๊มตราจานไถที่ผ่านการเผา โดยใช้อุณหภูมิ 900 – 950 องศาเซลเซียส

5) การปั๊มขึ้นรูปโค้ง

ขึ้นรูปโค้งจานไถด้วยเครื่อง Press Hydraulic 250 ตัน

6) การชุบแข็ง

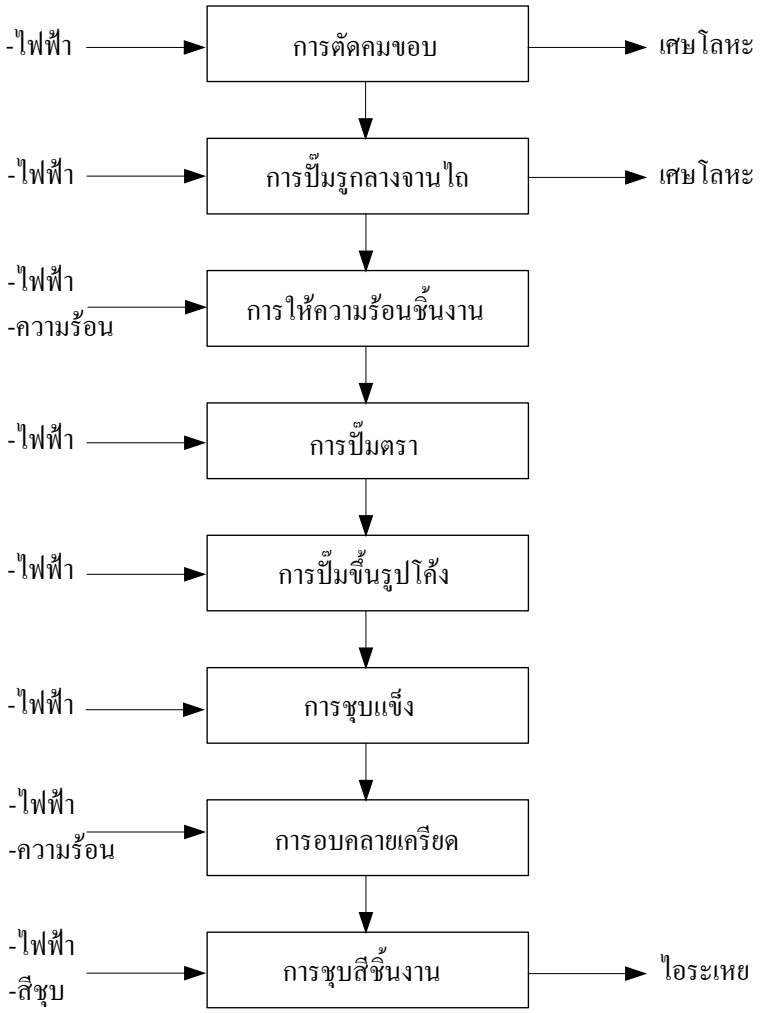
โดยอุณหภูมิของการชุบแข็งจะต้องอยู่ระหว่าง 60-80 องศาเซลเซียส จึงจะสามารถนำจานไถมาชุบลงในน้ำมัน ซึ่งจะใช้เวลา 5 นาที

7) การอบคลายเครียด

นำจานไถอบคลายเครียดเหล็ก โดยใช้อุณหภูมิระหว่าง 440 – 460 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการอบจะต้องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

8) การชุบสีชิ้นงาน

ชุบสีชิ้นงาน เพื่อความสวยงาม และป้องกันการเกิดสนิม



<u>รูปที่ 3.22</u> กระบวนการผลิตจานไถ

3.3.2 การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร

นำข้อมูลจากผังกระบวนการผลิตมาจัดทำเป็นตารางแจกแจงตามการใช้ทรัพยากร คือการใช้วัตถุดิบ การใช้น้ำ และการใช้พลังงาน ของแต่ละกระบวนการผลิต แล้วพิจารณาการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ของแต่ละกระบวนการผลิตโดยให้น้ำหนักการใช้ ดังนี้ มาก = ⦿ ปานกลาง = O และน้อย =△ ตามความเหมาะสมของการใช้ทรัพยากรในกระบวนการนั้น ๆ เพื่อใช้พิจารณาในการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงต่อไป ในหัวข้อที่ 3.3.3

3.3.2.1 การใช้พลังงาน

1) ไฟฟ้า

ตารางที่ 3.22 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด kW	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
1.	แหนบ	เตาเผา A	80.9	8.00-17.00	⦿
		เตาเผา B	73.9	8.00-17.00	⦿
		เครื่องปั๊มโค้ง A	6	8.00-17.00	△
		เครื่องปั๊มโค้ง B	4.1	8.00-17.00	△
		เครื่องรีดโค้ง	7.8	8.00-17.00	△
		เครื่องรีดโค้ง	7.8	8.00-17.00	△
		บ่อชุบกระเช้า	38.8	8.00-17.00	O
		บ่อชุบมือผี	32.1	8.00-17.00	O
		บ่อชุบเล็ก	6.3	8.00-17.00	△
		เครื่องเจาะรู	2.6	8.00-17.00	△
		เตาอบแหนบ	65.6	8.00-17.00	⦿
		เครื่องเช็คความแข็ง	0.7	8.00-17.00	△
		ระบบน้ำมันชุบ	31.7	8.00-17.00	O
		ระบบระบายความร้อนน้ำ	5.6	8.00-17.00	△
		ถังพักน้ำมันเตา	2.2	8.00-17.00	△
		รอก 0.5 ตัน	1.87	8.00-17.00	△
		เครื่องบีบสัน	3	8.00-17.00	△
		เครื่องตัดเหล็ก A	8.6	8.00-17.00	△

⦿=มาก (มากกว่า 40 กิโลวัตต์) O=ปานกลาง (10-40 กิโลวัตต์) △=น้อย (น้อยกว่า 10 กิโลวัตต์)

ตารางที่ 3.22 (ต่อ)

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด kW	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
	แหนบ (ต่อ)	เครื่องตัดเหล็ก B	6.7	8.00-17.00	△
		เครื่องปั๊มรูกลาง A	7.8	8.00-17.00	△
		เครื่องปั๊มรูกลาง B	4.1	8.00-17.00	△
		เครื่องตัดมุม 10 องศา	7.8	8.00-17.00	△
		เครื่องตัดมุม 30 องศา	7.8	8.00-17.00	△
		เครื่องเจาะรูสว่าน	4.1	8.00-17.00	△
		เครื่องปั๊มรูปลาย	6	8.00-17.00	△
		เครื่องเจาะรู	1.9	8.00-17.00	△
		เตาเผาปลาย	10.1	8.00-17.00	○
		รีดปลาย B 37.3	153	8.00-17.00	◉
		ม้วนหู	78	8.00-17.00	◉
		ตัด R ม้วนหู	4.1	8.00-17.00	△
		ม้วนหัวโต + งอปลาย	4.1	8.00-17.00	△
		ตัดขนาน	7.8	8.00-17.00	△
		Process 60 ตัน	4.1	8.00-17.00	△
		งอ Hook	0.74	8.00-17.00	△
		ปั๊มตรา SMA	27.5	8.00-17.00	○
		Shot Peening (ยิงเม็ดโลหะ)	5.5	8.00-17.00	△
		ย้ำ Rivet	2.2	8.00-17.00	△
		เจียร์ขนาน	0.3	8.00-17.00	△
		ดัดโค้งแหนบ A	5.5	8.00-17.00	△
		ดัดโค้งแหนบ B	5.5	8.00-17.00	△
		ดัดโค้งแหนบ C	5.5	8.00-17.00	△
		เครื่องประกอบแหนบ	17.5	8.00-17.00	○
		เครื่องทดสอบแหนบ	23.1	8.00-17.00	○
		สายพานลำเลียงแหนบ	3.7	8.00-17.00	△
		เครื่องดัดโค้ง	7.8	8.00-17.00	△
		เครื่องดัดโค้ง	6.5	8.00-17.00	△

◉=มาก (มากกว่า 40 กิโลวัตต์) ○=ปานกลาง (10-40 กิโลวัตต์) △=น้อย (น้อยกว่า 10 กิโลวัตต์)

ตารางที่ 3.22 (ต่อ)

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด kW	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
	แหนบ (ต่อ)	Line ชุบสี	11.2	8.00-17.00	○
		สายพานลำเลียง	1.5	8.00-17.00	△
2.	จานไถ	แท่นเลื่อย	13	8.00-17.00	○
		แท่นสว่าน	1.5	8.00-17.00	△
		เครื่องตัดเหล็ก	3.5	8.00-17.00	△
		เครื่องตัดมุม	3.5	8.00-17.00	△
		เครื่องตัดเฉียง	5.5	8.00-17.00	△
		เครื่องปั๊มรู	3.5	8.00-17.00	△
		เครื่อง Milling	5.5	8.00-17.00	△
		เครื่อง Plassma	53	8.00-17.00	◉
		ปั๊มอากาศอัด	2.2	8.00-17.00	△
		เครื่องรีดเกลียว	7.5	8.00-17.00	△
		เตาเผา C	5	8.00-17.00	△
		เครื่องปั๊ม 60 ตัน	3.5	8.00-17.00	△
		เครื่องปั๊ม 200 ตัน	50	8.00-17.00	◉
		บ่อชุบ	14.5	8.00-17.00	○
		เตาอบอุปกรณ์เกษตร	26.4	8.00-17.00	○
		ตัดใบคัดท้าย	7.5	8.00-17.00	△
		เครื่องเช็คความแข็ง	0.75	8.00-17.00	△
		Shot Peening	15	8.00-17.00	○
		Induction Heat M/C	100	8.00-17.00	◉
		Press 200 T	37	8.00-17.00	○
		เครื่องตัดใบดันดิน	15	8.00-17.00	○
		เครื่องจักรปั้มรู	7.5	8.00-17.00	△
		Conveyer ชุบสี	7.5	8.00-17.00	△
		บ่อชุบสี	3	8.00-17.00	△
	รวม		**1,202.36**		

◉=มาก (มากกว่า 40 กิโลวัตต์) ○=ปานกลาง (10-40 กิโลวัตต์) △=น้อย (น้อยกว่า 10 กิโลวัตต์)

การวิเคราะห์

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่า ในกระบวนการผลิตแหนบจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด เนื่องจากมีขั้นตอนการผลิตมากกว่าการผลิตจานไถ การใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้ในขั้นตอนปั๊มหู รีดปลาย เตาเผา และชุบแข็ง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนที่กล่าวมาจำเป็นต้องให้ชิ้นงานมีการผลิตที่ต่อเนื่อง เพราะถ้าเกิดการรอวัตถุดิบก็จะทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าต่อเวลาในปริมาณมาก ดังนั้นทางทีมที่ปรึกษาจะทำการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายในการปรับปรุงดังแสดงในหัวข้อที่ 3.3.3

2) เชื้อเพลิง

ตารางที่ 3.23 แสดงการวิเคราะห์การใช้น้ำมันเตาเกรดซี

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	อุณหภูมิ (^{O}C)	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
1.	แหนบ	ปั๊มหูรัด	900	8.00-17.00	◉
		เจาะรู (4.5 กิโลวัตต์)	900	8.00-17.00	◉
		ขึ้นรูปร้อน	927	8.00-17.00	◉
		ขึ้นรูปเย็น	250	8.00-17.00	△
		รีดปลาย (153 กิโลวัตต์)	927	8.00-17.00	◉
		งอปลาย	927	8.00-17.00	◉
		ปั๊มนม	927	8.00-17.00	◉
		ทำการเผา	950	8.00-17.00	◉
		อบคลายเครียด	500	8.00-17.00	○
2.	จานไถ	ให้ความร้อนชิ้นงาน	950	8.00-17.00	◉
		อบคลายเครียด	520	8.00-17.00	○

◉=มาก (มากกว่า 600 องศาเซลเซียส) ○=ปานกลาง (300-600 องศาเซลเซียส) △=น้อย (น้อยกว่า 300 เซลเซียส)

การวิเคราะห์

การใช้น้ำมันเตาเกรดซีเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับชิ้นงานเพื่อใช้ในการแปรรูปโลหะ จะมีการใช้มากที่สุดอยู่ในขั้นตอนการเผาให้ความร้อน ซึ่งต้องให้ชิ้นงานมีอุณหภูมิอยู่ที่ 950 องศาเซลเซียส และเพื่อเพิ่มความแข็งให้กับชิ้นงานโดยการเพิ่มคาร์บอนลงในเนื้อโลหะ จากนั้นนำชิ้นงานมาอบเพื่อคลายเครียด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องวางแผนให้การใช้งานของเตาเผาสัมพันธ์กับขั้นตอนการอบคลายเครียดชิ้นงาน เพราะถ้าไม่สัมพันธ์กันจะมีการรอชิ้นงาน ทำให้เกิดภาระเครื่องจักรทำงานแต่ไม่มีการผลิตชิ้นงาน และอีกกรณีในช่วงเวลาของการเปิดเตานั้น จากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับเวลาการ

ทำงานมีการเปิดเตาเร็วกว่าเวลาที่ผลิตมากถึง 40 นาทีต่อวัน ซึ่ง ณ จุดนี้จำเป็นต้องทำการลดปริมาณเชื้อเพลิงลงเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเตาไม่ให้เกิน 950 องศาเซลเซียส ตามค่าสูงสุดของการผลิต ดังนั้น การเลื่อนเวลาในการเริ่มจุดเตาเผาให้ช้าลงเพื่อให้เวลาสัมพันธ์กับการผลิตจะทำให้การใช้เชื้อเพลิงลดลงได้ โดยใช้ตารางสำรวจการเดินเครื่อง นำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นเป้าหมายในการปรับปรุง แสดงตามหัวข้อ 3.3.3

3.3.3 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงจะพิจารณาจากผลที่ได้จากการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรคือ วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน มากำหนดเป็นหัวข้อในรูปของพื้นที่การผลิต หน่วยการผลิตหรือกิจกรรมที่จะดำเนินการ ที่มาของประเด็นปัญหา และแนวทางการแก้ไขปรับปรุง เพื่อนำไปพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และนำไปจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในหัวข้อที่ 3.3.4

3.3.3.1 ส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

แสดงตามตารางดังนี้

ตารางที่ 3.24 แสดงการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

พื้นที่	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ประเด็นปัญหา	แนวทางการแก้ไขปรับปรุง
ขึ้นรูปเย็น	ตัดมุมชิ้นงาน 10 องศา และงอปลาย	มีการรอวัตถุดิบทำให้สูญเสียเวลาในการทำงาน ก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน	ใช้บันทึก Process Flow Chart ช่วยในการปรับปรุงการทำงานจากการรอวัตถุดิบ
อบชุบแหนบ	เตาเผา	มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการเปิด Blower ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	พิจารณาจากประโยชน์การใช้งานโดยตรวจสอบความเหมาะสมในการปิด Blower เพื่อทำการปิดการใช้งานให้สัมพันธ์กัน
อบชุบแหนบ	เตาเผา และเตาอบ	มีการสูญเสียเชื้อเพลิงจากการอุ่นเตาเผา และเตาอบชุบ	ใช้ตารางสำรวจการเดินเครื่องโดยเลื่อนเวลาในการอุ่นเตาจาก 05.30 น. เป็น 06.30 น.

3.3.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ตารางที่ 3.25 แสดงการประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	รายละเอียดการพิจารณา							ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง
		ทางเทคนิค				ทางเศรษฐศาสตร์			
		สามารถลดการใช้ทรัพยากร	ไม่มีผลกระทบด้านการผลิตและคุณภาพงาน	ไม่มีผลกระทบด้านความปลอดภัยในการทำงาน	สามารถดำเนินการปฏิบัติได้	ระยะเวลาคืนทุนเหมาะสม	คุ้มค่าในการลงทุน	สร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร	
1.	**การใช้พลังงานไฟฟ้า** 1) ยกเลิกหน่วยงานตัดมุมชิ้นงาน 10 องศา และงอปลาย	○	◉	◉	◉	◉	◉	○	○
	2) ลดการเดิน Blower ตัวเปล่าของเตาเผาหลังการปิดเตา	◉	○	○	◉	◉	◉	△	◉
2.	**การใช้พลังงานเชื้อเพลิง** ลดการใช้เชื้อเพลิงในการอุ่นเตา	◉	◉	◉	◉	◉	◉	◉	◉

◉=มาก ○= ปานกลาง △=น้อย

3.3.4 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

การจัดทำข้อเสนอการปรับปรุงเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียทรัพยากรต่าง ๆ ได้แก่

3.3.4.1 ลดการใช้พลังงาน

1) ไฟฟ้า

1.1) ยกเลิกหน่วยงานตัดมุมชิ้นงาน 10 องศา และงอปลาย

หน่วยงานขึ้นรูปเย็นตัดมุม 10 องศา เป็นหน่วยงานที่ต้องรับชิ้นงานจากหน่วยงานตัดเหล็ก และเจาะรูกลาง ซึ่งมีหลากหลายขั้นตอนกว่าจะมาถึงขั้นตอนในการตัดมุม เนื่องจากวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตมีน้ำหนักมากจึงจำเป็นต้องใช้รถยกช่วยในการขนย้ายวัตถุดิบ เป็นเหตุให้มีการรอคอยชิ้นงานเกิดขึ้น

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. ลดขั้นตอนในการผลิต
2. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

ใช้บันทึก Process Flow Chart ช่วยในการปรับปรุงการทำงานจากการรอวัตถุดิบเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง โดยใช้หลักการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดจากผังกระบวนการผลิตและประโยชน์การใช้งานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตซึ่งเป็นแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า ปรับปรุงโดยยกเลิกการใช้งานเครื่องตัดมุม 10 องศา เปลี่ยนมาใช้งานเครื่อง 60 ตันแทน โดยการแก้ไขแม่พิมพ์ในการตัดมุม 10 องศา

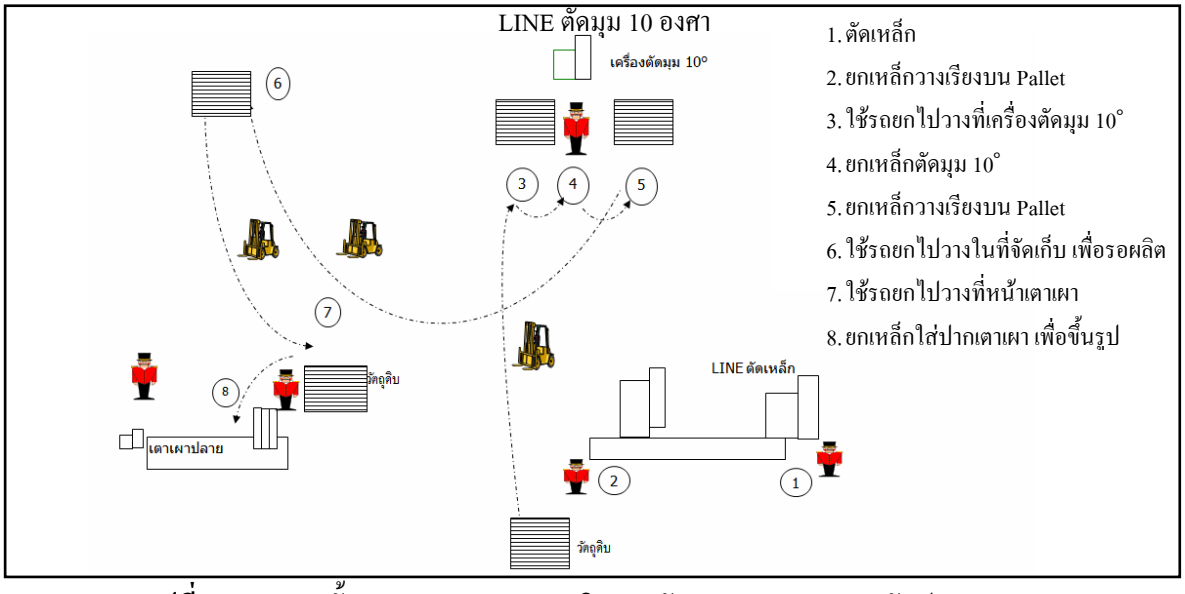
<u>ซึ่งขั้นตอนในการผลิตก่อนการปรับปรุง ดังนี้</u>

1. หน่วยงานตัดเหล็ก ตัดชิ้นงาน ตามขนาด
2. พนักงานยกชิ้นงานวางเรียงบน Pallet
3. ใช้รถยกเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากหน่วยงานตัดเหล็ก และเจาะรูกลางนำมาวางบนโต๊ะเตรียมงานที่หน่วยงานตัดมุม 10 องศา
4. พนักงานยกชิ้นงานใส่เข้าแม่พิมพ์ตัดมุม 10 องศา
5. ตัดเสร็จแล้วยกชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ตัดมุม วางเรียงบนโต๊ะ
6. ใช้รถยกชิ้นงานที่ตัดมุมเสร็จแล้วมาวางพักไว้ที่บริเวณพื้นที่ว่าง
7. ใช้รถยกชิ้นงานจากจุดวางมาไว้ที่เตาเผาปลาย
8. พนักงานยกชิ้นงานเรียงเข้าเตาเผาปลาย เพื่อขึ้นรูป

ขั้นตอนในการปรับปรุงมีรายละเอียดดังนี้

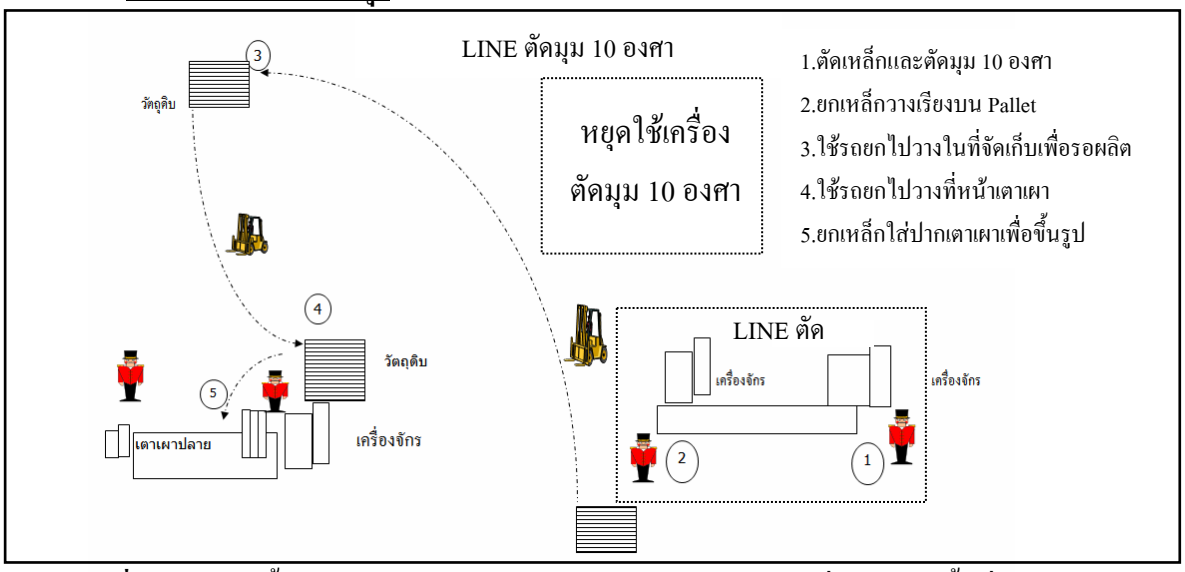
1. ยกเลิกพื้นที่ตัดมุมเดิม
2. หน่วยงานตัดเหล็กตัดชิ้นงานให้ได้ตามขนาด และตัดมุม 10 องศาด้วยเครื่อง 60 ตัน
3. พนักงานยกชิ้นงานวางเรียงบน Pallet
4. ใช้รถยกเคลื่อนย้ายชิ้นงานมาวางพักไว้ที่บริเวณพื้นที่ว่าง
5. ใช้รถยกชิ้นงานมาไว้หน้าเตาเผา
6. พนักงานยกชิ้นงานเข้าเตาเผาปลาย เพื่อทำการขึ้นรูปต่อไป

สภาพก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 3.23 แสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตการตัดมุม 10 องศา และตัดปลาย

สภาพหลังการปรับปรุง



รูปที่ 3.24 แสดงขั้นตอนการผลิตการตัดมุม 10 องศา และเผาปลายที่ได้ยกเลิกพื้นที่ทำการแล้ว โดยเปลี่ยนมาตัดมุมที่เครื่อง 60 ตัน

<u>การคำนวณ</u>

เครื่องตัดมุม 10 องศา มีการใช้อากาศอัดในการควบคุม 2 จุด ใช้มอเตอร์ขนาดเครื่องละ 7.5 แรงม้า เปลี่ยนมาใช้เครื่อง 60 ตันซึ่งมีมอเตอร์ขนาด 5.5 แรงม้า ลดพนักงานลงได้ 1 คน

ค่าใช้จ่ายประจำวันก่อนทำการปรับปรุง (ข้อมูลของโรงงาน)

ค่าแรงพนักงาน 1 คน	=	394	บาท/วัน
ค่าพลังงานไฟฟ้าเครื่องตัดมุมขนาด 7.5 แรงม้า	=	34.32	บาท/วัน
ค่าแรงดันอากาศอัดเครื่องตัดมุม 2 จุด	=	10.85	บาท/วัน

ค่าใช้จ่ายที่ลดลงหลังทำการปรับปรุง ดังนี้

ค่าแรงพนักงาน 1 คน	=	394	บาท/วัน
ค่าพลังงานไฟฟ้าเครื่องตัดมุมขนาด 5.5 แรงม้า	=	26.24	บาท/วัน
ค่าแรงดันอากาศอัด	=	10.85	บาท/วัน
รวมค่าใช้จ่ายที่ลดลง	=	431	บาท/วัน

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (ลดพลังมอเตอร์ลงได้ 2 แรงม้า + ค่าแรงดันอากาศอัด)

	=	26.24 + 10.85	บาท/วัน
	=	37.09	บาท/วัน
1 ปีทำงาน 312 วัน	=	37.09 x 312	บาท/ปี
	=	11,572.08	บาท/ปี

ค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ย = 1.71 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

คิดเป็นพลังไฟฟ้า	=	11,572.08 / 1.71	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	=	6,767.30	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

รวมผลประหยัดใน 1 ปี

ค่าแรงพนักงาน	=	394 x 312	บาท/ปี
	=	122,928	บาท/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	11,572.08	บาท/ปี
รวม	=	122,928 + 11,572.08	บาท/ปี
	=	134,500	บาท/ปี

<u>ค่าใช้จ่ายในการลงทุน</u>

ค่าแรงการรื้อถอนเครื่องจักร	=	23,000	บาท

<u>ระยะเวลาในการคืนทุน</u>

	=	(23,000 / 134,500) x 12 x 30 วัน	
	=	**61.56 หรือประมาณ 62**	**วัน**

1.2) ลดการเดิน Blower ตัวเปล่าของเตาเผา หลังการปิดเตา

การใช้งาน Blower เพื่อดูดอากาศร้อนออกจากเตาเผาเป็นสิ่งที่จำเป็น เนื่องจากการที่อุณหภูมิของเตาเผาสูงมากทำให้เกิดเปลวไฟที่หัว Burner ขึ้นได้ เพราะมีน้ำมันเตาหยดซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อพนักงานได้ และการที่เดิน Blower จำเป็นที่จะต้องเปิดการใช้งานหลังเลิกงานแล้วเป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อลดความร้อนจากเตาเผาซึ่งมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น จึงควรลดการเดิน Blower ในส่วนนี้

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. ป้องกันการเกิดการลุกไหม้ของเปลวไฟอันเนื่องมาจากความร้อนของเตา
2. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการทำงานของ Blower

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

พิจารณาจากประโชน์การใช้งานโดยตรวจสอบความเหมาะสมในการปิด Blower โดยนำแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่าในเรื่องการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งในที่นี้หมายถึงความร้อนที่หลงเหลืออยู่ภายในเตา และจะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของ Blower ได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยมีรายละเอียดในการปรับปรุง ดังนี้

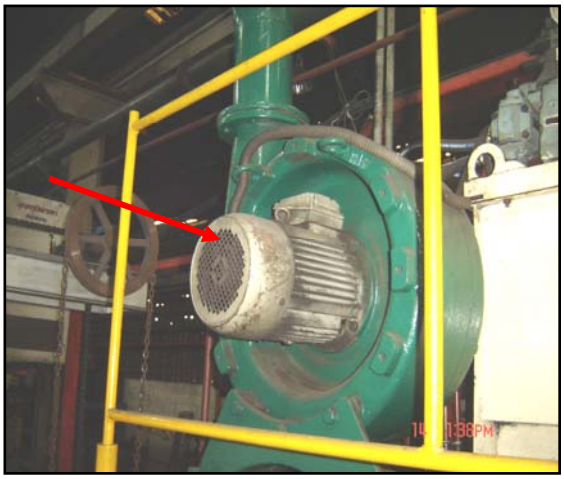
1. ทำการตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิของแต่ละเตาในช่วงเวลาเลิกการใช้งาน
2. ติดตั้งแผ่นเหล็กเพื่อป้องกันความร้อนโดนหัวเผา (Burner) หลังจากการปิดเตา
3. ทดสอบการหยุด Blower ของเตาเผา A เพื่อทดสอบอุปกรณ์ป้องกันความร้อนไม่ให้สัมผัสหัวเผา
4. นำวิธีการนี้ใช้กับเตาอื่น ๆ ภายในโรงงาน

<u>สภาพปัจจุบัน</u>

ปัจจุบันทางโรงงานมีการใช้งาน Blower เพื่อระบายความร้อนออกจากเตาทั้งหมด 5 เครื่อง ซึ่งขนาดพลังไฟฟ้า ดังนี้

1. Blower ของเตาเผา A = 4.93 กิโลวัตต์
2. Blower ของเตาเผา B = 4.27 กิโลวัตต์
3. Blower ของเตาอบแหนบ = 2.43 กิโลวัตต์
4. Blower ของเตาเผา C = 2.17 กิโลวัตต์
5. Blower ของเตาอบอุปกรณ์เกษตร = 2.17 กิโลวัตต์

สภาพก่อนการปรับปรุง

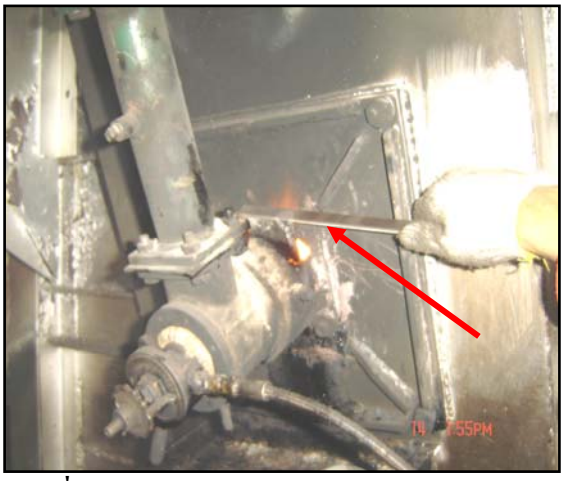


รูปที่ 3.25 แสดง Blower ที่ใช้ในการดูดความร้อนออกจากเตาเผา

รูปที่ 3.26 แสดงเตาอบอุปกรณ์เกษตรที่แสดงให้เห็นถึงเสาระบายอากาศร้อน

สภาพหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.27 แสดงแผ่นเหล็กที่ใช้สำหรับกันความร้อนไม่ให้สัมผัสหัว Burner



รูปที่ 3.28 แสดงลักษณะการใช้งานแผ่นเหล็กกันความร้อนของเตาเผา

<u>การคำนวณ</u> (ยกเลิกการใช้งาน Blower ได้ 2 ชั่วโมง/เครื่อง)

ค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ย = 1.71 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

1. การยกเลิกการใช้งาน Blower ของเตาเผา A	= 4.93×2×26×12	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 3,076.32	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 3,076.32×1.71	บาท/ปี
	= 5,261	บาท/ปี
2. การยกเลิกการใช้งาน Blower ของเตาเผา B	= 4.27×2×26×12	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 2,664.48	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 2,664.48×1.71	บาท/ปี
	= 4,556	บาท/ปี
3. การยกเลิกการใช้งาน Blower ของเตาอบแหนบ	= 2.43×2×26×12	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 1,516.32	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 1,516.32×1.71	บาท/ปี
	= 2,593	บาท/ปี
4. การยกเลิกการใช้งาน Blower ของเตาเผา C	= 2.17 ×2×26×12	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 1,354.08	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 1,354.08×1.71	บาท/ปี
	= 2,315	บาท/ปี
5. การยกเลิกการใช้งาน Blower ของเตาอบอุปกรณ์เกษตร	= 2.17×2×26×12	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 1,354.08	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
	= 1,354.08×1.71	บาท/ปี
	= 2,315	บาท/ปี

<u>สรุปผลการดำเนินกิจกรรม/ผลประหยัด</u>

ค่าพลังงานที่สามารถปรับลดการใช้งาน Blower

= 3,076.32+2,664.48+1,516.32+1,354.08+1,354.08 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

= 9,965.28 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

ผลประหยัด = 5,261+4,556+2,593+2,315+2,315 บาท/ปี

= 17,040 บาท/ปี

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

2) เชื้อเพลิง

ลดการใช้เชื้อเพลิงในการอุ่นเตา

การสูญเสียความร้อนอย่างหนึ่งคือ การอุ่นเตาอบก่อนเริ่มทำการผลิตจริง ประมาณ 2 ชั่วโมง หากอุ่นเร็วเกินไปจะทำให้เกิด Thermo Shock ทำให้อิฐเสียหายได้ ดังนั้น ในกระบวนการผลิตที่ต้องหยุดเตาและเดินเตาใหม่ทุก ๆ วันจะทำให้พลังงานความร้อนที่ได้ลดลง ความร้อนสูญเสียในการเดินและหยุดสูง เนื่องจากการจุดเตาเพื่ออุ่นเตาเป็นช่วงที่เกิดการสูญเสียน้ำมันเตาโดยไม่เกิดผลผลิต และเกิดความร้อนสูญเสียซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเตาโดยไม่จำเป็น จากการสำรวจข้อมูลของพนักงานติดเตาและศึกษาข้อมูลพบว่า มีการสูญเปล่าที่สามารถลดได้

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

1. ลดค่าใช้จ่ายของน้ำมันเตา 50 เปอร์เซ็นต์ ของการอุ่นเตาเผาจากเดิม ช่วงเวลา 05.30 - 07.30 น. เปลี่ยนเป็นเวลา 06.30-07.30 น.
2. ลดต้นทุนการใช้เชื้อเพลิง
3. ลดต้นทุนจากการปฏิบัติงาน โดยไม่กระทบกับนโยบายด้านคุณภาพ และนโยบายด้านความปลอดภัยสิ่งแวดล้อม

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

ใช้ตารางสำรวจการเดินเครื่องโดยเลื่อนเวลาในการอุ่นเตาจากเวลา 05.30 น. เปลี่ยนเป็นเวลา 06.30 น.จากการสำรวจพบว่า การอุ่นเตาในแต่ละครั้งจะมีบันทึกข้อมูล ควรใช้การบันทึกการอุ่นเตาในรูปแบบตารางเดินเครื่องตัวเปล่า สามารถทำได้ดังนี้

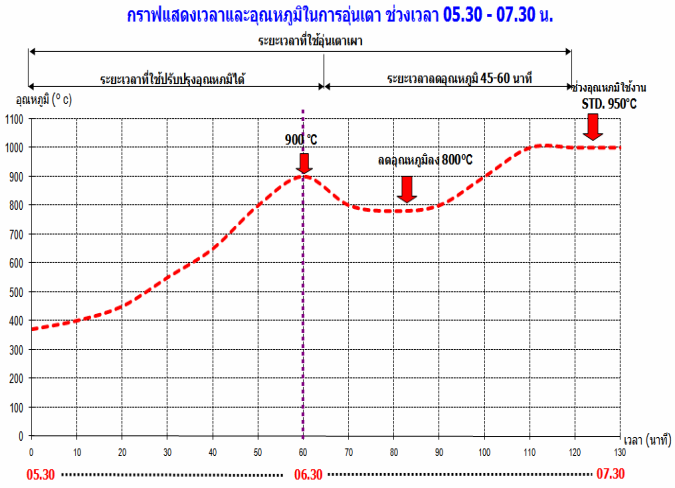
1. ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเตาเกรดซี ช่วงอุ่นเตาก่อนเริ่มทำการผลิต
2. ตรวจสอบระยะเวลาที่ต้องการใช้งานจริงในการจุดเตาจนถึงเวลาที่อุณหภูมิสามารถใช้งานได้ โดยเริ่มจากการปรับลดเวลาในการจุดเตาลงเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง จากเวลา 05.30 น. เป็นเวลา 06.00 น.
3. ทดสอบการอุ่นเตาเผาในเวลา 06.00 น. กับเตาเผาตัวหนึ่งก่อน
4. เมื่อผ่านการทดสอบ ให้เพิ่มเวลาในการปรับลดการอุ่นเตาเผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากเวลา 06.00 น. เป็น 06.30 น. โดยทดสอบการอุ่นเตาเผาตัวเดิมอีกรอบเพื่อป้องกันไม่ให้มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมาก
5. ขยายผลของการอุ่นเตากับเตาเผาอื่น ๆ

สภาพปัจจุบัน

เริ่มติดเตาเพื่ออุ่นเครื่องประมาณ 2 ชั่วโมง โดยเริ่มอุ่นเตาเวลา 05.30-07.30 น. และเริ่มทำการผลิต

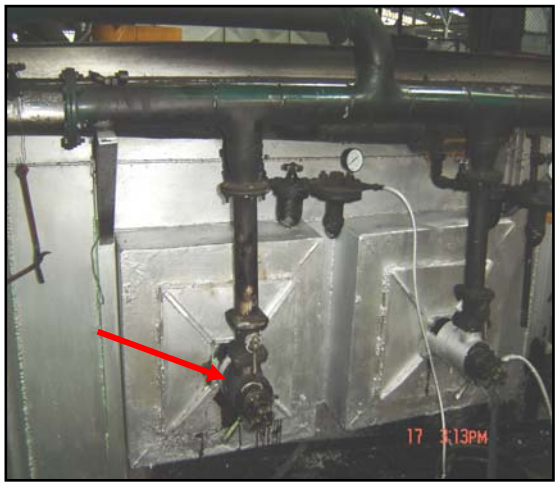
สภาพก่อนการปรับปรุง

รูปที่ 3.29 แสดงตัวอย่างตำแหน่งหัวเผาของเตาที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรดซี

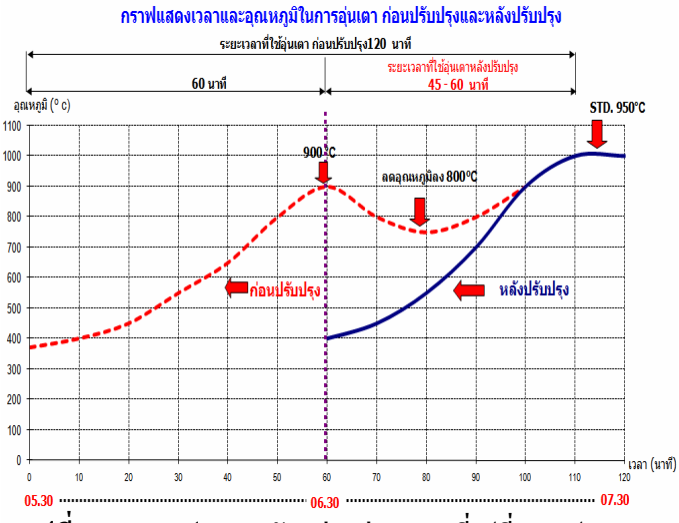


รูปที่ 3.30 กราฟแสดงตัวอย่างช่วงเวลาในการอุ่นเตาที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ

สภาพหลังการปรับปรุง



รูปที่ 3.31 แสดงตัวอย่างหัวเผาที่ได้เปลี่ยนเวลาในการติดเตา



รูปที่ 3.32 กราฟแสดงตัวอย่างช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงในการอุ่นเตาและความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

<u>การคำนวณ</u>

การลดปริมาณการใช้น้ำมันเตาในการอุ่นเตา

จากการเปลี่ยนแปลงเวลาในการอุ่นเตา จากเวลา 05.30-07.30 น. ซึ่งมีการสูญเสียความร้อนไปโดยไม่มีผลผลิต ทำให้เป็นสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและค่าใช้จ่ายน้ำมันเตาโดยไม่จำเป็น จึงได้เปลี่ยนเป็นเวลา 06.30-07.30 น. (ลดเวลาในการอุ่นเตาเหลือ 1 ชั่วโมง) โดยไม่มีผลกระทบต่อเวลาเริ่มทำงานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ค่าน้ำมันเตาเกรดซีโดยเฉลี่ย = 14.70 บาท/ลิตร

- **เตาเผา A**

  ปริมาณการใช้น้ำมันเตา 1 ชั่วโมง = 90 ลิตร

- **เตาเผา B**

  ปริมาณการใช้น้ำมันเตา 1 ชั่วโมง = 90 ลิตร

- **เตาอบแหนบ**

  ปริมาณการใช้น้ำมันเตา 1 ชั่วโมง = 45 ลิตร

- **เตาเผา C**

  ปริมาณการใช้น้ำมันเตา 1 ชั่งโมง = 50 ลิตร

- **เตาอบอุปกรณ์เกษตร**

  ปริมาณการใช้น้ำมันเตา 1 ชั่งโมง = 40 ลิตร

<u>สรุปผลการดำเนินกิจกรรม/ผลประหยัด</u>

ค่าน้ำมันเตาเกรดซีที่สามารถลดได้ในการเปลี่ยนเวลาอุ่นเตา

= (90+90+45+50+41) ×26×12 ลิตร/ปี

= 98,280 ลิตร/ปี

= 98,280×14.70 บาท/ปี

= 1,444,716 บาท/ปี

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

<u>ตารางที่ 3.26</u> ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ผลการดำเนินการ			มูลค่าการลดต้นทุน			
			ดำเนินการเสร็จแล้ว	กำลังดำเนินการ	ยังไม่ได้ดำเนินการ	ปริมาณ (หน่วย)	มูลค่าการประหยัด (บาท / ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (วัน)
1.	**การใช้พลังงานไฟฟ้า** 1) ยกเลิกหน่วยงานตัดมุมชิ้นงาน 10 องศา และงอปลาย	ขึ้นรูปเย็น	/	-	-	6,767.30 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	134,500	23,000	62
	2) ลดการเดิน Blower ตัวเปล่าของเตาเผา หลังการปิดเตา	เตาเผา	/	-	-	9,965.28 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	17,040	-	-
2.	**การใช้พลังงานเชื้อเพลิง** ลดการใช้เชื้อเพลิงในการอุ่นเตา	เตาเผาและเตาอบ	/	-	-	98,280 ลิตร/ปี	1,444,716	-	-
	รวม						**1,596,256**	**23,000**	-

3.4 อุตสาหกรรมแปรรูปกระจกรถยนต์

บริษัทแห่งหนึ่งประกอบกิจการผลิตกระจกนิรภัยอาคาร กระจกนิรภัยรถยนต์ มีกำลังการผลิต จำนวน 2,580,000 ตารางเมตรต่อปี โดยแบ่งเวลาปฏิบัติงานเป็น 2 กะ ตั้งแต่เวลา 07.30 ถึง 07.30 นาฬิกาของวันถัดไป ผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ

3.4.1 กระบวนการผลิต

ได้นำวิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต โดยการจัดทำผังกระบวนการผลิตเพื่อศึกษาการไหลของวัตถุดิบผ่านแต่ละขั้นตอนการผลิต ว่ามีการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน เกิดประสิทธิภาพสูงสุดหรือไม่ มีปัญหาของการผลิตหรือไม่ ปัญหาเกิดขึ้นที่ขั้นตอนใด เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรต่อไปในหัวข้อที่ 3.4.2

3.4.1.1 กระบวนการผลิตกระจกนิรภัย

1) รับวัตถุดิบ

รับวัตถุดิบเป็นแผ่นกระจกหนา 5 – 6 มิลลิเมตร จากผู้ผลิตกระจกและตรวจสอบคุณภาพของกระจกตามมาตรฐานที่กำหนด

2) การตัดกระจก

นำมาตัดเป็นแผ่นตามแบบความต้องการของลูกค้า

3) การเจียร เจาะ ล้าง

ทำการเจียรเพื่อลบรอยคม และเจาะรูยึดกระจกตามแบบ จากนั้นทำความสะอาดด้วยน้ำ RO (Reverse Osmosis)

4) การสกรีนสี

บางครั้งต้องนำกระจกผ่านการสกรีนสีและตีตราตามแบบของลูกค้า

5) การอบกระจกเทมเปอร์ โซนเทมเปอร์

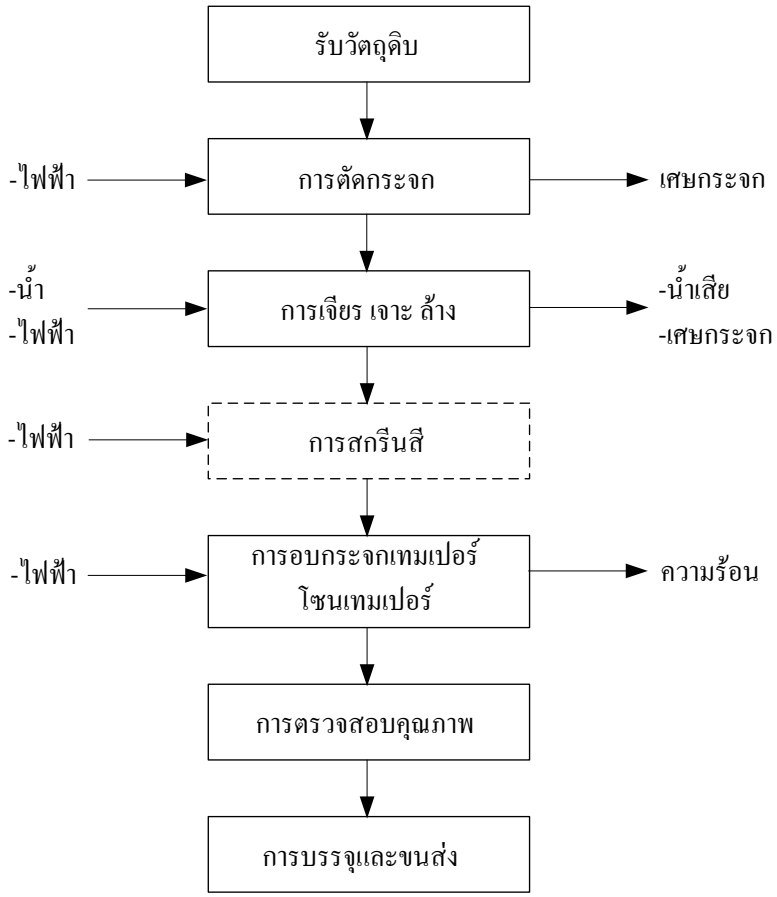
กระจกนิรภัยจะเป็นกระจกที่มีความแข็งมากกว่ากระจกธรรมดาประมาณ 3 – 5 เท่า และเมื่อเกิดการแตกจะเป็นชิ้นเล็ก ๆ ที่ไม่แหลมคม ไม่กระจายและไม่ยอมให้วัสดุทะลุผ่านกระจกได้ง่าย ซึ่งมาจากกรรมวิธีในการอบกระจกด้วยขดลวดความร้อนที่ให้อุณหภูมิสูงถึง 720 องศาเซลเซียส แล้วทำ Heat Treatment โดยใช้ลมเป่ากระจกทั้ง 2 ด้านอย่างรวดเร็วเพื่อสร้างสภาวะเค้นอัด (Compression) บริเวณผิวกระจก และสภาวะเค้นดึง (Tension) ด้านในเนื้อกระจก โดยกระจกเทมเปอร์จะเป็นกระจกที่เมื่อแตกจะเป็นเม็ดเล็ก ๆ ทั่วแผ่น จึงนำไปใช้เป็นกระจกด้านหลัง และกระจกด้านข้างของรถยนต์ สำหรับกระจกโซนเทมเปอร์จะผ่านกระบวนการอบให้อุณหภูมิแบบพิเศษที่จะช่วยปรับให้บริเวณตรงกลางแผ่นกระจก เมื่อเกิดการแตกจะมีเม็ดขนาดใหญ่กว่ากระจกเทมเปอร์ธรรมดา ซึ่งจะทำให้ผู้ขับขี่รถยนต์สามารถมองผ่านไปได้จึงนำไปใช้เป็นกระจกด้านหน้าของรถยนต์

6) การตรวจสอบคุณภาพ

กระจกที่ผ่านการอบแล้วจะต้องนำมาตรวจสอบคุณภาพและสุ่มทดสอบลักษณะการแตกของเม็ดกระจก เพื่อความปลอดภัยและให้เป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนด

7) การบรรจุและจัดส่ง

กระจกที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกนำมาบรรจุ และขนส่งต่อไป



<u>รูปที่ 3.33</u> กระบวนการผลิตกระจกนิรภัย (เทมเปอร์ โซนเทมเปอร์)

3.4.2 การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร

เป็นการนำข้อมูลจากผังกระบวนการผลิตมาจัดทำเป็นตารางแจกแจงตามการใช้ทรัพยากร คือการใช้วัตถุดิบ การใช้น้ำ และการใช้พลังงาน ของแต่ละกระบวนการผลิต แล้วพิจารณาการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ของแต่ละกระบวนการผลิตโดยให้น้ำหนักการใช้ ดังนี้ มาก = ◉ ปานกลาง = ○ และน้อย =△ ตามความเหมาะสมของการใช้ทรัพยากรในกระบวนการนั้น ๆ เพื่อใช้พิจารณาในการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงต่อไป ในหัวข้อที่ 3.4.3

3.4.2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 3.27 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด กิโลวัตต์	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
1.	สายการผลิตกระจกนิรภัยเทมเปอร์โซนเทมเปอร์	เครื่องตัด	22	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		เครื่องเจียร	5	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		เครื่องเจียร	22	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		เครื่องเจาะ	30	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		เครื่องเจาะ	4	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		เครื่องล้าง	14	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		เครื่องล้าง	18	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		เครื่องสกรีนสี	22	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		เตาอบเทมเปอร์	170	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	○
		เตาอบเทมเปอร์	143	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	○
		เตาอบเทมเปอร์	195	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	○
		เตาอบเทมเปอร์	251	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	○
		เตาอบเทมเปอร์	400	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	◉
		เตาอบเทมเปอร์	450	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	◉
		เตาอบเทมเปอร์	475	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	◉
		เตาอบเทมเปอร์	530	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	◉
		เตาอบเทมเปอร์	570	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	◉
		เตาอบเทมเปอร์	580	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	◉
		เตาอบเทมเปอร์ Glass Tech	643	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	◉

◉=มาก(มากกว่า 300 กิโลวัตต์) ○=ปานกลาง(50 – 300 กิโลวัตต์) △=น้อย(น้อยกว่า 50 กิโลวัตต์)

ตารางที่ 3.27 (ต่อ)

ลำดับที่	พื้นที่ / หน่วยผลิต	เครื่องจักร / อุปกรณ์	ขนาด กิโลวัตต์	ช่วงเวลาทำงาน	ต้นทุน
2.	ทั่วโรงงาน	เครื่องอัดอากาศ 1	75	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 2	75	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 3	75	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 4	75	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 5	75	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 6	75	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 7	75	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 8	75	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 9	75	สำรองใช้งาน	-
		เครื่องอัดอากาศ 10	56	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		เครื่องอัดอากาศ 11	37	สำรองใช้งาน	-
		เครื่องอัดอากาศ 12	11	สำรองใช้งาน	-
		เครื่องอัดอากาศ 13	11	สำรองใช้งาน	-
		ระบบน้ำ RO	54	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	O
		หลอดไฟแสงสว่าง	38	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	△
		ระบบปรับอากาศ	544	07.30 – 16.15, 22.00 – 08.00	◉
รวม			5,970		

◉=มาก(มากกว่า 300 กิโลวัตต์) O=ปานกลาง(50 – 300 กิโลวัตต์) △=น้อย(น้อยกว่า 50 กิโลวัตต์)

การวิเคราะห์

จากการสำรวจปริมาณการใช้ไฟฟ้า พบว่าในสายการผลิตกระจกเทมเปอร์ โซนเทมเปอร์จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในส่วนของเตาอบกระจก ได้แก่ เตาอบเทมเปอร์ การประหยัดพลังงานที่เตาอบจะต้องพิจารณาการควบคุมอุณหภูมิ การลดความร้อนสูญเสียจากผนังเตา เป็นต้น จากการตรวจสอบพบว่าความร้อนสูญเสียจากผนังเตามีไม่มากนัก การควบคุมการทำงานของเตาจะใช้พนักงานเป็นผู้ควบคุมต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์สูง หากจะใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติจะต้องเปลี่ยนเป็นเตาอบชนิดใหม่ซึ่งมีการลงทุนสูงเมื่อเทียบกับการลดต้นทุน การใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีปริมาณรองลงมาได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด ซึ่งมีการใช้ในการเป่าทำความสะอาดและใช้ในระบบควบคุมเครื่องจักรบางส่วน จากการตรวจสอบพบว่ามีอากาศอัดรั่วหลายบริเวณ การลดการสูญเสียจากการรั่วของอากาศอัดจะมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงไม่มากและจะช่วยให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

3.4.3 การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

การคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุงจะพิจารณาจากผลที่ได้จากการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรคือ วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน มากำหนดเป็นหัวข้อในรูปของพื้นที่การผลิต หน่วยการผลิตหรือกิจกรรมที่จะดำเนินการ ที่มาของประเด็นปัญหา และแนวทางการแก้ไขปรับปรุง เพื่อนำไปพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และนำไปจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในหัวข้อที่ 3.3.4

3.4.3.1 ส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

แสดงตามตารางดังนี้

ตารางที่ 3.28 แสดงการคัดเลือกส่วนการผลิตที่เป็นเป้าหมายการปรับปรุง

พื้นที่	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ประเด็นปัญหา	แนวทางการแก้ไขปรับปรุง
ทุกฝ่ายในโรงงาน	การใช้อากาศอัดในการผลิต	มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากมีอากาศอัดรั่วในการผลิต	ลดต้นทุนสูญเปล่าในระบบอากาศอัดโดยใช้ผังกระบวนการผลิต สำรวจการใช้งานของอากาศอัด ค้นหาจุดรั่วและทำการแก้ไข

3.4.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ตารางที่ 3.29 แสดงการประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	รายละเอียดการพิจารณา							ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง
		ทางเทคนิค				ทางเศรษฐศาสตร์			
		สามารถลดการใช้ทรัพยากร	ไม่มีผลกระทบด้านการผลิตและคุณภาพงาน	ไม่มีผลกระทบด้านความปลอดภัยในการทำงาน	สามารถดำเนินการปฏิบัติได้	ระยะเวลาคืนทุนเหมาะสม	คุ้มค่าในการลงทุน	สร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร	
1.	**การใช้พลังงานไฟฟ้า** ลดการรั่วในระบบอากาศอัด	◉	◉	◉	◉	◉	◉	○	◉

◉=มาก ○= ปานกลาง △=น้อย

3.4.4 การจัดทำรายละเอียดในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

การจัดทำข้อเสนอการปรับปรุงเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียทรัพยากรต่าง ๆ ได้แก่

3.4.4.1 ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

ลดการรั่วในระบบอากาศอัด

การผลิตกระจกมีการใช้งานอากาศอัด ในส่วนต่าง ๆ ได้แก่

1. เครื่องจักรของฝ่ายผลิตกระจกรถยนต์และกระจกอาคาร
2. เครื่องจักรที่ใช้อากาศอัด
3. ทุกกิจกรรมที่ใช้อากาศอัด

เครื่องอัดอากาศของโรงงานที่ใช้อยู่เป็นประจำมีอยู่ 9 เครื่อง และมีการทำงานอยู่ตลอดเวลา เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่า มีต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตอากาศอัดสูงเนื่องจากมีปัญหาอากาศอัดรั่ว

จากการสำรวจพบว่า ปัญหาอากาศอัดรั่วเป็นปัญหาที่สามารถควบคุมได้ โดยนำหลักการวิศวกรรมคุณค่าเข้ามาปรับปรุงการใช้งานของอากาศอัด

<u>วัตถุประสงค์ / เป้าหมาย</u>

ลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในการผลิตอากาศอัด

<u>วิธีการแก้ไขปรับปรุง</u>

การลดต้นทุนสูญเปล่าในระบบอากาศอัดโดยใช้ผังกระบวนการผลิตสำรวจการใช้งานของอากาศอัด ค้นหาจุดรั่วและทำการแก้ไข มีขั้นตอนดังนี้

1. สำรวจการใช้งานระบบอากาศอัดโดยใช้ผังกระบวนการผลิต เพื่อรวบรวมจุดใช้งานที่ต้องทำการตรวจสอบการรั่ว
2. ตรวจสอบการรั่วของอากาศอัดโดยใช้น้ำสบู่เทลงที่ตำแหน่งของท่อหรืออุปกรณ์ที่สงสัยว่ามีการรั่วเกิดขึ้น ถ้าเกิดฟองอากาศแสดงว่ามีการรั่วให้บันทึกตำแหน่งจุดรั่ว และทำการแขวนป้ายสัญลักษณ์แสดง ณ ตำแหน่งที่ตรวจพบ
3. หน่วยงานซ่อมบำรุงหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบทำการซ่อมแซมจุดรั่ว โดยการเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์หรือปรับปรุงอุปกรณ์จนไม่พบการรั่วของอากาศอัด เพื่อให้ได้ประโยชน์การใช้งานจากอากาศอัดมากที่สุด

สภาพก่อนการปรับปรุง

รูปที่ 3.34 แสดงการตรวจสอบจุดที่มีการรั่วของระบบอากาศอัด

การคำนวณ

ทำการปรับปรุงการรั่วของอากาศอัดทั้งหมด 195 จุด ซึ่งมีวิธีการประเมินการสูญเสียจากการรั่วของอากาศอัด ดังนี้

1. อัตราการรั่วตรง

อัตราการรั่วตรงจะเกิดจากรูรั่วที่ท่อ เช่น ท่ออากาศอัดเกิดสนิมผุกร่อนทำให้เกิดรูรั่วที่ท่อ หรือ เกิดการแตกร้าวที่ท่อ สามารถคำนวณอัตราการรั่วตรงได้จากสูตร ดังนี้

อัตราการรั่วตรงของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที)

$$= \frac{0.001\times\pi\times(d^2)\times C_D\times C^*\times P_N\times Z\times R\times T_1}{4\times P_1\times\sqrt{R\times T_N}} \quad \text{.....(2)}$$

โดย Z = ตัวประกอบในการอัดอากาศมีค่าเท่ากับ 1

R = ค่าคงที่ของก๊าซเท่ากับ 287.1 จูล / (กิโลกรัม.เคลวิน)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดรูรั่ว (มิลลิเมตร)

C^* = Critical Flow Factor เท่ากับ 0.6862

C_D = Discharge Coefficient เท่ากับ 0.9888

P_1 = ความดันอากาศสัมบูรณ์อ้างอิง (บาร์)

P_N = ความดันอากาศสัมบูรณ์ขณะอยู่ในท่อ (บาร์)

T_1 = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศเท่ากับ 293.15 เคลวิน (ที่สภาพอากาศอ้างอิง 20 องศาเซลเซียส)

T_N = อุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ 273.15 เคลวิน

ตัวอย่างการคำนวณ แสดงดังภาคผนวก ก หน้าที่ ก-8

หรือสามารถคำนวณได้จากตารางอัตราการรั่วตรงของอากาศอัดที่ขนาดรูรั่วและความดันขนาดต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.30 แสดงอัตราการรั่วตรงของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที) ผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่าง ๆ

Air Pressure	Discharge of Free Air in Litre per second for various Orifice Diameter (mm.)										
(bar)	0.5	1	2	3	4	5	6	8	9.5	10	12.5
1	0.08	0.32	1.27	2.86	5.09	7.96	11.46	20.37	28.73	31.83	49.74
2	0.12	0.48	1.91	4.29	7.62	11.91	17.15	30.49	43.00	47.65	74.45
3	0.16	0.63	2.54	5.71	10.15	15.86	22.85	40.61	57.27	63.46	99.15
4	0.20	0.79	3.17	7.13	12.68	19.92	28.54	50.73	71.54	79.27	123.86
5	0.24	0.95	3.80	8.56	15.21	23.77	34.23	60.85	85.81	95.09	148.57
6	0.28	1.11	4.44	9.98	17.74	27.22	39.92	70.97	100.09	110.90	173.28
7	0.32	1.27	5.07	11.40	20.27	31.68	45.62	81.10	114.36	126.71	197.99
8	0.36	1.43	5.70	12.83	22.80	35.63	51.31	91.22	128.63	142.52	222.70
9	0.40	1.58	6.33	14.25	25.33	39.58	57.00	101.34	142.90	158.34	247.40
10	0.44	1.71	6.97	15.67	27.86	43.51	62.69	111.46	157.17	174.15	272.11
11	0.47	1.90	7.60	17.10	30.39	47.49	68.39	121.58	171.44	189.96	296.82
12	0.51	2.06	8.23	18.52	32.92	54.44	74.08	131.70	185.71	205.78	321.53
13	0.55	2.22	8.86	19.94	35.45	55.40	79.77	141.82	199.99	221.59	346.24
14	0.59	2.37	9.50	21.37	37.98	59.35	85.47	151.94	214.26	237.40	370.94
15	0.63	2.53	10.13	22.79	40.51	63.30	91.16	162.06	228.53	253.22	395.65

(ที่มา : หนังสือ เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.)

2. อัตราการรั่วซึม

อัตราการรั่วซึมได้แก่ รูรั่วที่เกิดขึ้นบริเวณข้อต่อต่างๆ จะสามารถคำนวณอัตราการรั่วได้จากสูตร ดังนี้

อัตราการรั่วซึมของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที)

$$= 0.09445 \times d^2 \times (P_g + P_{atm}) \quad \text{.....(3)}$$

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูรั่ว (มิลลิเมตร)

P_g = แรงดันอากาศอัด (บาร์)

P_{atm} = 1.013 (ความดันบรรยากาศ)

ตัวอย่างการคำนวณ แสดงดังภาคผนวก ก หน้าที่ ก-9

หรือสามารถคำนวณได้จากตารางอัตราการรั่วสำหรับจุดรั่วซึม ดังนี้

ตารางที่ 3.31 แสดงอัตราการรั่วซึมของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที) ผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่าง ๆ

Air Pressure	Discharge of Free Air in Litre per second for various Orifice Diameter (mm)										
(bar)	0.5	1	2	3	4	5	6	8	9.5	10	12.5
1	0.05	0.19	0.76	1.71	3.04	4.75	6.84	12.17	17.16	19.01	29.71
2	0.07	0.28	1.14	2.56	4.55	7.11	10.24	18.21	25.68	28.46	44.47
3	0.09	0.38	1.52	3.41	6.06	9.48	13.65	24.26	34.21	37.90	59.22
4	0.12	0.47	1.89	4.26	7.58	11.84	17.05	30.30	42.73	47.35	73.98
5	0.14	0.57	2.27	5.11	9.09	14.20	20.45	36.35	51.26	56.79	88.74
6	0.17	0.66	2.65	5.96	10.60	16.56	23.85	42.39	59.78	66.24	103.50
7	0.19	0.76	3.03	6.81	12.11	18.92	27.25	48.44	68.30	75.68	118.25
8	0.21	0.85	3.41	7.66	13.62	21.28	30.65	54.48	76.83	85.13	133.01
9	0.24	0.95	3.78	8.51	15.13	23.64	34.05	60.53	85.35	94.57	147.77
10	0.26	1.04	4.16	9.36	16.64	26.00	37.45	66.57	93.88	104.02	162.53
11	0.28	1.13	4.54	10.21	18.15	28.37	40.85	72.62	102.40	113.46	177.29
12	0.31	1.23	4.92	11.06	19.67	30.73	44.25	78.66	110.92	122.91	192.04
13	0.33	1.32	5.29	11.91	21.18	33.09	47.65	84.71	119.45	132.35	206.80
14	0.35	1.42	5.67	12.76	22.69	35.45	51.05	90.75	127.97	141.80	221.56
15	0.38	1.51	6.05	13.61	24.20	37.81	54.45	96.80	136.50	151.24	236.32

(ที่มา : http://www.9engineer.com/ee_main/AirPressureLoss.htm)

การคำนวณปริมาณการรั่วของอากาศอัดเป็นพลังไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตอากาศอัดสามารถคำนวณได้จากข้อมูลที่ป้ายของเครื่องอัดอากาศขนาด 75 กิโลวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตอากาศอัดได้ 13.2 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

คิดเป็นอัตราการรั่วของอากาศอัด = 13.2 ลูกบาศก์เมตร / นาที

ดังนั้น อัตราการรั่วของอากาศอัด = $\frac{13.2 \times 1000}{60}$ ลิตร/วินาที

= 220 ลิตร/วินาที

คิดเป็นอัตราพลังไฟฟ้า = $\frac{\text{พลังไฟฟ้า}}{\text{อัตราการไหล}}$ .....(4)

แทนค่าต่าง ๆ ลงใน (4) จะได้เป็น = $\frac{75}{220}$ กิโลวัตต์ / (ลิตร/วินาที)

= 0.34 กิโลวัตต์ / (ลิตร/วินาที)

ตัวอย่างการคำนวณ

- จุดรั่วตรงมีเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 2 มิลลิเมตร ความดันอากาศอัด 7 บาร์ จำนวน 1 จุด

ปริมาณอากาศอัดรั่วจากตารางที่ 3.30 = 5.07 ลิตร/วินาที

คิดเป็นพลังไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตอากาศอัด = 5.07 x 0.34 กิโลวัตต์

= 1.7238 กิโลวัตต์

ทำงานวันละ 18 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียจากการรั่ว = 1.7238 x 18 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน

= 31.03 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน

- จุดรั่วซึมมีเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 2 มิลลิเมตร ความดันอากาศอัด 7 บาร์ จำนวน 1 จุด

ปริมาณอากาศอัดรั่วจากตารางที่ 3.31 = 3.03 ลิตร/วินาที

คิดเป็นพลังไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตอากาศอัด = 3.03 x 0.34 กิโลวัตต์

= 1.0302 กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียจากการรั่ว = 1.0302 x 18 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน

= 18.54 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน

ตารางที่ 3.32 แสดงการประเมินความสูญเสียการรั่ว

พื้นที่	ปริมาณอากาศอัด (ลิตร/ วินาที)	พลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	เวลาใช้งานปกติต่อวัน (ชม.)	พลังงานไฟฟ้าสูญเสียต่อวัน (กิโลวัตต์–ชั่วโมง/วัน)
จุดรั่วซึมและจุดรั่วตรง				
รวม	**227.10**	**77.23**		**1,390.10**

ทำงานเดือนละ 26 วัน ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

= 1,390.10 x 26 x 12 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

= 433,711.20 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ปี

ค่าไฟฟ้า 2.99 บาท / กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 433,711.20 x 2.99 บาท / ปี

= 1,296,796 บาท / ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงทั้งสิ้น = 72,000 บาท

ระยะเวลาในการคืนทุน

= (72,000 / 1,296,796) x 12 x 30 วัน

= **19.99 หรือประมาณ 20** วัน

<u>ตารางที่ 3.26</u> ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ผลการดำเนินการ			มูลค่าการลดต้นทุน			
			ดำเนินการเสร็จแล้ว	กำลังดำเนินการ	ยังไม่ได้ดำเนินการ	ปริมาณ (หน่วย)	มูลค่าการประหยัด (บาท / ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (วัน)
1.	**การใช้พลังงานไฟฟ้า** 1) ยกเลิกหน่วยงานตัดมุมชิ้นงาน 10 องศา และงอปลาย	ขึ้นรูปเย็น	/	-	-	6,767.30 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	134,500	23,000	62
	2) ลดการเดิน Blower ตัวเปล่าของเตาเผา หลังการปิดเตา	เตาเผา	/	-	-	9,965.28 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	17,040	-	-
2.	**การใช้พลังงานเชื้อเพลิง** ลดการใช้เชื้อเพลิงในการอุ่นเตา	เตาเผาและเตาอบ	/	-	-	98,280 ลิตร/ปี	1,444,716	-	-
	รวม						**1,596,256**	**23,000**	-

<u>ตารางที่ 3.33</u> ตารางแสดงมาตรการแก้ไขปรับปรุงประโยชน์การใช้ทรัพยากร

ลำดับที่	มาตรการแก้ไขปรับปรุง	หน่วยผลิต / กิจกรรม	ผลการดำเนินการ			มูลค่าการลดต้นทุน			
			ดำเนินการเสร็จแล้ว	กำลังดำเนินการ	ยังไม่ได้ดำเนินการ	ปริมาณ (หน่วย)	มูลค่าการประหยัด (บาท / ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (วัน)
1.	**การใช้พลังงานไฟฟ้า** ลดการรั่วในระบบอากาศอัด	ทั่วโรงงาน	/	-	-	433,711.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	1,296,796	72,000	20
	รวม						**1,296,796**	**72,000**	**-**

ภาคผนวก ก
รายการคำนวณ ค่าความร้อนจำเพาะ และค่าคงที่ต่าง ๆ

ภาคผนวก ก
รายการการคำนวณ ค่าความร้อนจำเพาะและค่าคงที่ต่าง ๆ

1. ไฟฟ้า

การใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ระบบไฟฟ้ากระแสไฟสลับ ซึ่งไฟฟ้าจะไหลสลับทิศกันภายในช่วงเวลาที่แน่นอนเป็นจำนวนรอบ โดยจำนวนรอบของการไหลสลับใน 1 วินาที เรียกว่า ความถี่ มีหน่วยเป็น เฮิร์ตซ์ (Hz) สำหรับในประเทศไทย จะใช้ความถี่ของกระแสไฟสลับเท่ากับ 50 Hz การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า มีดังนี้

1.1 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า คือ ปริมาณงานที่พลังไฟฟ้าสามารถทำได้ ใช้หน่วยเป็น วัตต์.ชั่วโมง สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$E = P \times h \qquad \text{.....(สมการที่ ก 1)}$$

โดย E = พลังงานไฟฟ้า (วัตต์.ชั่วโมง)

P = พลังไฟฟ้า (วัตต์)

h = จำนวนชั่วโมงทำงาน (ชั่วโมง)

ตัวอย่างการคำนวณ

มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 10,000 วัตต์ ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง จะคำนวณพลังงานไฟฟ้าได้ ดังนี้

$E = 10{,}000 \times 8$ วัตต์.ชั่วโมง

$= 80{,}000$ วัตต์.ชั่วโมง หรือ 80 กิโลวัตต์.ชั่วโมง

1.2 พลังไฟฟ้าของเครื่องจักร

การวัดสมรรถนะหรือพลังไฟฟ้าของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ จะแสดงด้วยวัตต์ (W) ซึ่ง 1 วัตต์จะเท่ากับ 1 จูลต่อวินาที สามารถคำนวณพลังไฟฟ้าของเครื่องจักรได้ดังนี้

1) ระบบกระแสไฟสลับ 1 เฟส

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสสลับ 1 เฟสได้แก่ หลอดไฟแสงสว่าง เป็นต้น สามารถคำนวณพลังไฟฟ้าได้ดังนี้

.....(สมการที่ ก 2)

โดย P = พลังไฟฟ้าจริง (วัตต์)

V = แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

Cos θ = ตัวประกอบพลังไฟฟ้า (Power factor) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่บ่งบอกความต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า

ตัวอย่างการคำนวณ

หลอดไฟฟ้า วัดแรงดันได้ 220 โวลต์ วัดกระแสไฟฟ้าได้ 0.16 แอมแปร์ มีตัวประกอบพลังไฟฟ้า 0.95 จะคำนวณพลังไฟฟ้าได้ดังนี้

P = 220 x 0.16 x 0.95 วัตต์

= 33.44 วัตต์

2) ระบบกระแสไฟสลับ 3 เฟส

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสสลับ 3 เฟสได้แก่ มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขดลวดความร้อน 3 เฟส สามารถคำนวณพลังไฟฟ้าได้ดังนี้

$P = \sqrt{3} V \times I \times \cos\theta$ .....(สมการที่ ก 3)

ตัวอย่างการคำนวณ

มอเตอร์ไฟฟ้า วัดแรงดันได้ 380 โวลต์ วัดกระแสไฟฟ้าได้ 5.5 แอมแปร์ มีตัวประกอบพลังไฟฟ้า 0.85 จะคำนวณพลังไฟฟ้าได้ดังนี้

P = $\sqrt{3} \times 380 \times 5.5 \times$ 0.85 วัตต์

= 3,076.99 วัตต์ หรือ 3.08 กิโลวัตต์

1.3 พลังไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

การใช้พลังไฟฟ้าในระบบแสงสว่างควรพิจารณาจากพื้นที่และลักษณะการทำงาน ค่าความสว่างที่ต้องการ การพิจารณาใช้หลอดไฟฟ้าให้เหมาะสม ซึ่งมีเกณฑ์พิจารณาได้ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ก 1 แสดงคุณสมบัติด้านคุณภาพแสงของหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไป
(ข้อมูลคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้าได้จากผู้ผลิตรายหนึ่ง ซึ่งหลอดไฟฟ้าจากผู้ผลิตรายอื่นก็มีลักษณะใกล้เคียงกัน)

หลอดไฟฟ้า	ชนิด	โทนสี	ขนาด (W)	ดัชนีเทียบสี (CRI or Ra)	อุณหภูมิสีของแสง (K)	คุณสมบัติที่สำคัญอื่น ๆ เช่น ระยะเวลาอุ่นหลอด/รอจุดซ้ำ การติดตั้ง และการหรี่แสง
หลอดไส้	GLS	-	60, 100	100	2,700	แสงมีความร้อนสูง สว่างทันที ติดตั้งง่าย หรี่แสงได้ง่าย
หลอดทังสเตนฮาโลเจน	Cap.	-	50	100	3,000	หลอดแบบติดกับถ้วยให้แสงเย็น สว่างทันที ติดตั้งง่าย หรี่แสงได้ง่าย
	D.E	-	500, 1500	100	2,900	

ตารางที่ ก 1 (ต่อ)

หลอดไฟฟ้า	ชนิด	โทนสี	ขนาด (W)	ดัชนีเทียบสี (CRI or Ra)	อุณหภูมิสีของแสง (K)	คุณสมบัติที่สำคัญอื่น ๆ เช่น ระยะเวลาอุ่นหลอด/รอจุดซ้ำ การติดตั้ง และการหรี่แสง
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	ขั้วเกลียว	WW	15, 23	82	2,700	สว่างใน 2-3 วินาที ติดตั้งง่าย ขนาดใหญ่ หนัก บางรุ่นหรี่แสงได้
		CD	15, 23	78	6,500	
	ขั้วเสียบ	I	11, 18	82	2,700	สว่างใน 2-3 วินาที ต้องติดตั้งบัลลาสต์และขาหลอดที่ใช้เฉพาะ ขนาดยาว แต่มีที่ออกแบบให้สั้นบางรุ่นหรี่แสงได้
		WW	11, 18	82	3,000	
		CW	11, 18	82	4,000	
		CD	11, 18	80	6,500	
หลอดฟลูออเรสเซนต์	STD	CW	18, 36	63	4,100	สว่างใน 2-3 วินาที ต้องมีบัลลาสต์ ขนาดยาว หนัก บางรุ่นหรี่แสงได้
		D	18, 36	72	6,200	
	Super 80	WW	18, 36	85	3,000	สว่างใน 2-3 วินาที ต้องมีบัลลาสต์ ขนาดยาว หนัก หรี่แสงได้โดยใช้เครื่องหรี่ไฟ
		CW	18, 36	85	4,000	
		CD	18, 36	85	6,500	
หลอดแสงจันทร์ (หลอดไอปรอทความดันสูง)	ML	-	250	63	3,400	รอเฉพาะจุดซ้ำ 3-6 นาที ติดตั้งง่าย
	HPL-N	-	80	48	4,300	อุ่นหลอด 3-7 นาที รอจุดซ้ำ 3-6 นาที ต้องมีบัลลาสต์ และคาร์ปาซิเตอร์
			125	46	4,100	
			250	40	4,100	
			400	40	3,900	
หลอดเมทัลฮาไลด์	MH-TD	W	70, 150	75	3,000	อุ่นหลอด 1 นาที รอจุดซ้ำ 10-15 นาที ต้องมีอิกนิเตอร์ด้วย
		N	70, 150	80, 85	4,200	
	HPI-T	-	250	65	4,600	อุ่นหลอด 2-3 นาที รอจุดซ้ำ 10 นาที ต้องมีอิกนิเตอร์ด้วย
			400	65	4,500	
หลอดโซเดียมความดันสูง	SDW-T	-	100	83	2,500	อุ่นหลอด 3-5 นาที รอจุดซ้ำ 1 นาที ต้องมีอิกนิเตอร์ด้วย
	SON	-	70,150	25	1,950	
	SON-H	-	220, 350	25	2,000	
	SON-T	-	250, 400	25	1,950	
หลอดโซเดียมความดันต่ำ	SOX	-	55, 90, 180	0	1,800	อุ่นหลอด 10-13 นาที รอจุดซ้ำ 1-2 นาที ต้องมีอิกนิเตอร์ด้วย

ตารางที่ ก 2 แสดงคุณสมบัติด้านค่าใช้จ่ายของหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไป

หลอดไฟฟ้า	ชนิด	ขนาด (W)	วัตต์รวม บัลลาสต์ แกนเหล็ก	ปริมาณ ฟลักซ์ ส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิภาพ (lm/W)	อายุงาน (ชม.)	ราคา* (บาท)	ค่าเสื่อม ต่อ พันชั่วโมง
หลอดไส้	GLS	60	-	730	12.17	1,000	16.2	16.20
		100		1,380	13.80	1,000	16.2	16.20
หลอดทังสเตน ฮาโลเจน	Cap.	50	-	950	16.10	3,000	90	30.00
	D.E.	500	-	9,660	19.32	2,000	117	58.50
		1500		36,300	24.20	2,000	306	153.00
หลอดคอมแพค ฟลูออเรสเซนต์	ขั้ว เกลียว	15	-	760	50.67	8,000	297	37.13
		23		1,350	58.70	12,000	531	44.25
	ขั้ว เสียบ	11	16	900	56.25	8,000	117	14.63
		18	26	1,200	46.15	10,000	243	24.30
หลอด ฟลูออเรสเซนต์	STD	18	28	1,030	36.79	10,000	40.5	4.05
		36	46	2,600	56.52	10,000	46.8	4.68
	Super 80	18	28	1,300	46.43	13,000	58.5	4.50
		36	46	3,250	70.65	13,000	67.5	5.19
หลอด แสงจันทร์ (หลอดไอปรอท ความดันสูง)	ML	250		5,500	21.15	8,000	459	57.38
	HPL-N	80	90	3,700	41.11	20,000	189	9.45
		125	136	6,200	45.59	20,000	207	10.35
		250	269	12,700	47.21	15,000	477	31.80
		400	423	22,000	52.01	15,000	684	45.60
หลอดเมทัล ฮาไลด์	MH-TD	70	86	5,700	66.28	9,000	1,530	170.00
		150	170	12,900	75.88	9,000	1,530	170.00
	HPI-T	250	263	19,000	72.24	20,000	1,782	89.10
		400	415	35,000	84.34	20,000	1,782	89.10
หลอดโซเดียม ความดันสูง	SDW-T	100	108	5,000	46.30	10,000	2,025	202.50
	SON	70	81	5,600	69.14	20,000	720	36.00
		150	172	16,000	93.02	20,000	1,215	60.75
	SON-H	220	239	20,000	83.68	20,000	1,260	63.00
		350	373	34,000	91.15	20,000	1,503	75.15

ตารางที่ ก 2 (ต่อ)

หลอดไฟฟ้า	ชนิด	ขนาด (W)	วัตต์รวม บัลลาสต์ แกนเหล็ก	ปริมาณ ฟลักซ์ ส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิภาพ (lm/W)	อายุงาน (ชม.)	ราคา* (บาท)	ค่าเสื่อม ต่อ พันชั่วโมง
หลอดโซเดียม ความดันสูง (ต่อ)	SON-T	250 400	280 427	28,000 48,000	100.00 112.41	20,000 20,000	990 1,080	49.50 54.00
หลอดโซเดียม ความดันต่ำ	SOX	55 90 180	80 125 215	7,800 13,000 32,500	97.50 104.00 151.16	18,000 18,000 18,000	1,260 1,620 2,610	70.00 90.00 145.00

แนวทางการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าง่าย ๆ คือ ไม่ควรใช้หลอดไส้ในการให้แสงสว่างทั่วไป ควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลักในการติดตั้งไฟส่องลง (Down light) หรือโคมฉาย (Flood light) ในห้องโถงใหญ่ควรใช้หลอด HID เป็นต้นกำเนิดแสงหลัก

การจะเปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้าควรคิดคำนวณอย่างรอบคอบถึงค่าใช้จ่ายรวมทั้งระบบ อย่างไรก็ดี หากได้มีการตัดสินใจเปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้าก็ไม่ควรเปลี่ยนทั้งหมดทันทีทันใด ควรกำหนดพื้นที่ทดลองส่วนหนึ่งก่อน เพื่อทดสอบผลการใช้งานจริงและการยอมรับของผู้ทำงานก่อน

1.4 พลังไฟฟ้าในระบบอากาศอัด

การใช้อากาศอัดได้มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางเนื่องจากการผลิตและส่งอากาศอัดทำได้ง่าย สะสมพลังงานในถังเก็บได้ การรั่วของอากาศอัดไม่เป็นอันตรายและไม่มีมลพิษ เครื่องอัดอากาศจะใช้พลังไฟฟ้าในการผลิตอากาศอัด ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัด (กิโลวัตต์ / ลิตรต่อวินาที)

$$= \frac{(i \times k)(P_1 \times q_{v1})[(P_2/P_1)^{(k-1)/(i \times k)} - 1]}{(k-1) \times 10} \quad \text{.....(สมการที่ ก 4)}$$

โดย i = จำนวนขั้นตอนการอัด = 1

k = ค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะของอากาศ = 1.4

P_1 = ความดันอากาศสัมบูรณ์ด้านเข้า = (1.013 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

P_2 = ความดันอากาศสัมบูรณ์ที่ผลิต (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

q_{V1} = อัตราการไหลของอากาศ (1 ลิตร/วินาที)

ตัวอย่างการคำนวณ

พลังไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตอากาศอัดที่ความดัน 8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและมีปริมาณความต้องการอากาศอัด 10 ลิตรต่อวินาที โดยกำหนดให้เครื่องอัดอากาศมีขั้นตอนการอัด 1 ขั้น จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

จากสมการที่ ก 4 จะได้

$i = 1$

$k = 1.4$

$P_1 = 1.013$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

$P_2 = 8 + 1.013 = 9.013$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

$q_{V1} = 10$ ลิตร / วินาที

พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัด (กิโลวัตต์ / ลิตรต่อวินาที)

$$= \frac{(1\times1.4)(1.013\times10)[(9.013/1.013)^{(1.4-1)/(1\times1.4)} - 1]}{(1.4-1)\times10}$$

$= 3.075$ กิโลวัตต์ / ลิตรต่อวินาที

หรือหาพลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัดได้จากตารางต่อไปนี้

<u>ตารางที่ ก 3</u> แสดงพลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัด

ความดันเกจของอากาศอัด (บาร์)	พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัด (กิโลวัตต์/ลิตร/วินาที)		
	จำนวนขั้นตอนการอัด		
	i = 1	i = 2	i = 3
0.5	0.0431	0.0418	0.0414
1.0	0.0769	0.0731	0.0719
1.5	0.1051	0.0983	1.0961
2.0	0.1295	0.1195	0.1164
2.5	0.1513	0.1379	0.1337
3.0	0.1719	0.1541	0.1490
3.5	0.1888	0.1687	0.1626
4.0	0.2053	0.1820	0.1750
4.5	0.2208	0.1942	0.1862
5.0	0.2352	0.2054	0.1966
5.5	0.2488	0.2159	0.2062

ตารางที่ ก 3 (ต่อ)

ความดันเกจของอากาศอัด (บาร์)	พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัด (กิโลวัตต์/ลิตร/วินาที)		
	จำนวนขั้นตอนการอัด		
	i = 1	i = 2	i = 3
6.0	0.2617	0.2258	0.2152
6.5	0.2740	0.2350	0.2236
7.0	0.2856	0.2437	0.2316
7.5	0.2968	0.2520	0.2390
8.0	0.3075	0.2599	0.2461
8.5	0.3178	0.2674	0.2529
9	0.3277	0.2746	0.2529
9.5	0.3373	0.2841	0.2655
10	0.3465	0.2880	0.2714
10.5	0.3555	0.2944	0.2770
11	0.3641	0.3005	0.2825
11.5	0.3726	0.3064	0.2877
12	0.3808	0.3121	0.2928
12.5	0.3887	0.3176	0.2997
13	0.3965	0.3229	0.3024
14	0.4114	0.3332	0.3114
15	0.4257	0.3428	0.3198

(ที่มา : กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม, วัชระ มั่งวิทิตกุล)

การสูญเสียใ

1) อัตราการรั่วตรง

อัตราการรั่วตรงจะเกิดจากรูรั่วที่ท่อ เช่นท่อลมเกิดสนิมกัดร่อนทำให้เกิดรูรั่วที่ท่อ หรือเกิดการแตกร้าวที่ท่อ จะสามารถคำนวณอัตราการรั่วตรงได้จากสูตร ดังนี้

อัตราการรั่วตรงของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที)

$$= \frac{0.001 \times \pi \times (d^2) \times C_D \times C^* \times P_N \times Z \times R \times T_1}{4 \times P_1 \times \sqrt{R \times T_N}} \quad \text{.....(สมการที่ ก 5)}$$

โดย Z = ตัวประกอบในการอัดอากาศ เท่ากับ 1

R = ค่าคงที่ของก๊าซเท่ากับ 287.1 จูล / (กิโลกรัม.เคลวิน)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดรูรั่ว (มิลลิเมตร)

C^* = Critical Flow Factor เท่ากับ 0.6862

C_D = Discharge Coefficient เท่ากับ 0.9888

P_1 = ความดันอากาศสัมบูรณ์อ้างอิง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

P_N = ความดันอากาศสัมบูรณ์ขณะอยู่ในท่อ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

T_1 = อุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ของอากาศเท่ากับ 293.15 เคลวิน (ที่สภาพอากาศอ้างอิง 20 องศาเซลเซียส)

T_N = อุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ 273.15 เคลวิน

ตัวอย่างการคำนวณ

รูรั่วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ที่ความดันอากาศอัดใช้งาน 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะสามารถคำนวณอัตราการรั่วตรงของอากาศอัดได้ดังนี้

จากสมการที่ ก 5 จะได้

Z = 1

R = 287.1 จูล / (กิโลกรัม.เคลวิน)

d = 1 มิลลิเมตร

C^* = 0.6862

C_D = 0.9888

P_1 = 1.013 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

P_N = 4 + 1.013 = 5.013 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

T_1 = 293.15 เคลวิน (ที่สภาพอากาศอ้างอิง 20 องศาเซลเซียส)

T_N = 273.15 เคลวิน

อัตราการรั่วตรงของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที)

$$= \frac{0.001 \times \pi \times (1^2) \times 0.6862 \times 0.9888 \times 5.013 \times 1 \times 287.1 \times 293.15}{4 \times 1.013 \times \sqrt{287.1 \times 273.15}}$$

= 0.79 ลิตรต่อวินาที

หรือสามารถคำนวณอัตราการรั่วตรงของอากาศอัดที่ขนาดรูรั่วและความดันขนาดต่าง ๆ ได้จากตารางที่ ก 4 ดังนี้

ตารางที่ ก 4 แสดงอัตราการรั่วตรงของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที) ผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่าง ๆ

Air Pressure (bar)	Discharge of Free Air in Litre per second for various Orifice Diameter (mm)										
	0.5	1	2	3	4	5	6	8	9.5	10	12.5

1	0.08	0.32	1.27	2.86	5.09	7.96	11.46	20.37	28.73	31.83	49.74
2	0.12	0.48	1.91	4.29	7.62	11.91	17.15	30.49	43.00	47.65	74.45
3	0.16	0.63	2.54	5.71	10.15	15.86	22.85	40.61	57.27	63.46	99.15
4	0.20	0.79	3.17	7.13	12.68	19.92	28.54	50.73	71.54	79.27	123.86
5	0.24	0.95	3.80	8.56	15.21	23.77	34.23	60.85	85.81	95.09	148.57
6	0.28	1.11	4.44	9.98	17.74	27.22	39.92	70.97	100.09	110.90	173.28
7	0.32	1.27	5.07	11.40	20.27	31.68	45.62	81.10	114.36	126.71	197.99
8	0.36	1.43	5.70	12.83	22.80	35.63	51.31	91.22	128.63	142.52	222.70
9	0.40	1.58	6.33	14.25	25.33	39.58	57.00	101.34	142.90	158.34	247.40
10	0.44	1.71	6.97	15.67	27.86	43.51	62.69	111.46	157.17	174.15	272.11
11	0.47	1.90	7.60	17.10	30.39	47.49	68.39	121.58	171.44	189.96	296.82
12	0.51	2.06	8.23	18.52	32.92	54.44	74.08	131.70	185.71	205.78	321.53
13	0.55	2.22	8.86	19.94	35.45	55.40	79.77	141.82	199.99	221.59	346.24
14	0.59	2.37	9.50	21.37	37.98	59.35	85.47	151.94	214.26	237.40	370.94
15	0.63	2.53	10.13	22.79	40.51	63.30	91.16	162.06	228.53	253.22	395.65

(ที่มา : หนังสือ เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.)

2) อัตราการรั่วซึม

อัตราการรั่วซึมได้แก่ รูรั่วที่เกิดขึ้นบริเวณข้อต่อต่างๆ จะสามารถคำนวณอัตราการรั่วได้จากสูตร ดังนี้

อัตราการรั่วซึมของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที)

$= 0.09445 \times 1^{2} \times (P_{g} + P_{atm})$ .....(สมการที่ ก 6)

โดย d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (มิลลิเมตร)

P_{g} = ความดันอากาศอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

P_{atm} = ความดันอากาศสัมบูรณ์อ้างอิง 1.013 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ตัวอย่างการคำนวณ

รูรั่วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 1 มิลลิเมตร ที่ความดันอากาศอัดใช้งาน 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะสามารถคำนวณอัตราการรั่วซึมของอากาศอัดได้ดังนี้

จากสมการที่ ก 6 จะได้

d = 1 มิลลิเมตร

P_{g} = 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

P_{atm}= 1.013 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

อัตราการรั่วซึมของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที)

$= 0.09445 \times 1^{2} \times (4 + 1.013)$

= 0.47 ลิตรต่อวินาที

หรือสามารถคำนวณอัตราการรั่วซึมของอากาศอัดที่ขนาดรูรั่วและความดันขนาดต่าง ๆ ได้จากตารางที่ ก 5 ดังนี้

ตารางที่ ก 5 แสดงอัตราการรั่วซึมของอากาศอัด (ลิตรต่อวินาที) ผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่าง ๆ

Air Pressure	Discharge of Free Air in Litre per second for various Orifice Diameter (mm)										
(bar)	0.5	1	2	3	4	5	6	8	9.5	10	12.5
1	0.05	0.19	0.76	1.71	3.04	4.75	6.84	12.17	17.16	19.01	29.71
2	0.07	0.28	1.14	2.56	4.55	7.11	10.24	18.21	25.68	28.46	44.47
3	0.09	0.38	1.52	3.41	6.06	9.48	13.65	24.26	34.21	37.90	59.22
4	0.12	0.47	1.89	4.26	7.58	11.84	17.05	30.30	42.73	47.35	73.98
5	0.14	0.57	2.27	5.11	9.09	14.20	20.45	36.35	51.26	56.79	88.74
6	0.17	0.66	2.65	5.96	10.60	16.56	23.85	42.39	59.78	66.24	103.50
7	0.19	0.76	3.03	6.81	12.11	18.92	27.25	48.44	68.30	75.68	118.25
8	0.21	0.85	3.41	7.66	13.62	21.28	30.65	54.48	76.83	85.13	133.01
9	0.24	0.95	3.78	8.51	15.13	23.64	34.05	60.53	85.35	94.57	147.77
10	0.26	1.04	4.16	9.36	16.64	26.00	37.45	66.57	93.88	104.02	162.53
11	0.28	1.13	4.54	10.21	18.15	28.37	40.85	72.62	102.40	113.46	177.29
12	0.31	1.23	4.92	11.06	19.67	30.73	44.25	78.66	110.92	122.91	192.04
13	0.33	1.32	5.29	11.91	21.18	33.09	47.65	84.71	119.45	132.35	206.80
14	0.35	1.42	5.67	12.76	22.69	35.45	51.05	90.75	127.97	141.80	221.56
15	0.38	1.51	6.05	13.61	24.20	37.81	54.45	96.80	136.50	151.24	236.32

(ที่มา : http://www.9engineer.com/ee_main/AirPressureLoss.htm)

2. เชื้อเพลิง

การใช้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ในการให้ความร้อนในกระบวนการผลิต ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ ก 6

ตารางที่ ก 6 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ลำดับ	ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน	หน่วย
1	ก๊าซธรรมชาติ	1.04	เมกะจูลต่อลูกบาศก์ฟุต
2	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	50.23	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
3	น้ำมันเตาเกรดเอ	38.18	เมกะจูลต่อลิตร
4	น้ำมันเตาเกรดซี	41.28	เมกะจูลต่อลิตร
5	น้ำมันดีเซล	36.42	เมกะจูลต่อลิตร
6	ถ่านหิน	26.37	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
7	ฟืน	15.99	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
8	ขี้เลื่อย (ขี้กบ)	10.88	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
9	แกลบ	14.75	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
10	กะลาปาล์ม	18.267	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
11	ไฟฟ้า	3.6	เมกะจูลต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

2.1 หลักการแลกเปลี่ยนความร้อน

ความร้อนที่ถ่ายเทจากของไหล 1 (ของไหลร้อน) ไปสู่ของไหล 2 (ของไหลเย็น) หาได้จาก

.....(สมการที่ ก 7)

$$Q = m_1(h_{1i} - h_{1o}) = m_2(h_{2o} - h_{2i})$$

โดย m_1 m_2 คือ ปริมาณการไหลของ ของไหล 1 และ 2 (กิโลกรัม / วินาที)

h_{1i} h_{2i} คือ เอนทาลปีของ ของไหลด้านเข้า (กิโลจูล/กิโลกรัม)

h_{1o} h_{2o} คือ เอนทาลปีของ ของไหลด้านออก (กิโลจูล/กิโลกรัม)

หรือ

$$Q = m_1 c_1 (T_{1i} - T_{1o}) = m_2 c_2 (T_{2o} - T_{2i})$$ .....(สมการที่ ก 8)

โดย T_{1i} T_{2i} คือ อุณหภูมิของ ของไหลด้านเข้า (องศาเคลวินหรือองศาเซลเซียส)

T_{1o} T_{2o} คือ อุณหภูมิของ ของไหลด้านออก (องศาเคลวินหรือองศาเซลเซียส)

c_1 c_2 คือ ความร้อนจำเพาะของ ของไหล 1 และ 2 (กิโลจูล / กิโลกรัม-องศาเคลวิน)

สามารถหาค่าความร้อนจำเพาะของสารได้จากตารางที่ ก 7

ตารางที่ ก 7 ค่าความร้อนจำเพาะของสารต่าง ๆ

ลำดับ	ชนิด	ค่าความร้อนจำเพาะ (c) (กิโลจูล/กิโลกรัม-เคลวิน)
1	น้ำ	4.19
2	ไอน้ำความร้อนยิ่งยวด	2.09
3	อากาศ	1.004
4	เหล็ก	0.477
5	ทองแดง	0.385
6	อลูมิเนียม	0.9
7	ตะกั่ว	0.128
8	เงิน	0.235
9	แอมโมเนีย	4.8

ตัวอย่างการคำนวณ

เตาเผาเหล็กแท่ง (Reheating Furnace) เพื่อนำไปรีดเป็นเหล็กเส้น ใช้น้ำมันเตาเกรดซีเป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพ 80 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิใช้งาน 1,250 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานความร้อน 6,000 กิโลวัตต์ อุณหภูมิอากาศป้อนเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ถ้าเปลี่ยนหัวเผาธรรมดามาใช้หัวเผาชนิดนำความร้อนทิ้งมาอุ่นอากาศภายในตัวเอง สามารถอุ่นอากาศป้อนให้มีอุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส (คุณสมบัติจากผู้จำหน่ายหัวเผา) จะประหยัดพลังงานได้ดังนี้

จากสมการที่ ก 8

$$\frac{6{,}000}{\dot{m}_2 c_2} = (1{,}250 - 30)$$

$$= 4.92 \text{ กิโลวัตต์/องศาเซลเซียส}$$

พลังงานที่ประหยัดได้ Q = 4.92 (650 – 30) กิโลวัตต์

= 3,050.40 กิโลวัตต์

ประหยัดเชื้อเพลิงได้ = 3,050.40 x 3.6 / (0.80 x 41.28) ลิตร/ชั่วโมง

= 332.53 ลิตร/ชั่วโมง

3. ตารางการแปลงหน่วยทางวิศวกรรม

ตารางที่ ก 8 ตารางแปลงหน่วยความดัน

หน่วยเดิม	หน่วยต้องการ								
	ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi)	กิโลปาสคาล (kPa)	ออนซ์/ตารางนิ้ว	มิลลิเมตรปรอท	กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร	นิ้วน้ำ	นิ้วปรอท	ฟุตน้ำ	บาร์
ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi)	-	6.8948	16	51.7	0.0703	27.68	2.036	2.307	0.069
กิโลปาสคาล (kPa)	0.145	-	2.3207	7.503	0.0102	4.014	0.2952	0.335	0.01
ออนซ์/ตารางนิ้ว	0.0625	0.4309	-	3.23	0.004395	1.73	0.127	0.144	0.0043
มิลลิเมตรปรอท	0.0193	0.1333	0.3094	-	0.00136	0.5354	0.0394	0.045	0.0013
กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร	14.22	98.09	228	735.6	-	393.7	28.96	32.81	0.9809
นิ้วน้ำ	0.0361	0.2491	0.578	1.865	0.00254	-	0.0735	0.083	0.0025
นิ้วปรอท	0.4912	3.387	7.86	25.4	0.03453	13.6	-	1.133	0.0339
ฟุตน้ำ	0.4335	2.989	6.928	22.42	0.0305	12	0.8826	-	0.029
บาร์	14.5	100	232.072	750.188	1.0195	401.445	29.525	33.46	-

หมายเหตุ ความดันสัมบูรณ์ = ความดันเกจ + 14.74 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi)

หรือ ความดันเกจ + 101.325 กิโลปาสคาล (kPa)

ตารางที่ ก 9 ตารางแปลงหน่วยปริมาตร

หน่วยเดิม	หน่วยต้องการ							
	ลูกบาศก์นิ้ว	ลูกบาศก์ฟุต	ลูกบาศก์เซนติเมตร	แกลลอน (US)	แกลลอน (Imp)	ลิตร	ออนซ์	ลูกบาศก์เมตร
ลูกบาศก์นิ้ว	-	0.00058	16.387	0.00433	0.0036	0.016	0.55	0.000016
ลูกบาศก์ฟุต	1728	-	2832	7.481	6.229	28.32	957.5	0.028
ลูกบาศก์เซนติเมตร	0.06102	0.000035	-	0.00026	0.0002	0.001	0.034	0.000001
แกลลอน US)	231	0.13368	3785.4	-	0.833	3.785	128	0.0038
แกลลอน (Imp)	277.42	0.16054	4546	1.2	-	4.55	153.7	0.0045
ลิตร	61.024	0.03531	1000	0.2642	0.22	-	33.8	0.001
ออนซ์	1.805	0.00104	29.58	0.0078	0.0065	0.03	-	0.00003
ลูกบาศก์เมตร	61024	35.31	1000000	264.2	220	1000	33814	-

ตารางที่ ก 10 ตารางแปลงหน่วยอัตราการไหล (ก๊าซ)

หน่วยเดิม	หน่วยต้องการ		
	ลูกบาศก์ฟุต/นาที	ลูกบาศก์เมตร/วินาที	ลิตร/วินาที
ลูกบาศก์ฟุต/นาที	-	0.0004719	0.4719
ลูกบาศก์เมตร/วินาที	2119	-	1000
ลิตร/วินาที	2.119	0.001	-

ตารางที่ ก 11 ตารางแปลงหน่วยอัตราการไหล (ของเหลว)

หน่วยเดิม	หน่วยต้องการ

	ลูกบาศก์ฟุต/นาที	แกลลอน/นาที (US GPM)	แกลลอน/นาที (Imp GPM)	ลิตร/วินาที	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง
ลูกบาศก์ฟุต/นาที	-	7.482	6.23	0.4719	1.6992
แกลลอน/นาที (US GPM)	0.13368	-	0.8327	0.063	0.2271
แกลลอน/นาที (Imp GPM)	0.1605	1.2009	-	0.0728	0.2727
ลิตร/วินาที	2.119	15.85	13.2	-	3.6
ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง	0.59	4.403	3.666	0.28	-

ตารางที่ ก 12 ตารางแปลงหน่วยพลังงาน/งาน

หน่วยเดิม	หน่วยต้องการ			
	บีทียู	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	แคลอรี่	จูล
บีทียู	-	0.0003	252	1055
กิโลวัตต์-ชั่วโมง	3412	-	860000	3600000
แคลอรี่	0.004	0.0000012	-	4.19
จูล	0.00095	0.0000003	0.239	-

ตารางที่ ก 13 ตารางแปลงหน่วยแรง

หน่วยเดิม	หน่วยต้องการ		
	แรงปอนด์	แรงกิโลกรัม	นิวตัน
แรงปอนด์	-	0.4536	4.45
แรงกิโลกรัม	2.205	-	9.81
นิวตัน	0.225	0.102	-

ตารางที่ ก 14 ตารางแปลงหน่วยกำลัง

หน่วยเดิม	หน่วยต้องการ				
	บีทียู/ชั่วโมง	กำลังม้า	กำลังม้าหม้อไอน้ำ	ตันความเย็น	กิโลวัตต์
บีทียู/ชั่วโมง	-	0.00039	0.00003	0.000083	0.00029
กำลังม้า	2546.4	-	0.07605	0.2121	0.7457
กำลังม้าหม้อไอน้ำ	33520	13.15	-	2.793	9.803
ตันความเย็น	12000	4.715	0.358	-	3.516

กิโลวัตต์	3414.2	1.341	0.102	0.2844	-

ภาคผนวก ข
การจัดการ การใช้ไฟฟ้า

ภาคผนวก ข
การจัดการ การใช้ไฟฟ้า

1. การกำหนดประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

นับตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2543 เป็นต้นมา การไฟฟ้าได้เรียกเก็บค่าไฟฟ้าจากผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหลายตามอัตราค่าไฟฟ้าใหม่ โดยในโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าชุดใหม่นี้ได้จัดแบ่งผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภทเหมือนเดิม คือ

ประเภทที่ 1. บ้านอยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัด และโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งเป็น บ้านอยู่อาศัยขนาดเล็กใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน และบ้านอยู่อาศัยขนาดใหญ่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

ประเภทที่ 2. กิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์

ประเภทที่ 3. กิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยมีการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตรา คือ อัตราปกติและอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use, TOU)

ประเภทที่ 4. กิจการขนาดใหญ่

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการ ขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยมีการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตราคือ อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time Of Day, TOD) และอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

ประเภทที่ 5. กิจการเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยมีการคิดค่า

ไฟฟ้าเพียงอัตราเดียวเท่านั้นคือ อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) ในช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า TOU อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตราปกติไปก่อน

ประเภทที่ 6. ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการ แต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงหน่วยงานรัฐวิสากิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ โดยมีการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตราคือ อัตราปกติและอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

ประเภทที่ 7. สูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของส่วนราชการ กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยมีการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตราคือ อัตราปกติและอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

2. ส่วนประกอบของอัตราค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนจะประกอบไปด้วยค่าไฟฟ้าหลายส่วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ซึ่งประกอบด้วย

2.1 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge)

ความต้องการพลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนำมาคิดค่าไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟฟ้านั้น คือความต้องการพลังไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นกิโลวัตต์ที่เป็นค่าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วง On Peak และหรือ Partial Peak ในเดือนนั้น ๆ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงการลงทุนในการขยายกำลังของระบบผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่ายไฟฟ้า ตามระดับแรงดัน เรียกเป็น Capacity Cost

2.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)

เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ใช้ไปในรอบเดือนนั้น ๆ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือบาทต่อหน่วย ค่าไฟฟ้าในส่วนนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การดำเนินงาน และค่าเชื้อเพลิง โดยแบ่งออกไปตามระดับแรงดัน เรียกเป็น Energy Cost

2.3 ค่าบริการ (Service Charge)

เป็นค่าบริการเกี่ยวกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า ค่าดำเนินการจดหน่วย จัดทำใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า และการดำเนินการจัดเก็บเงินค่าไฟฟ้า มีหน่วยเป็นบาทต่อเดือน ค่าไฟฟ้าส่วนนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงต้นทุนค่าบริการของผู้ใช้ไฟฟ้าให้มีความชัดเจน เรียกเป็น Customer Cost

2.4 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor Charge)

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์แบบล้าหลัง (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใด ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะกิโลวาร์ส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์โดยมีอัตราคิดเป็นบาทต่อกิโลวาร์ ค่าไฟฟ้าส่วนนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงการลงทุน การบำรุงรักษาเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า สำหรับการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า โดยกำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไปมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ไม่ต่ำกว่า 0.85

2.5 ค่าไฟฟ้าต่ำสุด (Minimum Charge)

ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำ กว่าร้อยละ70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมามีหน่วยเป็นบาทต่อเดือน ค่าไฟฟ้าส่วนนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงการลงทุนที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ลงทุนขยายระบบไฟฟ้าเพื่อให้เพียงพอกับการใช้ไฟฟ้า แต่ผู้ใช้ไฟฟ้ากลับไม่ได้ใช้ไฟฟ้าตามที่แสดงความจำนงไว้

2.6 ค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)

เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่อยู่ในความควบคุมของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เช่น ราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจากราคาฐานที่ใช้กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าในปี 2543 อัตราค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติมีหน่วยเป็น บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ บาทต่อหน่วย

2.7 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)

ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้าในส่วนนี้ปัจจุบันเก็บในอัตรา ร้อยละ 7

3. รูปแบบอัตราค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้าชุดปัจจุบันสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 แบบ

3.1 อัตราค่าไฟฟ้า 1 ส่วน (One - Part Tariff)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่รวมค่าพลังไฟฟ้ากับค่าพลังงานไฟฟ้าเข้าด้วยกันอยู่ในรูปของค่าพลังงานไฟฟ้า แบ่งออกได้เป็น 3 แบบย่อย คือ

1) อัตราแบบคงที่ (Flat-Rate)

เป็นการคิดอัตราต่อหน่วยคงที่ตลอดไม่ว่าจะมีการใช้ไฟฟ้าปริมาณมากน้อยเพียงใด ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้ คือ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็กที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับแรงดัน 12-33 กิโลโวลต์
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับแรงดันตั้งแต่ 12 กิโลโวลต์ขึ้นไป

2) อัตราแบบกึ่งคงที่ (Semi Flat – Rate)

เป็นการคิดอัตราต่อหน่วยคงที่ 2 ระดับ การใช้ไฟฟ้าในช่วงแรกจะคิดในอัตราที่ต่ำกว่า แต่เมื่อใช้เกินช่วงที่กำหนดไปแล้วจะคิดในอัตราที่แพงขึ้น ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้คือ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับแรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

3) อัตราแบบก้าวหน้า (Progressive Rate)

เป็นการคิดอัตราต่อหน่วยสูงขึ้นเมื่อมีการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นเพื่อให้สะท้อนถึงการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้ คือ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็กที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับแรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์

3.2 อัตราค่าไฟฟ้า 2 ส่วน (Two-Part Tariff)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่แยกค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ออกจากกัน เพื่อให้เริ่มสะท้อนถึงต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าได้อย่างชัดเจนขึ้น อย่างไรก็ตามอัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้ายังเป็นแบบอัตราคงที่ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้ คือ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 กิจการขนาดกลาง 3
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 กิจการเฉพาะอย่าง (ช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า อัตราตามช่วงเวลาของการใช้)

อัตราค่าไฟฟ้า 2 ส่วนนี้ ในประกาศอัตราค่าไฟฟ้า จะเรียกเป็นอัตราปกติ

3.3 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD Rate)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่แยกค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ออกจากกัน โดยมีการแบ่งแยกค่าความต้องการพลังไฟฟ้าให้มีอัตราที่แตกต่างกัน

ตามช่วงเวลาของวัน ทั้งนี้เพื่อให้สะท้อนถึงต้นทุนของการผลิต การส่งและการจำหน่ายไฟฟ้าโดย ช่วงเวลา 24 ชั่วโมงในแต่ละวันจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ

On Peak	ระหว่างเวลา	18:30 ถึง 21:30 น. ทุกวัน
Partial Peak	ระหว่างเวลา	08:00 ถึง 18:30 น. ทุกวัน
Off Peak	ระหว่างเวลา	21:30 ถึง 08:00 น. ทุกวัน

สำหรับค่าพลังงานไฟฟ้าในอัตรา TOD นี้ยังเป็นแบบอัตราคงที่ คือ พลังงานไฟฟ้าทุกหน่วยมีราคาเท่ากัน ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้ คือ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.1 กิจการขนาดใหญ่ (ผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม)

3.4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Rate)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่แยกค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ออกจากกัน โดยมีการแบ่งแยกค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ให้มีอัตราที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของวันและวันของสัปดาห์ หรือตามช่วงเวลาของการใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สะท้อนถึงต้นทุนของการผลิต การส่งและการจำหน่ายไฟฟ้าโดยแบ่งเวลาในแต่ละสัปดาห์ออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ

On Peak	ระหว่างเวลา	09:00 ถึง 22:00 น. ของวันจันทร์ ถึง วันศุกร์
Off Peak	ระหว่างเวลา	22:00 ถึง 09:00 น. ของวันจันทร์ ถึง วันศุกร์
	ระหว่างเวลา	00:00 ถึง 24:00น. ของวันเสาร์ ถึง วันอาทิตย์และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

สำหรับค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ในอัตรา TOU นี้จะเป็นแบบอัตราคงที่ โดยคิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) เฉพาะในช่วง On Peak เท่านั้น ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้ คือ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.2 กิจการขนาดใหญ่
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.2 กิจการเฉพาะอย่าง (อัตราบังคับใช้)
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6.2 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7.2 สูบน้ำเพื่อการเกษตร (อัตราเลือกใช้)

นอกจากนี้แล้วผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยขนาดใหญ่และกิจการขนาดเล็กยังสามารถเลือกเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ได้ด้วย โดยรวมค่าความต้องการพลังไฟฟ้ากับค่าพลังงานไฟฟ้าเข้าด้วยกันอยู่ในรูปของค่าพลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ ข 1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและอัตราค่าไฟฟ้า สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องเสียค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) สูงสุด

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน (หน่วยต่อเดือน)	อัตราค่าไฟฟ้า
ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง	≤250,000	ประเภทที่ 3.1 อัตราปกติ (สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม)
		ประเภทที่ 3.2 อัตรา TOU (เลือกได้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม)
		ประเภทที่ 3.2 อัตรา TOU (บังคับใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่)
ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่	> 250,000	ประเภทที่ 4.1 อัตรา TOD หรือ ประเภทที่ 4.2 อัตรา TOU (เลือกได้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม)
		ประเภทที่ 4.2 อัตรา TOU (บังคับใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมที่เสียตามอัตราTOU)
		ประเภทที่ 4.2 อัตรา TOU (บังคับใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่)
ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง	-	ประเภทที่ 5.1 อัตราปกติ (อัตราชั่วคราว รอเปลี่ยนเครื่องวัด)
		ประเภทที่ 5.2 อัตรา TOU
ประเภทที่ 6 ส่วนราชการฯ	≤ 250,000	ประเภทที่ 6.2 อัตรา TOU
ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร	-	ประเภทที่ 7.2 อัตรา TOU

หมายเหตุ ผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่ หมายถึง ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เริ่มใช้ไฟฟ้าตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2543

4. อัตราค่าไฟฟ้า

รายละเอียดต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงนับจากนี้เป็นต้นไป จะเป็นรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ประเภทที่ 4 ประเภทที่ 5 ประเภทที่ 6 และประเภทที่ 7 เท่านั้น ซึ่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มี

การเรียกเก็บค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) สูงสุด ร่วมกับค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)

4.1 อัตราค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 ธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจฯ

ตารางที่ ข 2 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (กิโลโวลต์)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) (บาทต่อกิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) (บาทต่อหน่วย)
≥ 69	175.70	1.6660
12 – 33	196.26	1.7034
< 12	221.50	1.7314

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 โรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัย

ตารางที่ ข 3 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1

(ช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า TOU)

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (กิโลโวลต์)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) (บาทต่อกิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) (บาทต่อหน่วย)
≥ 69	220.56	1.6660
12-33	256.07	1.7034
< 12	276.64	1.7314

4.2 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD)

ใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.1 กิจการขนาดใหญ่ โดยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ในแต่ละวันจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง

ตารางที่ ข 4 การแบ่งช่วงเวลาสำหรับการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD

ชื่อเรียกของช่วงเวลา	เกิดขึ้นระหว่างเวลา	จำนวนชั่วโมงใน ..... วัน				
		1	28	29	30	31
1. On Peak	18:30 ถึง 21:30 น.	3.0	84	87	90	93
2. Partial Peak	08:00 ถึง 18:30 น.	10.5	294	304.5	315	325.5
3. Off Peak	21:30 ถึง 08:00 น.	10.5	294	304.5	315	325.5

ตารางที่ ข 5 อัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (กิโลโวลต์)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) (บาทต่อกิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) (บาทต่อหน่วย)
	ON	* PARTIAL	OFF	
≥ 69	224.30	29.91	0	1.6660
12 - 33	285.05	58.88	0	1.7034
< 12	332.71	68.22	0	1.7314

หมายเหตุ * คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) เฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง ON PEAK

4.3 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 ธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจฯ
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.2 ธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ หน่วยงาน-รัฐวิสาหกิจฯ
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.2 โรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัย
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6.2 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7.2 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

เวลาในช่วง 1 สัปดาห์ (7 วัน) จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง

ตารางที่ ข 6 การแบ่งช่วงเวลาสำหรับการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU

ชื่อเรียกของช่วงเวลา	เกิดขึ้นระหว่างเวลา	จำนวนชั่วโมง ใน 1 สัปดาห์
1. ON PEAK	09:00 ถึง 22:00 น. ของวันจันทร์ ถึง วันศุกร์	65
2.1 OFF PEAK	22:00 ถึง 09:00 น. ของวันจันทร์ ถึง วันศุกร์	55
2.2 OFF PEAK	0:00 ถึง 24:00 น. ของวันเสาร์ ถึง วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)	48 +

ตารางที่ ข 7 อัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (กิโลโวลต์)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) (บาทต่อกิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) (บาทต่อหน่วย)		ค่าบริการ (บาทต่อเดือน)
	1 *	2	1	2	
≥69	74.14	0	2.6136	1.1726	228.17
12 - 33	132.93	0	2.6950	1.1914	228.17
< 12	210.00	0	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ * คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) เฉพาะช่วง ON PEAK เท่านั้น

บรรณานุกรม

คาเนโอะ อะกิยามา. 2540. **ขั้นตอนเชิงปฏิบัติของกิจกรรมวิศวกรรมคุณค่า**. แปลโดย เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล.
กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

คะโอรุ อิชิคาว่า. **พจนานุกรมเทคนิคการจัดการฉบับกระเป๋า (ภาษาญี่ปุ่น)**.
โตเกียว : สำนักพิมพ์ สมาพันธ์นักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรแห่งประเทศญี่ปุ่น, 1981.

อารี พันธมณี. **ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์**.
กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ใยไหม เอดดูเคท, 2546.

เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล. **การพัฒนา DSM by HAT เพื่อมวลมนุษย์**.
กรุงเทพมหานคร : บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ แอนด์ ครีเอติวิตี้ คอนซัลแตนท์ส จำกัด, 2546. (อัดสำเนา)

เซนเกล, ยูนัส เอ. **เทอร์โมไดนามิกส์**. แปลและเรียบเรียงโดย ดร.สมชัย อัครทิวาและขวัญจิต วงศ์ชารี.
กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แมคกรอ – ฮิล, 2543.

วัชระ มั่งวิทิตกุล. **กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม**.
กรุงเทพมหานคร : บริษัท เรียล ยู พาวเวอร์ จำกัด, 2548.

มัตสุโอะ โมโตกิ. **เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม**.
แปลโดย ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ และคณะ.
กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. , 2543.

ศุภชัย ปัญญาวีร์. **คู่มือการลดต้นทุนผลิตด้านพลังงาน**.
กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. , 2549

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กรมธุรกิจการค้า : http://www.dbd.go.th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน : http://www.dede.go.th

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน : http://www.eppo.go.th

กรมโรงงานอุตสาหกรรม : http://www.diw.go.th

http://www.9engineer.com/ee_main/AirPressureLoss.htm

กิตติกรรมประกาศ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ขอขอบคุณโรงงานอุตสาหกรรมที่ให้ความร่วมมือในการจัดทำคู่มือการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการนำวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ดังรายนามต่อไปนี้

1. บริษัท เอสทีดี. โปรดัคชั่น จำกัด
2. บริษัท พงศ์พารา โคดันรับเบอร์ จำกัด
3. บริษัท สามมิตรมอเตอร์ส แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด (มหาชน)
4. บริษัท สามมิตร โอโตพาร์ท จำกัด
5. บริษัท กระจกพีเอ็มเค-เซ็นทรัล จำกัด

ทีมงานที่ปรึกษา

บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ แอนด์ ครีเอติวิตี้ คอนซัลแตนท์ส จำกัด

1.	นายเชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล	ผู้เชี่ยวชาญและผู้จัดการโครงการ
2.	นายพีระศักดิ์ สนั่นไพเราะ	ผู้เชี่ยวชาญและผู้ประสานงาน
3.	นายธิตินันท์ ยิ้มศิริกุล	วิศวกร
4.	นายเอกชัย คงอยู่	วิศวกร
5.	นายภูวไนย อิสริยศไกร	วิศวกร
6.	นายวันชัย อัศวกิจธนานนท์	วิศวกรไฟฟ้า
7.	นายณัฐพงษ์ สุรัตน์	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม
8.	นางชนันชิดา ฟอพิมาย	เจ้าหน้าที่ประสานงาน

คณะกรรมการประสานและรับมอบงาน

โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการนำวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering)
ไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม
(ภายใต้โครงการร่วมมือภาครัฐ และเอกชน ในการพัฒนาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม
สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม)

1. นายชุมพล ชีวะประภานันท์ ประธานกรรมการ
   ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน
2. นายกิจจา เรืองไทย กรรมการ
   ผู้ช่วยเลขานุการ คณะกรรมการการพัฒนาอย่างยั่งยืน SCG
3. นายกฤษดา เรืองโชติวิทย์ กรรมการ
   ผู้แทน คณะกรรมการการพัฒนาอย่างยั่งยืน SCG
4. นางสาวบุญสม ลิ่วศรีวิไล กรรมการ
   ผู้ประสานงานกลุ่มการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน
   สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน
5. นางนุชนาถ สุพรรณศรี กรรมการ
   ผู้อำนวยการส่วนยุทธศาสตร์และกฎระเบียบระหว่างประเทศด้านสารเคมี
   สำนักสนธิสัญญาและยุทธศาสตร์
6. นายประจวบ ธิมา กรรมการ
   วิศวกร 7 สำนักอุตสาหกรรมรายสาขา 2
7. นายบุญรวย เลิศวนิชย์ทิพย์ กรรมการ
   นักวิทยาศาสตร์ 7ว สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน
8. นางสาวเปล่งฉวี ชิตวัฒน์ กรรมการ
   วิศวกร 6ว สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน
9. นางประไพรัตน์ ลาวัณย์วัฒนกุล กรรมการและเลขานุการ
   นักวิทยาศาสตร์ 8ว สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน