

บทที่ 4

วิธีการลดต้นทุนในหน่วยผลิตถึงสาธารณูปการ

จากโครงสร้างของต้นทุนผลิตถึงสาธารณูปการ ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และ 3.4 นั้น จะเห็นได้ว่าต้นทุนตัวที่เป็นต้นทุนหลัก เกิดจาก

- 1.ค่าน้ำมันเตา จากหน่วยผลิตไอน้ำ
- 2.ค่าไฟฟ้า จากทุกหน่วยผลิต
- 3.ค่าสารเคมีและน้ำประปา จากหน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์ หน่วยผลิตไอน้ำ หน่วยบำบัดน้ำเสีย
- 4.ค่าจ้างเงินเดือน จากทุกหน่วยผลิต
- 5.ค่าซ่อมบำรุง จากทุกหน่วยผลิต

ดังนั้นในการพิจารณาหาวิธีการลดต้นทุนของหน่วยผลิตถึงสาธารณูปการตามต้นทุนหลักที่กล่าวมานี้ มีดังนี้

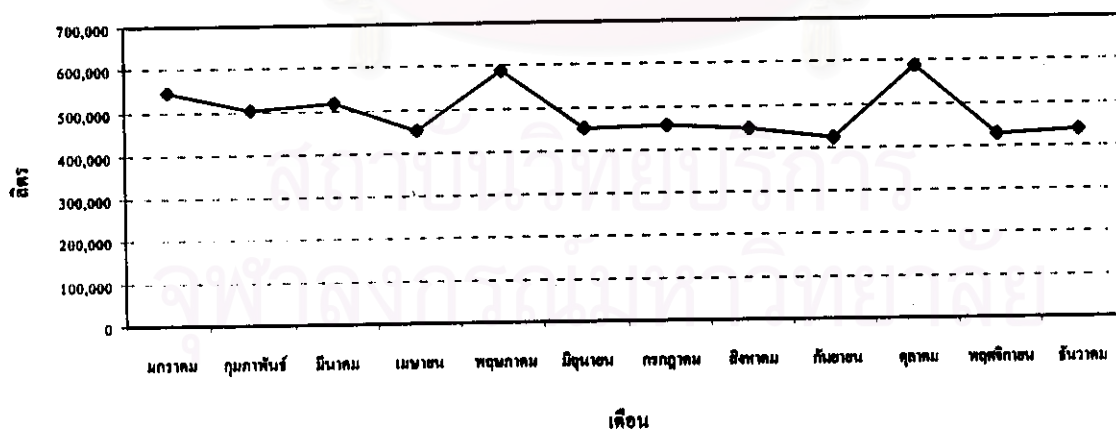
4.1พิจารณาการลดปริมาณการใช้น้ำมันเตา

ในโรงงานตัวอย่างมีการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงที่หม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำ ปริมาณการใช้น้ำมันเตาจึงขึ้นกับการผลิตไอน้ำว่ามีประสิทธิภาพดีเพียงใด หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงจะใช้ปริมาณน้ำมันเตาน้อยกว่า หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับระบบจ่ายไอน้ำ เนื่องจากการมีระบบจ่ายไอน้ำที่ดีจะลดการสูญเสียไอน้ำระหว่างส่งจ่ายได้ ส่งผลให้หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำในปริมาณที่ลดลง ซึ่งจะทำให้การใช้น้ำมันเตาลดลงตามไปด้วย

ดังนั้นแนวทางในการลดปริมาณการใช้น้ำมันเตาจะสามารถทำได้ด้วยการควบคุมประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ตลอดเวลา และลดการสูญเสียไอน้ำในระบบจ่ายไอน้ำให้มากที่สุด จากการศึกษาสภาพการผลิตไอน้ำในรอบปี 2540 มีการใช้น้ำมันเตาตลอดทั้งปี 5,837,214 ลิตร เป็นเงิน 25,224,900 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำด้วยวิธีการหาประสิทธิภาพจากอัตราการผลิตไอน้ำและอัตราการใช้เชื้อเพลิง จะทำให้ทราบถึงความน่าจะเป็นของปริมาณน้ำมันเตาที่จะลดลงได้

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการใช้น้ำมันเตาในการผลิตไอน้ำปี2540

เดือน	ไอน้ำ(ตัน) (ตัน)	น้ำมันเตา (ลิตร)	น้ำมันเตา/ไอน้ำ (ลิตร/ตัน)
มกราคม	6,985	547,206	78.3
กุมภาพันธ์	6,251	501,168	80.2
มีนาคม	6,625	517,662	78.1
เมษายน	5,808	450,530	77.6
พฤษภาคม	7,468	589,237	78.9
มิถุนายน	5,773	449,734	77.9
กรกฎาคม	5,824	457,953	78.6
สิงหาคม	5,795	448,196	77.3
กันยายน	5,472	422,805	77.3
ตุลาคม	7,645	589,316	77.1
พฤศจิกายน	5,473	427,060	78.0
ธันวาคม	5,584	436,347	78.1
รวม	74,703	5,837,214	-
เฉลี่ย	6,225	486,435	78.1



รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาปี2540

ที่มา: ใบบันทึกการผลิตไอน้ำประจำวันของหน่วยผลิตสาธารณูปการ

การหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลการผลิตไอน้ำ ของโรงงานปี 2540 จากตารางที่ 4.1 และสภาวะการผลิตจริงของโรงงาน ตัวอย่างมีดังนี้

- ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้เฉลี่ย = 486,435 litre /month (675.6 litre / hr)
- ปริมาณไอน้ำผลิตเฉลี่ย = 6,225 ton/month (8,645.8 kg/hr)
- ความดันสูงสุดที่ผลิต = 14.0 kg/cm²
- ความดันใช้งาน (เฉลี่ย) = 13.0 kg/cm²
- อุณหภูมิน้ำป้อน = 63 °C
- ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง = 10,350 kcal/kg (43,242 kJ/kg)
- ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง = 0.93 kg/litre

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ} &= \frac{\text{ความร้อนที่หม้อไอน้ำดูดซึมไว้} \times 100}{\text{ความร้อนที่จ่ายเข้าไปในหม้อไอน้ำ}} \\ E_b &= \frac{M_s (h_g - h_f) \times 100}{M_f \times F} \end{aligned}$$

ที่มา: บริษัทมิตรเทคนิคคัลคอนซัลแตนท์ จำกัด, เอกสารอบรมหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน, กทม.

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{อัตราการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ (M}_s\text{)} &= 8,645.8 \text{ kg/hr} \\ \text{เอนทาลปีของไอน้ำที่หม้อไอน้ำขณะใช้งาน (h}_f\text{)} &= 2,787.6 \text{ kJ/kg (จาก steam table)} \\ \text{เอนทาลปีของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (h}_f\text{)} &= 63 \times 4.178 \text{ kJ/kg (h}_f = TC_p\text{)} \\ &= 263.2 \text{ kJ/kg} \\ \text{มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (M}_f\text{)} &= 675.6 \times 0.93 \text{ kg/hr} \\ &= 628.3 \text{ kg/hr} \\ \text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (F)} &= 43,242 \text{ kJ/kg} \\ \text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (E}_b\text{)} &= \frac{8,645.8 \times (2,787.6 - 263.2) \times 100}{628.3 \times 43,242} \\ &= 80.33 \% \end{aligned}$$

จากการหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำของโรงงาน พบว่ามีค่า 80.33 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่พอใช้ ได้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำตามข้อมูลทางเทคนิคของหม้อไอน้ำ ตารางที่ 2.2 ซึ่งมีค่า 88% แสดงว่าการผลิตไอน้ำของโรงงานตัวอย่างยังคงสามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นได้

วิเคราะห์สาเหตุของการใช้ปริมาณน้ำมันเตามาก

จากการสำรวจการผลิตไอน้ำ การส่งจ่ายไอน้ำและการใช้ไอน้ำของโรงงานตัวอย่าง พบว่า สามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการใช้ปริมาณน้ำมันเตามาก โดยสามารถแยกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ไม่มีการควบคุมประสิทธิภาพการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ

เนื่องจากโรงงานตัวอย่างขาดเครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ทำให้การผลิตไอน้ำของหน่วยผลิตไอน้ำ ใช้วิธีการควบคุมการเผาไหม้ด้วยวิธีการปรับ ปริมาณน้ำมันเตาและปริมาณอากาศให้ได้สัดส่วนที่ไม่ก่อให้เกิดควันดำออกจากปล่องควัน โดยปรับให้ได้เปลวไฟในห้องเผาไหม้หนึ่งและเปลวไฟมีสีเหลือง ซึ่งการปรับด้วยวิธีนี้จะเป็นการปรับให้น้ำมันเตาเผาไหม้ได้หมด โดยใช้อากาศส่วนเกินมากเกินไป ทำให้สูญเสียความร้อนไปกับก๊าซเสียมากตามไปด้วย และการปรับสัดส่วนน้ำมันเตากับอากาศมักจะขึ้นกับประสบการณ์ของผู้ควบคุมหม้อไอน้ำของแต่ละคน จึงทำให้ปริมาณการใช้ปริมาณน้ำมันเตาต่อการผลิตไอน้ำ 1 ตัน มีค่าไม่คงที่ ซึ่งในบางครั้งพบว่าเกิดควันดำออกจากปล่องควัน ในช่วงที่กำลังปรับการเผาไหม้ เนื่องจากไม่ทราบแนวทางในการปรับจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ในห้องเผาไหม้ อีกทั้งไม่ทราบถึงสภาพการเผาไหม้ที่เป็นอยู่ เป็นสภาพการเผาไหม้ที่ดีที่สุดหรือไม่

2. การระบายน้ำร้อนจากหม้อไอน้ำทิ้ง (BLOWDOWN) มากเกินความจำเป็น

การควบคุมการ BLOWDOWN น้ำในหม้อไอน้ำของโรงงานตัวอย่าง ใช้วิธีการระบายน้ำร้อนทิ้ง (BLOWDOWN) โดยเปิดวาล์วได้หม้อไอน้ำ เพื่อไล่ตะกอนที่อยู่ใต้หม้อและเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในหม้อไอน้ำ โดยจะเปิดวาล์วระบายน้ำร้อนได้หม้อไอน้ำทิ้ง วันละอย่างน้อย 1 ครั้ง ครั้งละประมาณ 5 นาที เพื่อควบคุมให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อไอน้ำมีค่าอยู่ในช่วงควบคุม การระบายน้ำร้อน(BLOWDOWN) โดยวิธีนี้จะพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อไอน้ำหลังการเปิดระบาย จะมีค่าต่ำกว่าค่าควบคุมมาก ซึ่งตามหลักการ การระบายน้ำร้อนออกจากหม้อไอน้ำ(BLOWDOWN) ที่ถูกต้อง จะต้องระบายน้ำร้อนทิ้งในปริมาณที่สามารถควบคุมให้คุณภาพของน้ำในหม้อไอน้ำต่ำกว่าค่าควบคุมเพียงเล็กน้อย เพื่อลดความสิ้นเปลืองความร้อนที่สูญเสียไปกับการปล่อยน้ำร้อนทิ้งมากเกินไป

3. อุณหภูมิของน้ำป้อนต่ำ

การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ของโรงงานตัวอย่างใช้วิธีการผสมน้ำ คอนเดนเสท(Condensate) ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 85 – 90 °C กับน้ำบริสุทธิ์ที่มีอุณหภูมิประมาณ 30° C ในถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ แต่เนื่องจากการนำ น้ำคอนเดนเสท(Condensate)ส่งกลับเข้าถังน้ำป้อนมีเพียงบางส่วน ส่งผลให้อุณหภูมิในถังน้ำป้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย จาก 30°C เป็น 63°C เมื่ออุณหภูมิของน้ำป้อนมีค่าต่ำหม้อไอน้ำจึงต้องการพลังงานความร้อนมากขึ้น เพื่อใช้ค้ำน้ำในหม้อไอน้ำให้เดือด ส่งผลให้ใช้ปริมาณน้ำมันเตามากตามไปด้วย

4. ไม่มีมาตรการควบคุมการทำความสะอาดท่อไฟและการทำงานสะอาดหัวฉีดน้ำมัน

พบว่าโรงงานตัวอย่างจะทำความสะอาดท่อไฟของหม้อไอน้ำแต่ละชุดปีละ 1 ครั้ง โดยกระทำในช่วงตรวจสอบสภาพหม้อไอน้ำประจำปี หรือช่วงที่หน่วยผลิตพีวีซีหยุดการผลิต ซึ่งจะพบว่าปริมาณเขม่าในท่อไฟมีปริมาณที่หนามาก จากสภาพที่ปรากฏจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำในหม้อไอน้ำได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้พบว่าการทำงานสะอาดหัวฉีดน้ำมันจะกระทำก็ต่อเมื่อพบปัญหาหม้อไอน้ำเดินตัดดับบ่อย เนื่องจาก สาเหตุเปลวไฟตัดดับ(MISS FIRE) บ่อย ๆ เท่านั้น ส่งผลให้การใช้น้ำมันเตาในช่วงที่หัวฉีดน้ำมันสกปรก จะใช้น้ำมันเตามากกว่าปกติอีกทั้งก่อให้เกิดปัญหาควันดำออกจากปล่องควัน เนื่องจากเมื่อหัวฉีดน้ำมันสกปรกจะทำให้ การแตกเป็นละอองน้ำมันแยกลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของน้ำมัน แย่ลงตามไปด้วย

5. หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่ความดันสูงเกินความจำเป็น

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำของหน่วยผลิตพีวีซี พบว่ามีการใช้ไอน้ำในปริมาณที่มากในกระบวนการเกิดปฏิกิริยา(Polymerization) และ กระบวนการนำวีซีเอ็มกลับ (Recovery) โดยเป็นการใช้ไอน้ำที่ความดัน 6.0 kg/cm² เป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้ไอน้ำที่ความดัน 10.0 kg/cm² เพียงเล็กน้อย ในขณะที่หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่ความดัน สูงสุดถึง 14.0 kg/cm² โดยมีการตั้งความดันเพื่อให้หม้อไอน้ำเริ่มผลิตไอน้ำที่ความดัน 10.0 kg/cm² และหยุดผลิตไอน้ำที่ความดัน 14.0 kg/cm² ซึ่งพบว่าการผลิตไอน้ำเช่นนี้ จะมีการสูญเสียน้ำมันเตา ในช่วงที่ผลิตไอน้ำความดันสูงเกินความจำเป็น โดยที่หน่วยผลิตพีวีซี ไม่มีความจำเป็นในการใช้ไอน้ำที่ความดันสูงกว่า 10.0 kg/cm² ดังนั้นจึงน่าจะทดลองลดความดันไอน้ำในการผลิตลงมาอยู่ที่ความดันที่เหมาะสม

6. การรั่วของไอน้ำตามท่อส่งและท่อไอน้ำขาดการหุ้มฉนวน

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำในหน่วยทิวชี พบว่ามี การรั่วของไอน้ำหลายแห่ง โดยจะเป็นการรั่วจาก STEAM TRAP และก้านวาล์วเป็นส่วนใหญ่ซึ่งทำให้หน่วยผลิตต้องผลิตไอน้ำมากขึ้นเพื่อชดเชยไอน้ำในส่วนที่รั่วทิ้ง ส่งผลให้ต้องใช้น้ำมันเตาเพิ่มตามไปด้วย นอกจากนี้ตรวจพบฉนวนหุ้มท่อส่งไอน้ำชำรุดฉีกขาด บางช่วงขาดการหุ้มฉนวนทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์

7. ไม่มีการนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ประโยชน์

จากการสำรวจพบว่า โรงงานตัวอย่างการ ไม่มีการนำความร้อนจากไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งไอเสียจะมีความร้อนเหลืออยู่มาก หากนำความร้อนจำนวนนี้กลับมาใช้ประโยชน์ โดยการอุ่นน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ จะสามารถลดปริมาณน้ำมันเตาที่ต้องใช้เป็นเชื้อเพลิงในการต้มให้น้ำในหม้อไอน้ำเดือดได้จำนวนหนึ่ง

8. หม้อไอน้ำมีอายุการใช้งานสูง ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำต่ำ

หม้อไอน้ำที่ใช้งานอยู่ในโรงงานตัวอย่างมีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี ทำให้อุปกรณ์ของหม้อไอน้ำต่างๆ ที่ใช้ควบคุมการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำงานผิดพลาดบ่อย ค่าซ่อมบำรุงสูง และประสิทธิภาพการผลิตไอน้ำต่ำ

จากสาเหตุข้างต้นสามารถสรุปปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงได้ดังนี้

สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1. ไม่มีการควบคุมประสิทธิภาพการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ	1. จัดหาอุปกรณ์วัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ และสร้างระบบควบคุมการปรับสัดส่วนน้ำมันเตาต่อไอน้ำ ให้มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ติดตลอดเวลา
2. การระบายน้ำร้อนออกจากหม้อไอน้ำทิ้ง (BLOWDOWN) มากเกินความจำเป็น	2. ติดตั้งระบบควบคุมการระบายน้ำร้อนทิ้ง ที่เหมาะสมกับการควบคุมคุณภาพน้ำในหม้อไอน้ำ
3. อุณหภูมิของน้ำป้อนต่ำ	3. เพิ่มปริมาณน้ำคอนเดนเสต(Condensate) ส่งกลับให้มากขึ้น
4. ไม่มีการควบคุมการทำความสะอาดท่อไฟและการทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมัน	4. จัดทำแผนการทำความสะอาดท่อไฟและการตรวจสอบหัวฉีดน้ำมัน
5. หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่ความดันสูงเกินความจำเป็น	5. ทดลองปรับลดความดันในการผลิตไอน้ำลง ให้มีค่าความดันที่เหมาะสมยิ่งขึ้น
6. การรั่วของไอน้ำ และท่อไอน้ำไม่หุ้มฉนวน	6. แก้ไขการรั่วของไอน้ำและหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ
7. ไม่มีการนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ประโยชน์	7. ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำป้อน (Economizer)
8. หม้อไอน้ำมีอายุการใช้งานสูง ประสิทธิภาพการผลิตไอน้ำต่ำ	8. ลงทุนซื้อหม้อไอน้ำรุ่นใหม่

เมื่อพิจารณาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันเตาทั้งหมดแล้ว ทางโรงงานตัวอย่างมีนโยบายที่จะดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเฉพาะหัวข้อที่มีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1 ปีและใช้เงินลงทุนในแต่ละแนวทางไม่สูงมาก ทำให้ต้องยกเลิกแนวทางใน การลงทุนซื้อหม้อไอน้ำรุ่นใหม่และการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำป้อน เนื่องจากต้องใช้งบลงทุนสูงและมีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 2 ปี ส่วนการซ่อมการรั่วของไอน้ำ และท่อไอน้ำไม่หุ้มฉนวนหุ้มในหน่วยผลิตพีวีซี จะเป็นหน้าที่รับผิดชอบของหน่วยผลิตพีวีซี ซึ่งมีแผนซ่อมประจำอยู่แล้ว คงเหลือแต่ตำแหน่งที่ต้องดำเนินการในช่วงหยุดผลิต ดังนั้นแนวทางการซ่อมการรั่วของไอน้ำและท่อไอน้ำไม่หุ้มฉนวนจึงยกเลิก เนื่องจากมีแผนรองรับอยู่แล้ว

ได้นี้ ดังนั้นวิธีการลดปริมาณน้ำมันเตา ในระบบผลิตไอน้ำ จึงนำเสนอเฉพาะแนวทางที่สามารถทำ

- 4.1.1 การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ โดยปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้
- 4.1.2 การควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่หม้อไอน้ำโดยติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการระบายน้ำทิ้งอัตโนมัติ
- 4.1.3 การนำคอนเดนเสดส่งกลับเพิ่มให้มากที่สุด
- 4.1.4 การปรับลดความดันในการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- 4.1.5 การจัดทำแผนทำความสะอาดท่อไฟ และตรวจสอบหัวฉีด

4.1.1 การเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

จากการทดลองเก็บข้อมูล % ออกซิเจนของก๊าซไอเสียที่ออกจากปล่องควันของหม้อไอน้ำ โดยใช้อุปกรณ์ตรวจสอบก๊าซไอเสียที่ปล่องควันชนิดเคมี (FYRITE) ที่หม้อไอน้ำทั้ง 3 ชุด เพื่อทดลองหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำในสภาวะปัจจุบันและเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำสมดุลความร้อน (Heat Balance) ซึ่งจะช่วยให้ทราบการสูญเสียความร้อนที่ไม่ก่อให้เกิดไอน้ำได้ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบแนวทางในการปรับปรุงระบบการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีที่สุดได้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูล % ออกซิเจนในไอเสียก่อนปรับปรุงหม้อไอน้ำชุดที่ 1,2,3

หม้อไอน้ำชุดที่ 1

วันที่	เวลา	อุณหภูมิก๊าซร้อนที่ปล่องควัน (°C)	ปริมาณออกซิเจนในไอเสีย (%)	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	ปริมาณน้ำป้อน kg/hr	ปริมาณน้ำมันเตา litre / hr
10/02/99	9.00	215	5.5	32.0	6,085	484
	10.00	240	6.4	32.5	6,184	494
	11.00	238	6.8	33.0	6,225	492
	12.00	218	5.9	33.0	6,020	480
	13.00	200	5.0	34.0	5,932	468
	14.00	242	7.2	33.0	6,412	512
	15.00	240	6.5	34.0	6,073	486
	เฉลี่ย	228	6.2	33	6,133	488

หม้อไอน้ำชุดที่ 2

วันที่	เวลา	อุณหภูมิก๊าซร้อน ที่ปล่องควัน (°C)	ปริมาณออกซิเจนในไอเสีย (%)	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	ปริมาณน้ำป้อน kg/hr	ปริมาณน้ำมันเตา litre / hr
11/02/99	9.00	253	8.2	32	5821	520
	10.00	255	8.0	33	6020	534
	11.00	228	5.6	33	6554	542
	12.00	240	6.3	34	6490	521
	13.00	247	7.0	35	6330	510
	14.00	249	7.0	35	6452	530
	15.00	250	7.3	34	6321	511
	เฉลี่ย	246	7.1	34.0	6,429	526

หม้อไอน้ำชุดที่ 3

วันที่	เวลา	อุณหภูมิก๊าซร้อน ที่ปล่องควัน (°C)	ปริมาณออกซิเจนในไอเสีย (%)	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	ปริมาณน้ำป้อน kg/hr	ปริมาณน้ำมันเตา litre / hr
10/02/99	9.00	228	6.2	32	5611	442
	10.00	234	6.5	32	5598	432
	11.00	215	5.4	33	5642	410
	12.00	235	7.3	35	5360	420
	13.00	238	8.1	35	5120	468
	14.00	230	7.3	34	5325	460
	15.00	230	6.8	33	5527	455
	เฉลี่ย	230	6.8	34	5564	445

ที่มา: ใบบันทึกข้อมูลการทดลองตรวจวัด% ออกซิเจนของหน่วยผลิตไอน้ำของโรงงานตัวอย่าง

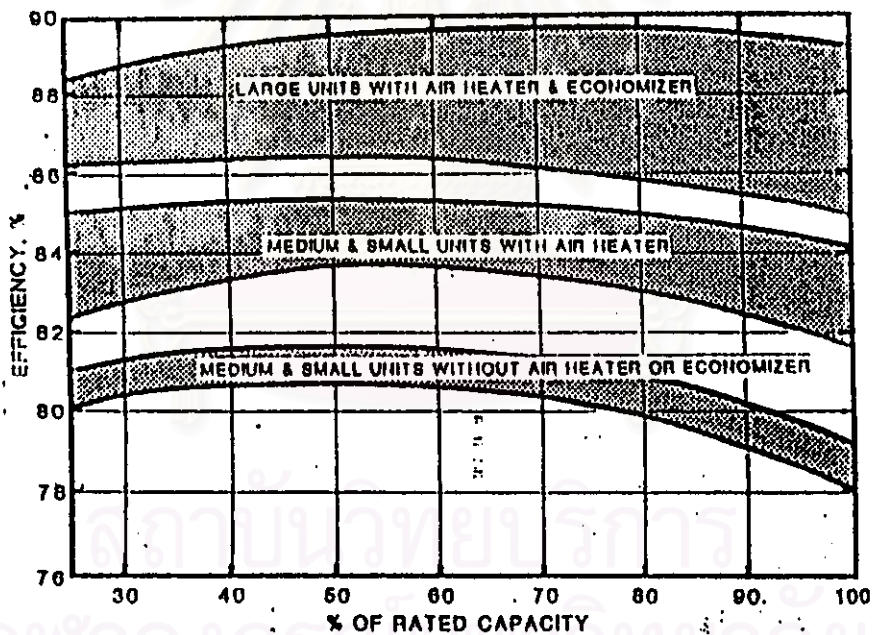
ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำทั้ง 3 ชุด ดังตารางที่ 4.2 พบว่ามีปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียของหม้อไอน้ำ ชุดที่ 1,2,3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.2 % , 7.1 % และ 6.8 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำข้อมูลสถานะการเผาไหม้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ของแต่ละชุด โดยใช้หลักการการทำสมดุลความร้อน (Heat Balance) ซึ่งได้แสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ข. 1 ได้ผลลัพธ์สรุปได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำชุดที่ 1,2,3 ก่อนปรับปรุง

หม้อไอน้ำ	อุณหภูมิก๊าซร้อนที่ปล่อยคว้น (°C)	ปริมาณออกซิเจนในไอเสีย (%)	ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (%)	ความร้อนสูญเสีย จากก๊าซร้อน(%)
ชุดที่ 1	228	6.2	76.5	9.9
ชุดที่ 2	246	7.1	74.5	11.4
ชุดที่ 3	230	6.8	76.0	10.4
เฉลี่ย	235	6.7	75.7	10.57

ที่มา:การคำนวณในภาคผนวก ข.1 โดยผู้วิจัย

จากการทดลองตรวจวัดหา%ออกซิเจนและคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเฉลี่ยทั้ง 3 ชุด พบว่ามีประสิทธิภาพเฉลี่ย 75.7 % ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3 โดยมีค่าความร้อนสูญเสียจากก๊าซร้อนสูงถึง 10.3% ซึ่งแสดงว่าการทำงานของหม้อไอน้ำทั้ง 3 ชุด ในสภาวะปัจจุบันมีประสิทธิภาพต่ำกว่ามาตรฐาน โดยทั่วไปประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำประเภทใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงจะมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 78 % ถึง 89 % ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงช่วงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำประเภทใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง

จากผลการศึกษาโดยบริษัทผลิตหม้อไอน้ำ บริษัท KVB และ เอฟ วิดเลียม เพ ระบุว่า หม้อไอน้ำแบบท่อไฟประเภทใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง โดยควบคุมการเผาไหม้แบบใช้อากาศเกินน้อยที่สุด จะมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด 87.4 % ซึ่งแสดงว่า การควบคุมประสิทธิภาพการเผาไหม้ภายในหม้อไอน้ำ มีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสูงขึ้นได้

หลักการเบื้องต้นของการเผาไหม้

ตามหลักการเบื้องต้นของการเผาไหม้ เชื้อเพลิง 1kg ที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน 86% ไฮโดรเจน 12 % และกำมะถัน 2 % จะต้องใช้อากาศเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ตามทฤษฎี 14.1 kg ซึ่งทำให้ออกซิเจนในอากาศทุกตัวทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงได้หมด จนกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ กำมะถันไดออกไซด์ และปล่อยพลังงานความร้อนออกมาได้เต็มที่

ในการเผาไหม้จริง ๆ หากป้อนอากาศเข้าเผาไหม้ ในปริมาณที่พอดีตามทฤษฎีแล้ว เป็นการยากที่จะทำให้ออกซิเจนทุกตัวพบกับธาตุต่าง ๆ ในเชื้อเพลิงได้หมดและทั่วถึง จึงเป็นผลให้เกิดการเผาไหม้ในลักษณะอากาศไม่เพียงพอ ทำให้เกิด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) และเขม่าจากเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด ซึ่งการเผาไหม้ที่อากาศไม่เพียงพอ จะให้พลังงานความร้อนออกมาน้อยกว่าการเผาไหม้สมบูรณ์มาก

ดังนั้นในทางปฏิบัติการเผาไหม้จริง ๆ จำเป็นต้องป้อนอากาศให้เกินกว่าความต้องการในเชิงทฤษฎี ปริมาณอากาศที่เกินนี้เรียกว่า อากาศส่วนเกิน (Excess Air) ซึ่งจะต้องปรับแต่งควบคุมมิให้น้อยจนเกินไปจนเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และมีให้มากจนเกินไป จนสูญเสียพลังงานความร้อนออกไปกับก๊าซไอเสียอย่างมาก เพราะออกซิเจนและไนโตรเจนในอากาศที่เกินมานี้ มิได้ทำปฏิกิริยาใด ๆ ในการเผาไหม้นอกจาก จะสูญเสียพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้และพาออกทิ้งปล่องไป

ตารางที่ 4.4 แสดง % ออกซิเจนและ % อากาศส่วนเกินในแก๊สไอเสียที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดี

ชนิดเชื้อเพลิง	% ออกซิเจนในแก๊สไอเสีย	% อากาศส่วนเกิน
ก๊าซ	1.5 – 3.0	7 – 15
น้ำมันเตา	0.6 – 3.0	3- 15
ถ่านหิน	4.5 – 6.5	25 – 40

ที่มา : จากหนังสือ IMPROVE BOILER EFFICIENCY แต่งโดย S.G.DUKELOW

แนวทางการปรับปรุงการประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

จากสถานะการเผาไหม้ในปัจจุบันของหม้อไอน้ำทั้ง 3 ตัว มี % ออกซิเจนในก๊าซไอเสียเฉลี่ย 6.7% แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ทำได้โดยปรับประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้สูงขึ้น โดยใช้วิธีปรับอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง ให้มีค่าปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียที่ออกจากปล่องต่ำกว่า 3.0 %

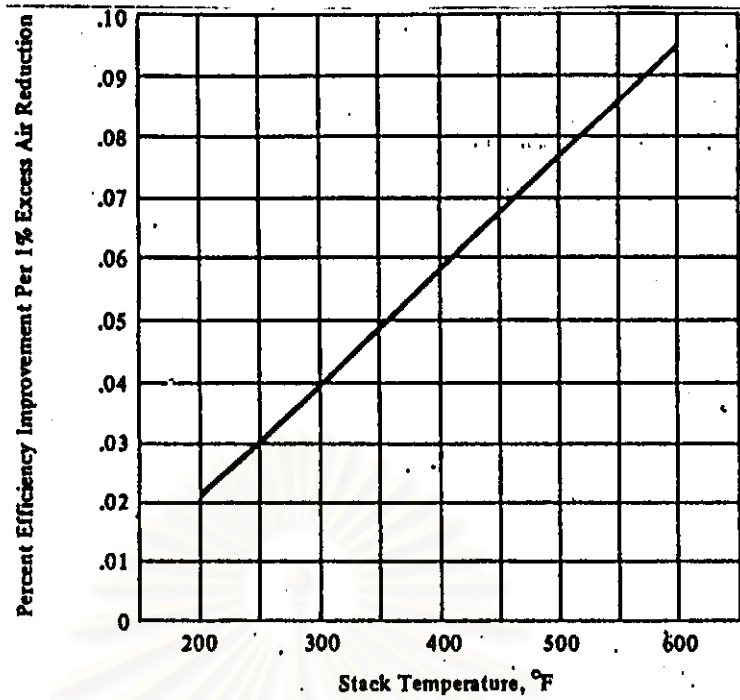
การปรับอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงจะสามารถทราบแนวทางในการปรับลดหรือปรับเพิ่มได้จากการใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณ % ออกซิเจนของก๊าซไอเสีย ณ จุดที่ใกล้กับทางออกของก๊าซไอเสียที่ออกไปสู่ปล่องควัน ซึ่งการปรับโดยวิธีนี้จะทำให้สามารถควบคุมการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำให้มี % ออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่ำกว่า 3.0% ได้

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

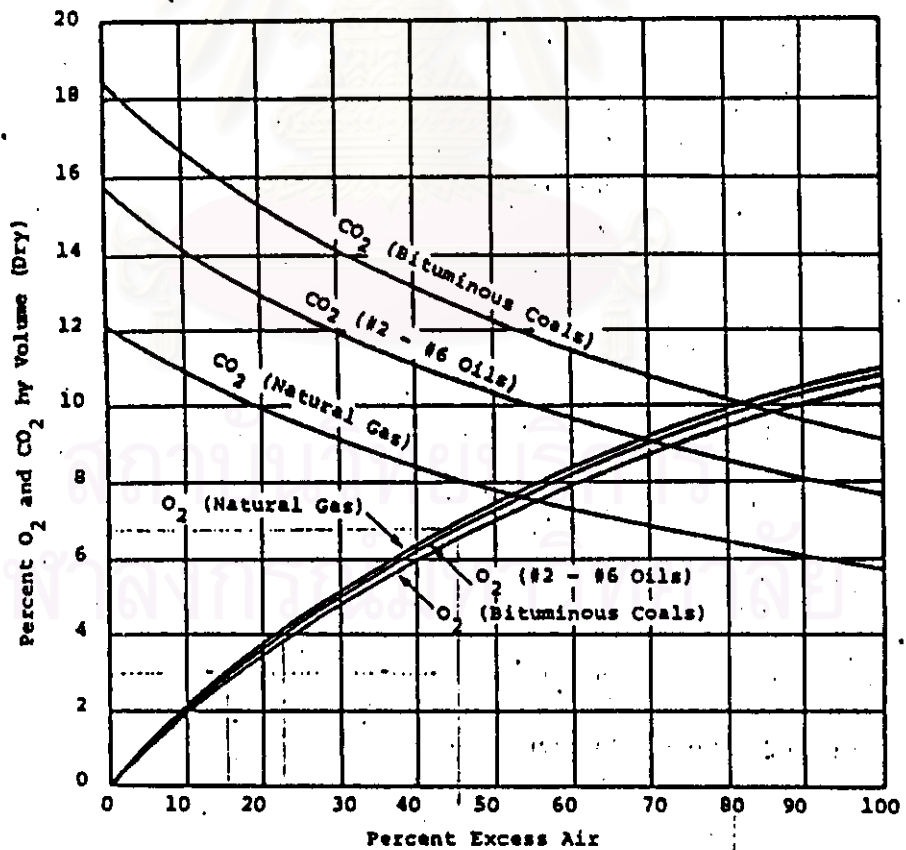
รูปที่ 4.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่สูงขึ้นต่อ ทุก ๆ 1 % ของอากาศส่วนเกินที่ลดลง ในการหา % อากาศส่วนเกินที่ลดลง หากจากการแปลงค่า % ออกซิเจนเป็น % อากาศส่วนเกินโดยใช้ค่าที่ได้จากรูปที่ 4.4 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลที่วัดได้ก่อนปรับปรุงมีค่า % ออกซิเจนเท่ากับ 6.7 % และหลังปรับปรุงมีค่าลดลงเหลือ 3.0 % ไปหา % อากาศส่วนเกิน จากรูปที่ 4.4 จะได้ค่า % อากาศส่วนเกินลดลงจาก 45 % เหลือเพียง 15% ลดลง 30%

จากข้อมูลอุณหภูมิของก๊าซไอเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุงที่แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่าเท่ากับ 235 °C เมื่อนำ % อากาศส่วนเกินที่ลดลง 30% และอุณหภูมิของก๊าซไอเสีย 235 °C (455 F°) ไปหาเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากรูปที่ 4.3 จะพบว่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจะเพิ่มสูงขึ้น 0.068 ทุก ๆ 1% อากาศส่วนเกินลดลง

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้นทั้งหมด} &= 30 \% \times 0.068 \% \\ &= 2.04 \% \end{aligned}$$



รูปที่ 4.3 แสดง %ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่สูงขึ้นทุก ๆ 1 %ของการลดอากาศส่วนเกิน



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ออกซิเจนและ %อากาศส่วนเกินของก๊าซไอเสีย

ที่มา: จากหนังสือ EFFICIENT BOILER OPERATIONS SOURCE BOOK แต่งโดย F. William Payne, หน้า 122

ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ โดยการลด % ออกซิเจนในก๊าซไอเสียให้เหลือต่ำกว่า 3 % จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสูงขึ้น 2.04 % เมื่อนำผลที่ได้รับไปเปรียบเทียบกับการผลิตไอน้ำตลอดปี 2540 ตามข้อมูล ตารางที่ 4.1 (ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ = 80.33%) จะสามารถหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้} &= \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้} \times \frac{(\text{ประสิทธิภาพใหม่} - \text{ประสิทธิภาพเก่า})}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}} \\ &= 5,837,214 \text{ ลิตร/ปี} \times \frac{(82.37 - 80.33)}{82.37} \\ &= 144,566 \text{ ลิตร / ปี} \\ \text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 144,566 \text{ ลิตร / ปี} \times 4.32 \text{ บาท / ลิตร} \\ &= 624,525 \text{ บาท / ปี} \end{aligned}$$

ที่มา: Payne, F. William, Efficient Boiler Operation Sourcebook, Second Edition, 1924 หน้า 192

การลงทุน

โรงงานจำเป็นต้องจัดซื้ออุปกรณ์วัดปริมาณออกซิเจน อุปกรณ์ตรวจสอบเขม่าควัน อุปกรณ์วัดแรงดันอากาศและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ราคารวมชุดละ 30,000 บาท ดังแสดงในภาคผนวก ข.4 (ที่มาของราคา : จากบริษัทอุตราเอ็นจิเนียริง จำกัด)

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุน (บาท) / ผลตอบแทน (บาท/ปี)} \\ &= 30,000 / 624,525 \\ &= 0.05 \text{ ปี} \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการประหยัดพลังงานด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท / ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	30,000	624,525	0.05

4.1.2 การควบคุมการระบายน้ำทิ้ง (Blowdown)

การระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้ง (Blowdown) เป็นการควบคุมความเข้มข้นของสารละลายที่ปนอยู่ในน้ำ เนื่องจากน้ำเมื่อกลายเป็นไอและถูกส่งจ่ายจากหม้อไอน้ำ ซึ่งจะไปที่น้ำบริสุทธิ และจะทิ้งสารละลายต่าง ๆ รวมไปถึงของแข็งเอาไว้ในหม้อไอน้ำ จำนวนของสารเจือปนจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงค่าความเข้มข้น ที่จะก่อให้เกิดปัญหาตะกอนในหม้อไอน้ำได้ ดังนั้นจึงต้องระบายน้ำที่มีความเข้มข้นออกบ้าง การระบายออกจะกระทำตลอดเวลาหรือทำเป็นระยะ ๆ ตามปริมาณที่สามารถควบคุมให้ความเข้มข้นของสารละลายในหม้อไอน้ำ อยู่ในช่วงควบคุม

เนื่องจากการระบายน้ำทิ้งในแต่ละครั้ง หมายถึงการปล่อยน้ำร้อนที่มีพลังงานความร้อนทิ้งไปด้วย ถ้าการระบายน้ำทิ้ง(Blowdown) มีปริมาณมากเกินไป จะเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลการผลิตไอน้ำเฉลี่ยต่อเดือนตลอดปี 2540

หัวข้อ	ปริมาณเฉลี่ย	สภาวะ
1. น้ำมันเตา	486,435 ลิตร/เดือน	80 °C
2. ปริมาณน้ำเติม (น้ำบริสุทธิ)	2,482 ลูกบาศก์เมตร/เดือน	30 °C *
3. ปริมาณคอนเดนเสดกลับ	3,743 ลูกบาศก์เมตร/เดือน	85 °C *
4. ปริมาณการระบายน้ำทิ้ง	225 ลูกบาศก์เมตร/เดือน	191.64 °C **
5. ไอน้ำ	6,225 ตัน/เดือน	13 .0kg/cm ²

หมายเหตุ * วัดอุณหภูมิก่อนเข้าถังพักน้ำป้อน

** การระบายน้ำทิ้ง(Blowdown) เป็นสภาวะที่วัดเมื่อหม้อไอน้ำเดินที่ความดัน 13.0 kg/cm²

ที่มา: ข้อมูลใบบันทึกการผลิต ของหน่วยผลิตสารรูปการ

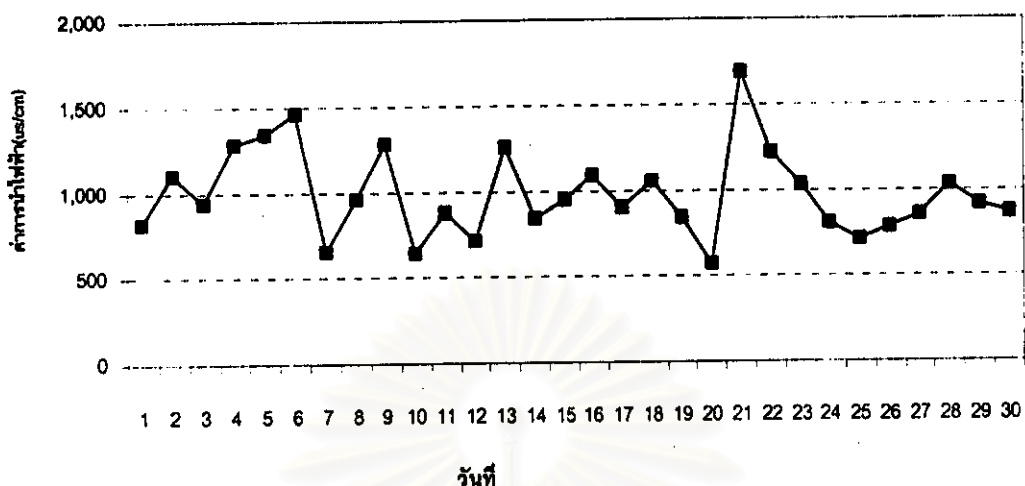
ตารางที่ 4.7 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำไอน้ำชุดที่ 2 ตลอดเดือน เมษายน 2541 (วัด ณ. 7.00 น)

วันที่	ค่าการนำไฟฟ้า (us/cm)	วันที่	ค่าการนำไฟฟ้า (us/cm)	วันที่	ค่าการนำไฟฟ้า (us/cm)
1	820	11	880	21	1690
2	1110	12	710	22	1230
3	940	13	1260	23	1040
4	1280	14	840	24	810
5	1350	15	950	25	720
6	1460	16	1090	26	780
7	660	17	905	27	860
8	970	18	1060	28	1030
9	1280	19	850	29	920
10	640	20	570	30	870

ที่มา: จากใบบันทึกการผลิต ของหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการ

มาตรฐานการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าในหม้อไอน้ำ สำหรับน้ำป้อนประเภทน้ำบริสุทธิ์จะควบคุมค่าการนำไฟฟ้าภายในหม้อไอน้ำไม่เกิน 1,000 us/cm² (ข้อมูลจากคู่มือหม้อไอน้ำ IHI รุ่น KMS20A ในภาคผนวก ข) แต่จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในช่วงเดือนเมษายน พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าในบางวันเกินช่วงควบคุม และในบางวันมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าค่าควบคุมมากดังแสดงในรูปที่ 4.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในหม้อไอน้ำชุดที่ 2 ตลอดเดือนเมษายน

การระบายน้ำในหม้อไอน้ำ(Blowdown) ที่ถูกต้องตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน จะต้องควบคุมปริมาณการระบายน้ำทิ้ง (Blowdown) ให้มีค่าพอเหมาะกับค่าควบคุมความเข้มข้นของสารละลายในหม้อไอน้ำ โดยจะระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้ง (Blowdown) ก็ต่อเมื่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อไอน้ำมีค่าใกล้เคียงค่าควบคุม ส่วนการระบายน้ำ(Blowdown) เพื่อไล่ตะกอนหนักในหม้อไอน้ำจะระบายน้ำทิ้งเป็นเวลาเพียง 5 วินาทีต่อวัน

แนวทางการปรับปรุงการระบายน้ำทิ้ง Blowdown

ข้อมูลเบื้องต้น จากใบบันทึกการผลิตไอน้ำของโรงงานตัวอย่าง มีดังนี้

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำป้อน = 4 us/cm

ปริมาณผลิตไอน้ำต่อเดือน = 6,225 ตัน/เดือน

ค่าการนำไฟฟ้าควบคุม = 10 us/cm

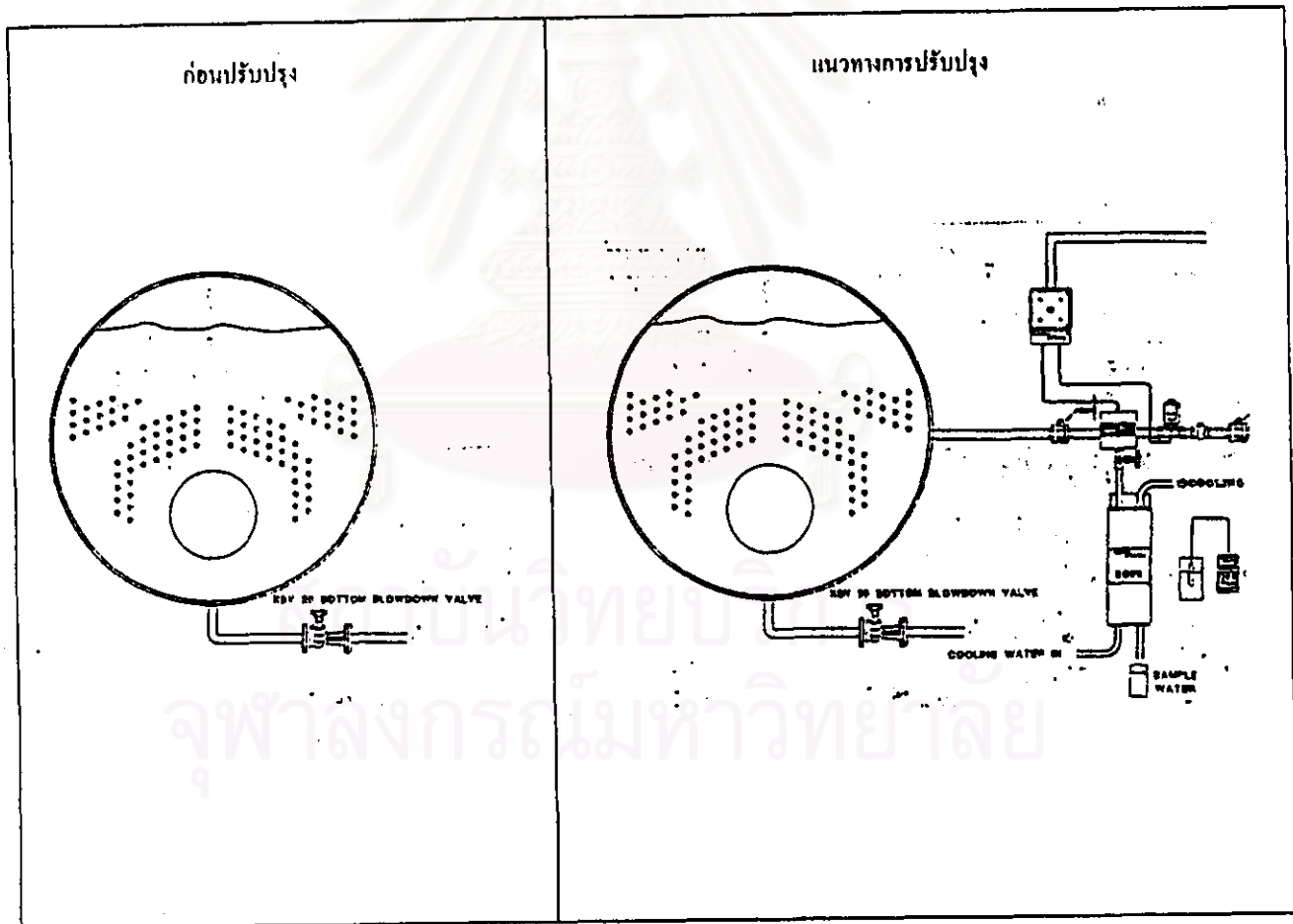
การคำนวณหาปริมาณการระบายที่เหมาะสม

ปริมาณการระบาย = $\frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำป้อน (Us/cm)} \times \text{ปริมาณการผลิตไอน้ำ (ตัน/เดือน)}}{\text{ค่าการนำไฟฟ้าที่ควบคุม(us/cm)} - \text{ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำป้อน (us/cm)}}$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณการระบาย} &= \frac{4 * 6.225}{1000 - 4} \\
 &= 25 \text{ ลูกบาศก์เมตร / เดือน} \\
 &= 833.3 \text{ ลิตร / วัน}
 \end{aligned}$$

จากการคำนวณการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้ง เพื่อควบคุมค่าการนำไฟฟ้าให้มีค่าไม่เกิน 1,000 us/cm จะต้องควบคุมการระบายให้ได้ประมาณ 833.3 ลิตร / วัน ซึ่งจะสามารถลดปริมาณการระบายน้ำทิ้ง (Blowdown) ต่อเดือนลงได้ 200.0 ลูกบาศก์เมตร / เดือน

แนวทางการดำเนินการเพื่อปรับปรุงการ ระบายน้ำในหม้อไอน้ำ(Blowdown)



รูปที่ 4.6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการระบายน้ำในหม้อไอน้ำอัตโนมัติ
ที่มา: บริษัท สไปแร็กซ์ บุญเยี่ยม จำกัด, หลักสูตรการใช้ไอน้ำ (Steam Utilisation Course), 2539

การปรับปรุงวิธีการระบายน้ำในหม้อไอน้ำ(Blowdown) สามารถ กระทำได้โดยติดตั้งชุดควบคุมการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทั้งอัตโนมัติ (Automatic Blowdown Control) เพื่อควบคุมค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อไอน้ำให้มีค่าขึ้นลงในช่วงแคบ ๆ ชุดควบคุมนี้จะวัดการนำไฟฟ้าของน้ำหม้อไอน้ำตลอดเวลา เมื่อพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ ก็จะทำการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทั้งโดยอัตโนมัติ จนกว่าค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สามารถลดปริมาณการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทั้งให้เหลือในปริมาณที่เหมาะสมที่สุดได้ตลอดเวลา

ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อติดตั้งชุดควบคุมการระบายน้ำในหม้อไอน้ำ

ผลตอบแทนเมื่อติดตั้งชุดควบคุมการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทั้ง อัตโนมัติ

ปริมาณการระบายทิ้ง (Blowdown) ที่ลดลงได้	= 200.0	ลูกบาศก์เมตร / เดือน (จากตารางที่ 4.6)
หรือ	= 6,667	กิโลกรัม / วัน
พลังงานความร้อนของน้ำร้อน 1 kg	= ความร้อนของน้ำที่ความดัน 13.00 kg/cm ² -	
	ความร้อนของน้ำที่อุณหภูมิ 85 °C	
	= 815 kJ / kg - 356 kJ / kg	
	= 459 kJ/kg	
1 วันลดการสูญเสียพลังงานความร้อนได้	= 6,667 kg/วัน x 459 kJ/kg	
	= 3,060,153 kJ/วัน	
คิดเป็นน้ำมันเตาที่สามารถประหยัดได้	= <u>3,060,153</u>	
(น้ำมันเตามีค่าความร้อน = 43,242 kJ/kg)	43,242 x 0.8033	
	= 88.1 kg / วัน	
คิดเป็นน้ำมันเตาใน 1 เดือน	= 2,643 kg/เดือน	
คิดเป็นจำนวนเงินต่อเดือน	= <u>2,643 x 4.32</u>	
(ราคาน้ำมันเตา = 4.32 บาท/ลิตร, ถ.พ น้ำมันเตา = 0.93)	0.93	
	= 12,277 บาท/เดือน	
	= 147,324 บาท/ปี	

การลงทุน

โรงงานจำเป็นต้องจัดซื้ออุปกรณ์ควบคุมการระบายน้ำทิ้งอัตโนมัติ 3 ชุด ราคารวม 140,000 บาท ดังแสดงในภาคผนวก ข.4

ค่าลงทุนในการติดตั้ง ชุดควบคุมอัตโนมัติ = 140,000 บาท
(ข้อมูลจากบริษัท SPIRAX SARCO)

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุน(บาท)} / \text{ผลตอบแทน(บาท / ปี)} \\ &= \frac{140,000 \text{ (บาท)}}{147,324 \text{ (บาท/ปี)}} \\ &= 0.95 \text{ ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้นสมควรที่จะลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมอัตโนมัติที่หม้อไอน้ำเนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1 ปี

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการประหยัดพลังงานด้วยการปรับปรุงการระบายน้ำทิ้ง(Blowdown)

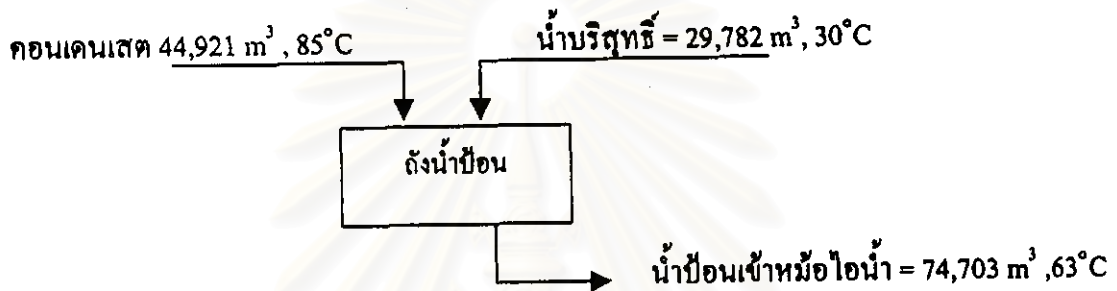
รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
ชุดอุปกรณ์ควบคุมการระบายน้ำทิ้ง อัตโนมัติ	140,000	147,324	0.95

ที่มา: จากการคำนวณของผู้วิจัย

4.1.3 การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

จากการศึกษาและสำรวจโรงงานปรากฏว่า โรงงานนำคอนเดนเสทที่ได้จากหน่วยงานผลิตพีวีซี เรซิน และจากหน่วยงานผลิตสาธารณูปการ ส่งกลับมาให้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ 60% เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ น้ำป้อนและลดปริมาณน้ำเติมเข้าถังน้ำป้อน ปริมาณคอนเดนเสทที่ส่งกลับหาจากข้อมูลการผลิตไอน้ำปี 2540 จากตารางที่ 4.6 มีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูล ปริมาณน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ = $74,703 \text{ m}^3/\text{ปี}$
 ปริมาณน้ำบริสุทธิ์เติมเข้าถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ = $29,782 \text{ m}^3/\text{ปี}$



$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นเปอร์เซ็นต์คอนเดนเสทนำกลับ} &= \frac{44,921}{74,703} \\ &= 60.13\% \end{aligned}$$

ตามหลักการการอนุรักษ์พลังงาน ถ้าเพิ่มปริมาณการส่งกลับคอนเดนเสทให้มากขึ้น จะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

เนื่องจากน้ำคอนเดนเสทมีความร้อนเหลืออยู่เมื่อนำมาผสมกับน้ำป้อนเข้าถังน้ำป้อนจะทำให้ น้ำในถังน้ำป้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้หม้อไอน้ำใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในการต้มน้ำให้เดือดเป็นไอลดลง

2. ลดค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

เนื่องจากน้ำป้อนหม้อไอน้ำจำเป็นต้องมีการปรับแต่งด้วยสารเคมีเพื่อให้เป็นน้ำบริสุทธิ์ ถ้าหากนำคอนเดนเสทซึ่งเป็นน้ำสุกซ์กลับมาเป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำแล้วจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณน้ำบริสุทธิ์ป้อนเข้าหม้อไอน้ำลงได้

สภาวะก่อนปรับปรุงผู้วิจัยได้สำรวจการปล่อยทิ้งคอนเดนเสทภายในโรงงาน ตัวอย่างพบว่ามี การปล่อยน้ำคอนเดนเสททิ้งที่บริเวณต่าง ๆ ดังนี้

ตาราง 4.9 ข้อมูลสำรวจการปล่อยทิ้งคอนเดนเสทจากสตีมแทรป

วันที่ 15 - 17 เมษายน 2541

อันดับ	บริเวณที่พบ	ปริมาณ (ลิตร / ชั่วโมง)
1	ถังเตรียมวัตถุดิบก่อนผสม pvc line 3	12.8
2	ระบบ Aeration pvc line 3	172.
3	ระบบ Aeration pvc line 4	25.6
4	ระบบ Dryer pvc line 3	230.0
5	ระบบ Dryer pvc line 4	360.0
6	ไต้ถังปฏิกริยา pvc line 4	22.4
7	ไต้ถังปฏิกริยา pvc line 3	38.0
8	ไต้ท่อส่งไอน้ำเข้า pvc line 4	10.0
9	ระบบ Recovery pvc line 3	42.7
10	ระบบ Recovery pvc line 4	60.3
11	ระบบเตรียม vcm	33.4
12	ถังน้ำมันเตา	21.0
13	ไต้ Header ไอน้ำ ส่งเข้า pvc line 3	16.3
14	ไต้ Header ไอน้ำ ส่งเข้า pvc line 4	23.5
	รวม	913.2

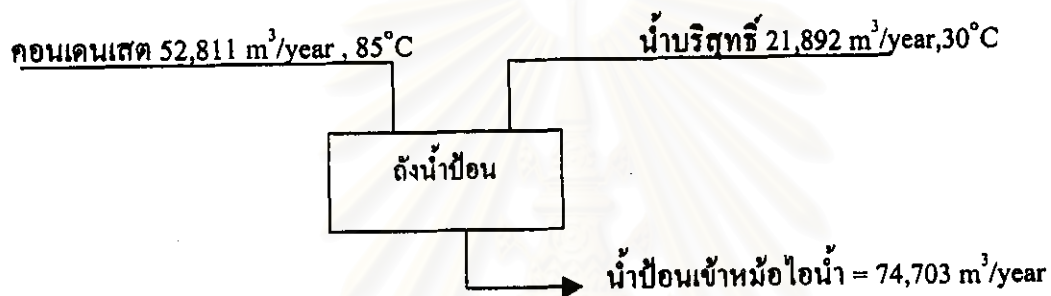
ที่มา: ใบบันทึกการสำรวจการปล่อยคอนเดนเสททิ้งภายในโรงงานตัวอย่าง

วิธีการส่งคอนเดนเสทที่ปล่อยทิ้งกลับ โดยวิธีการค่อท่อและใช้แรงดันของไอน้ำเป็นแรงผลักดันให้น้ำคอนเดนเสทกลับเข้าถังเก็บน้ำร้อนที่อยู่บริเวณจุดปล่อย ซึ่งที่ถังเก็บน้ำร้อนจะมีปั๊มส่งน้ำคอนเดนเสท กลับเข้าถังพักน้ำป้อนของหม้อไอน้ำอยู่แล้ว โดยปั๊มจะทำงานอัตโนมัติ เมื่อระดับน้ำในถังน้ำร้อนสูงถึงระดับที่ตั้งค่าให้สูบกลับได้

ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อนำคอนเดนเสดกลับมาใช้ใหม่

$$\begin{aligned}
 \text{ผลการนำคอนเดนเสดกลับมาใช้ใหม่} &= 913.2 \text{ litre / hr} \\
 &= 657.504 \text{ m}^3/\text{month} \\
 &= 7,890 \text{ m}^3/\text{year} \\
 \text{ดังนั้นปริมาณคอนเดนเสดรวม} &= 44,921 + 7,890 \\
 &= 52,811 \text{ m}^3/\text{year}
 \end{aligned}$$

การหาอุณหภูมิในถังน้ำป้อนใหม่



$$\begin{aligned}
 \text{อุณหภูมิในถังน้ำป้อนใหม่} &= \frac{52,811 \times 85 + 21,892 \times 30}{74,703} \\
 &= 69^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำจะเพิ่มขึ้นจาก 63°C เป็น 69°C
 ปริมาณน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ = 8,645.8 kg/hr หรือ 74,703 m³/year

คิดเป็นปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการนำคอนเดนเสดกลับมาใช้ใหม่

$$\begin{aligned}
 &= 8,645.8 \times (69 - 63) \text{ kcal /hr} \\
 &= 51,874.8 \text{ kcal/hr}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเทียบความร้อนของคอนเดนเสดเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned}
 &= \frac{51,874.8}{10,350 \times 0.8033 \times 0.93} \\
 &= 6.71 \text{ ลิตร / ชม} \\
 &= 57,974 \text{ ลิตร / ปี}
 \end{aligned}$$

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 57,974 x 4.32 = 250,448 บาท / ปี

$$\begin{aligned}
 \text{นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณน้ำบริสุทธิ์ป้อนเข้าถังน้ำป้อนได้} &= 7,890 \text{ ลูกบาศก์เมตร / ปี} \\
 \text{ต้นทุนผลิตน้ำบริสุทธิ์} &= 28.08 \text{ บาท / ลูกบาศก์เมตร} \\
 \text{คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้} &= 7,890 \times 28.08 \\
 &= 221,551 \text{ บาท / ปี}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้นผลที่ได้รับจากการนำคอนเดนเสดกลับเพิ่มทำให้ประหยัดเงินได้ทั้งหมด} &= 250,448 + 221,551 \\
 &= 471,999 \text{ บาท / ปี}
 \end{aligned}$$

การลงทุน

- ต่อท่อคอนเดนเสดส่งกลับเข้าถังน้ำร้อน ขนาด 1/2" 160 m. = 16,000 บาท
 - ค่าฉนวนหุ้มท่อคอนเดนเสด = 18,000 บาท
 - ค่าแรงในการดำเนินการ (3 คน , 3 วัน) = 10,000 บาท
- รวมเงินลงทุน = 44,000 บาท

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุน(บาท) / ผลตอบแทน(บาท / ปี)} \\
 &= \frac{44,000 \text{ (บาท)}}{471,999 \text{ (บาท/ปี)}} \\
 &= 0.1 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการประหยัดพลังงานด้วยการนำคอนเดนเสดกลับเพิ่ม

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
การนำคอนเดนเสดกลับเพิ่ม	44,000	471,999	0.1

ที่มา:จากการคำนวณของผู้วิจัย

4.1.4 การลดความดันในการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับความดันที่ใช้งาน

สถานะของปัญหา

การผลิตไอน้ำของหน่วยผลิตไอน้ำในปัจจุบัน มีการตั้งค่าความดันควบคุมที่หม้อไอน้ำให้เริ่มผลิตไอน้ำที่ความดัน 10.0 kg/cm^2 เป็นส่วนใหญ่และใช้ไอน้ำที่มีความดัน 10.0 kg/cm^2 เพียงเล็กน้อย ซึ่งการผลิตไอน้ำเช่นนี้จะมีการสูญเสียน้ำมันเตาในช่วงที่หม้อไอน้ำที่ผลิตไอน้ำความดันสูงเกินความจำเป็น

แนวทางในการปรับลดความดันในการผลิตไอน้ำ

จากการศึกษาการผลิตไอน้ำที่หม้อไอน้ำ พบว่ามีการตั้งค่าการผลิตไอน้ำที่ความดันสูงสุด 14.0 kg/cm^2 จึงน่าจะทำการทดลองปรับลดความดันไอน้ำสูงสุดที่หม้อไอน้ำผลิตลงมาอยู่ที่ความดันสูงสุด 12.0 kg/cm^2 จะทำให้หม้อไอน้ำเริ่มผลิตไอน้ำที่ 10.0 kg/cm^2 การที่หม้อไอน้ำมีช่วงห่างของความดัน 2.0 kg/cm^2 จะทำให้หม้อไอน้ำมีความถี่ในการเดินไม่บ่อยครั้งจนเกินไป ตาม ตารางที่ 4.11 การปรับค่าความดันทำได้โดยการปรับค่าความดันควบคุมการผลิตไอน้ำที่หม้อไอน้ำ

ตารางที่ 4.11 ค่าความดันควบคุมการผลิตไอน้ำก่อนปรับปรุงเปรียบเทียบกับเป้าหมาย

รายการ	ก่อนปรับปรุง	เป้าหมาย
ค่าความดัน ไอน้ำผลิตสูงสุด (kg/cm^2)	14.0	12.0
ค่าความดัน ไอน้ำผลิตต่ำสุด (kg/cm^2)	10.0	10.0

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุงลดความดันในการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับความดันใช้งาน

การปรับลดการผลิตไอน้ำที่หม้อไอน้ำจากความดันสูงสุด 14.0 kg/cm^2 ลงเหลือความดัน 12.0 kg/cm^2 จะทำให้ลดพลังงานความร้อนในการผลิตไอน้ำให้มีความดัน 12.0 kg/cm^2 ถึง 14.0 kg/cm^2 ได้ ซึ่งสามารถคำนวณเป็นปริมาณน้ำมันเตาที่ลดลงต่อไอน้ำ 1 ตัน ได้ดังนี้

ข้อมูลการผลิตไอน้ำที่ความดันใช้งานสูงสุด 14.0 kg/cm^2

- อุณหภูมิน้ำป้อน (T) = 63°C (จากข้อมูลการผลิตจริงที่ระบบผลิตไอน้ำปี 2540)
- ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (F) = $10,350 \text{ k Cal / kg}$ ($43,242 \text{ kJ/kg}$)
- ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง = 0.93 kg/Litre
- ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Eb) = 80.33%



จากสูตร ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Eb) = $\frac{Ms(hg - hf) \times 100}{Mf \times f}$

ที่มา: บริษัทมิตรเทคนิคคัลคอนซัลแตนท์ จำกัด, เอกสารอบรมหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน, กทม.

การคำนวณ

อัตราการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ 1 ตัน (Ms) = 1,000 kg/hr

เอนทัลปีของไอน้ำที่หม้อไอน้ำความดัน 14 kg/cm² (hf) = 2,790.0 kJ/kg (จาก Steam table)

เอนทัลปีของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (hf) = 63 x 4.178 kJ / kg (hf = TC_p)
= 263.2 kJ/kg

หาค่ามวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) โดย

$$\text{แทนค่า } 80.33 = \frac{1,000 (2,790.0 - 263.2) \times 100}{Mf \times 43,242}$$

$$Mf = 72.74 \text{ kg/hr}$$

มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) = 72.74 kg/hr

เทียบเป็นปริมาณน้ำมันเตา = 72.74 kg/hr
0.93 kg/litre
= 78.2 Litre/hr

คำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ใช้เมื่อปรับลดความดันการผลิตไอน้ำสูงสุดลงมาที่ 12 kg/cm²

อัตราการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ 1 ตัน (Ms) = 1,000 kg/hr

เอนทัลปีของไอน้ำที่หม้อไอน้ำความดัน 12 kg/cm² (hf) = 2,784.8 KJ/kg (จาก Steam table ภาคผนวก ข2.)

เอนทัลปีของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (hf) = 263.2 kJ/kg

หาค่ามวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) โดย

$$\text{แทนค่า } 80.33 = \frac{1,000 (2,784.8 - 263.2) \times 100}{Mf \times 43,242}$$

$$Mf = 72.59 \text{ kg/hr}$$

มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) = 72.59 kg/hr

เทียบเป็นปริมาณน้ำมันเตา = 72.59 kg/hr
0.93 litre/hr
= 78.05 Litre/hr

ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ผลิตไอน้ำ 1 ตันลดลง = 78.2 - 78.05 Litre/Ton
= 0.15 Litre / Ton ไอน้ำ

ใน 1 ปี ผลิตไอน้ำ 74,703 ตัน คิดเป็นน้ำมันเตาที่ลดได้ = 0.15 Litre/Ton ไอน้ำ x 74,703 Ton ไอน้ำ
 = 1,1205.5 ลิตร/ปี
 คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ใน 1 ปี = 1,1205.5 ลิตร/ปี x 4.32 บาท/ลิตร
 = 48,408 บาท/ปี

ดังนั้น ผลการปรับลดความดันที่หม้อไอน้ำสูงสุดลง 2 kg/cm^2 สามารถประหยัดปริมาณน้ำมันเตาได้เพียง 48,408 บาท/ปี เนื่องจากไม่สามารถลดความดันไอน้ำในการผลิตไอน้ำลงให้ต่ำกว่า 10.0 kg/cm^2 ลงได้ เพราะหน่วยผลิตพีวีซีมีความต้องการใช้ไอน้ำที่ความดันต่ำที่สุด 10.0 kg/cm^2 ในขั้นตอนการเคลือบสารเคมีลงบนผิวถึงปฏิกิริยา ซึ่งถ้าทำการลดความดันไอน้ำให้ต่ำกว่า 10.0 kg/cm^2 จะกระทบต่อคุณภาพการผลิตพีวีซีได้

แนวทางหนึ่งที่จะทำให้หน่วยผลิตไอน้ำ ผลิตไอน้ำที่ความดันต่ำกว่า 10.0 kg/cm^2 ได้ นั่นคือการแยกการผลิตไอน้ำความดันสูงมากกว่า 10.0 kg/cm^2 กับการผลิตไอน้ำที่ต่ำกว่า 10.0 kg/cm^2 ออกจากกัน เนื่องจากปริมาณความต้องการไอน้ำที่ความดันสูงมากกว่า 10.0 kg/cm^2 ของหน่วยผลิตพีวีซีมีจำนวนเพียงเล็กน้อยใน 1 วันการผลิตซึ่ง ปริมาณความต้องการสูงสุดเท่ากับ 2 ตันต่อชั่วโมง

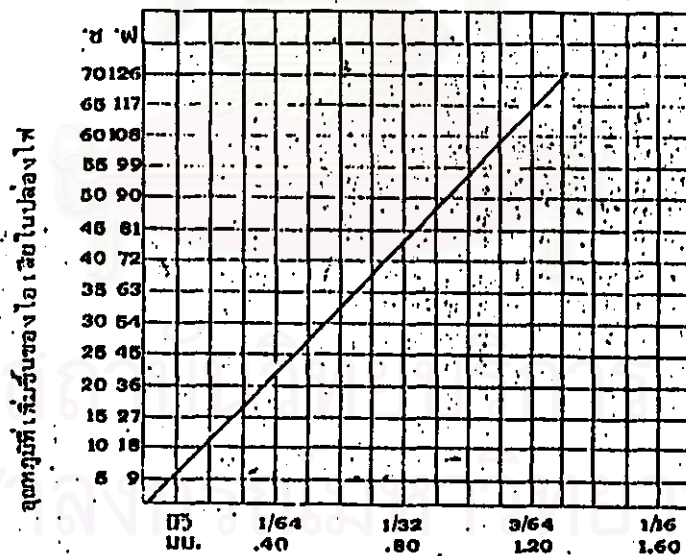
ดังนั้น การลงทุนซื้อหม้อไอน้ำที่มีกำลังการผลิตไอน้ำประมาณ 2 ตันต่อชั่วโมง และสามารถผลิตไอน้ำที่ความดันมากกว่า 10.0 kg/cm^2 เพิ่มเดิมอีก 1 ชุด จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้การลดความดันการผลิตไอน้ำลงให้ต่ำกว่า 10.0 kg/cm^2 สามารถกระทำได้ โดยไม่กระทบต่อคุณภาพการผลิตพีวีซีได้ แต่เนื่องจากการลงทุนซื้อหม้อไอน้ำใหม่ต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 1.7 ล้านบาท และผู้บริหารมีความประสงค์ที่จะไม่ลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติมในช่วงที่มีปัญหาเศรษฐกิจตกต่ำและไม่สนับสนุนแนวทางที่มีระยะเวลาดำเนินทุนเกิน 1 ปี จึงทำให้แนวทางนี้ไม่สามารถดำเนินการได้

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.5 การจัดการทำความสะอาดท่อไฟและการตรวจสอบหัวฉีดน้ำมัน

โรงงานตัวอย่างมีการทำความสะอาดท่อไฟของหม้อไอน้ำแต่ละชุดปีละ 1 ครั้ง โดยกระทำในช่วงที่หน่วยผลิตพีวีซีหยุดการผลิต หรือช่วงที่ต้องหยุดเพื่อตรวจสอบสภาพหม้อไอน้ำประจำปี ซึ่งจะพบว่าปริมาณเขม่าในท่อไฟจะมีปริมาณหนามาก การที่ผิวท่อไฟมีเขม่าจับมาก จะทำให้การถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปยังน้ำตกลงและทำให้อุณหภูมิของก๊าซที่ออกจากปล่องสูงขึ้น อุณหภูมิของก๊าซที่ออกจากหม้อไอน้ำที่สูงขึ้นทุก ๆ 15°C จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลง 1% และเขม่าที่หนาเพียง $1/8$ นิ้ว จะทำให้เชื้อเพลิงถูกใช้มากขึ้นถึง 25 %

การตรวจสอบว่าท่อไฟมีเขม่ามากหรือไม่ สามารถตรวจสอบได้โดยสังเกตจากอุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย โดยปกติอุณหภูมิของปล่องไอเสีย เมื่อเครื่องเดินปกติจะมีอุณหภูมิประมาณ 200°C ไม่เกิน 250°C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 250°C ขึ้นไป แสดงว่ามีเขม่าพอสสมควรที่จะทำความสะอาดท่อไฟ ดังรูปที่ 4.7 หรือตรวจสอบจากอุณหภูมิปล่องไอเสียโดยปกติจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของไอน้ำประมาณ 150°F ถึง 200°F ที่ตำแหน่งอัตราไฟสูงสำหรับหม้อไอน้ำผลิตไอน้ำเป็ยก



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียที่ปล่องไฟกับความหนาของเขม่า

ที่มา: สุชัย ศศิวิมลพันธุ์, เทคโนโลยีไอน้ำ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2526, หน้า 138

นอกจากนี้พบว่า การทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเตาภายในโรงงานตัวอย่าง จะกระทำก็ต่อเมื่อ ตรวจพบปัญหาการเผาไหม้ หรือตรวจพบตะกรันน้ำมันเกาะที่หัวฉีดน้ำมันเตามากจนทำให้เปลวไฟในห้องเผาไหม้ไม่มีการที่หัวฉีดน้ำมันสกปรกจะทำให้เปลวไฟที่ได้ไม่เหมาะสมกับหม้อไอน้ำที่ใช้และเป็นสาเหตุให้มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงซึ่งปัญหาที่พบได้บ่อย ๆ คือ

1. การผสมกันของอากาศและเชื้อเพลิงไม่ดี มีผลทำให้ต้องใช้อากาศส่วนเกินมากเพื่อให้การเผาไหม้ เชื้อเพลิงได้หมดจด
2. ลักษณะของเปลวไฟไม่ดี ซึ่งหมายถึง การถ่ายเทความร้อนไม่ดีจะมีผลทำให้ก๊าซที่ออกจากหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิสูง
3. การเผาไหม้ไม่ดีทำให้มีเขม่าจับที่ท่อไผมาก

ดังนั้นการวางแผนทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเตาอย่างสม่ำเสมอจะทำให้สามารถลดปัญหาที่เกิดจากหัวฉีดน้ำมันเตาสกปรกได้ โดยปกติหัวฉีดน้ำมันต้องทำความสะอาดอย่างน้อย 2 อาทิตย์ต่อครั้ง

แนวทางในการวางแผนทำความสะอาดท่อไผและการตรวจสอบหัวฉีดน้ำมัน

การที่ผิวท่อไผมีเขม่า ฝอยหรือปราศจากเขม่าจะทำให้การถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปยังน้ำดีขึ้น ดังนั้นการวางแผนเพื่อให้มีการทำความสะอาดท่อไผอย่างสม่ำเสมอ นอกเหนือจากการทำความสะอาดเมื่อตรวจพบอุณหภูมิไอเสียสูงผิดปกติ จะทำให้สามารถลดปริมาณเขม่าในท่อไผได้

การกำหนดแผนทำความสะอาดท่อไผจะกำหนดเป็นชั่วโมงการทำงานของหม้อไอน้ำ โดยจะทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับปริมาณเขม่าที่พบในการทำความสะอาดท่อไผแต่ละครั้ง เมื่อได้ช่วงเวลาในการทำความสะอาดที่เหมาะสมจึงกำหนดเป็นแผนการทำความสะอาดท่อไผเพื่อใช้ควบคุมให้มีการทำความสะอาดท่อไผอย่างสม่ำเสมอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 พิจารณาการลดต้นทุนด้านค่าไฟฟ้า

วิเคราะห์สาเหตุของการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูง

จากการสำรวจการใช้ปริมาณไฟฟ้าภายในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการ พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูง เนื่องจากไม่มีการดำเนินการเพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น เช่น ไม่มีการสำรวจการรั่วของระบบท่อส่งอากาศอัด ทำให้ระบบผลิตลมอัดความดันสูงต้องสูญเสียพลังงานไฟฟ้า ในการผลิตลมให้มีปริมาณมากขึ้นเพื่อชดเชยปริมาณอากาศอัดที่รั่วทิ้งไป นอกจากนี้ตรวจพบว่าระบบการส่งจ่ายสิ่งสาธารณูปการต่างๆ ไม่เป็นระบบจ่ายไหลลดแบบอัดโนมิติ ทำให้พบว่าปริมาณการส่งจ่ายของหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการไม่สอดคล้องกับความต้องการของหน่วยผลิตพีวีซี ซึ่งส่วนมากจะเป็นการส่งจ่ายให้หน่วยผลิตพีวีซีมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น เช่นการส่งจ่ายน้ำหล่อเย็น การส่งจ่ายลมอัดความดันสูง

จากสาเหตุดังกล่าว ผู้วิจัยได้หาแนวทางในการลดปริมาณไฟฟ้าภายในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการได้ดังนี้

1. สำรวจและซ่อมรั่วไหลของระบบท่อส่งและอุปกรณ์ใช้ลมต่างๆ

จากการสำรวจการใช้อากาศอัดภายในโรงงานตัวอย่าง พบว่าปริมาณการใช้ลมอัดความดันสูงมีปริมาณที่สูงมาก แม้ในช่วงที่หน่วยผลิตพีวีซีลดกำลังการผลิตลง ซึ่งสังเกตได้จากจำนวนเครื่องอัดอากาศที่ไม่สามารถลดจำนวนเครื่องลงได้ เพราะจะทำให้ความดันในระบบท่อส่งลดต่ำกว่าค่าควบคุม จึงแสดงให้เห็นถึงการรั่วของอากาศอัดภายในระบบท่อส่งและอุปกรณ์ใช้ลมต่างๆ ดังนั้นการลดการรั่วของอากาศอัดลงจะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตลมอัดความดันสูงได้

2. ติดตั้งระบบควบคุมอัดโนมิติที่ปั๊มและพัดลมในระบบน้ำหล่อเย็น

เพื่อควบคุมให้ปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัดลม มีจำนวนชุดที่ทำงานสอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำหล่อเย็นของหน่วยผลิตพีวีซีตลอดเวลา ซึ่งจะสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเดินปั๊มและพัดลมมากเกินไปจนความจำเป็นลงได้

3. ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติในการเดินปั๊มและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

การเดินปั๊มและเครื่องเป่าลมที่บ่อปรับสภาพน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียในอดีตจนถึงปัจจุบัน จะมีชั่วโมงการทำงานตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำเสียให้มีค่าต่ำกว่า 40°C ซึ่งจากการศึกษาสภาพการทำงานพบว่าในบางเวลาน้ำเสียไหลเข้าระบบบำบัดมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°C จึงน่าจะสามารถงดการเดินปั๊มที่ระบบนี้ได้ โดยการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิที่ปั๊ม ส่วนเครื่องเป่าลมควรจะทดลองลดชั่วโมงการทำงานลงและศึกษาถึงผลกระทบของการดำเนินการ

4. ปรับลดคุณภาพของลมที่ผลิตเพื่อลดการสูญเสียลม

ในระบบผลิตลมความดันสูงของโรงงานตัวอย่าง จะมีเครื่องทำลมแห้งที่ใช้สารดูดความชื้น ซึ่งต้องสูญเสียลมที่ผลิตได้ส่วนหนึ่ง ในการไล่ความชื้นออกจากเม็ดดูดความชื้น เพื่อให้ได้ลมที่มีความแห้ง -40°C โดยปกติอุปกรณ์ที่ใช้ลมภายในโรงงานตัวอย่างมีความต้องการลมที่มีความแห้ง -10°C ดังนั้นจึงน่าจะปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องทำลมแห้งให้มีความแห้งไม่มากเกินไปเกินความต้องการของอุปกรณ์ใช้ลม โดยการขยายเวลาในการทำงานของเม็ดดูดความชื้น ซึ่งจะทำได้ลดปริมาณการสูญเสียลมในการไล่ความชื้นออกจากเม็ดดูดความชื้นได้

จากสาเหตุข้างต้นสามารถสรุปสาเหตุและเสนอแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงได้ดังนี้

สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1. ตรวจพบการรั่วของอากาศอัดในระบบท่อส่งและอุปกรณ์ต่างๆมาก	1. สำรวจและซ่อมแซมจุดรั่วของอากาศอัดภายในระบบท่อส่งและอุปกรณ์ต่างๆ
2. มีการเดินจำนวนปั๊มและพัดลมมากเกินไป ไม่สอดคล้องกับความต้องการของหน่วยผลิตพีวีซี	2. ติดตั้งระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติของปั๊มและพัดลมที่ระบบผลิตน้ำหล่อเย็น
3. มีการเดินปั๊มและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสียมากเกินไปจนความจำเป็น	3. ติดตั้งระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติของปั๊มและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสีย
4. การใช้ลมที่มีความแห้งมากเกินไปจนความจำเป็น	4. ยืดระยะเวลาในการทำงานของเม็ดดูดความชื้น

จากแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ภายในหน่วยผลิตสาธารณูปการ ที่นำเสนอ พบว่าสามารถดำเนินการได้ ยกเว้นการยืดระยะเวลาในการทำงานของเม็คคูลความชื้น เพื่อปรับลดคุณภาพความแห้งของลมให้มีความแห้งตกลง เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการใช้ลมส่วนหนึ่งในการเป่าผงพีวีซี เข้าเก็บในถังเก็บพีวีซี ซึ่งลมจะสัมผัสกับผงพีวีซีและถ้าลมมีความแห้งไม่เพียงพอ จะทำให้ผงพีวีซีจับตัวเป็นก้อนและจะกระทบกับการใช้งานของลูกค้า ทางโรงงานจึงยกเลิกแนวทางในการปรับลดคุณภาพความแห้งของลม ดังนั้นผู้วิจัยจะเสนอเฉพาะแนวทางในการดำเนินการเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าที่สามารถดำเนินการได้ดังนี้

- 4.2.1 การลดต้นทุนด้านไฟฟ้าโดยลดการรั่วของลมอัดความดันสูง
- 4.2.2 การลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มและพัดลมที่ระบบผลิตน้ำหล่อเย็น
- 4.2.3 การลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2.1 ลดต้นทุนด้านไฟฟ้าของหน่วยผลิตลมความดันสูง

จากโครงสร้างต้นทุนของปี 2539 – 2540 ดังแสดงในตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า ต้นทุนในการผลิตลมความดันสูง เกิดจากต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 44.12 % และ 59.3 % ตามลำดับ แม้ว่าต้นทุนในส่วนนี้จะขึ้นกับปริมาณการผลิตลมความดันสูง และประสิทธิภาพของตัวปั๊มลมเองก็ตาม แต่จากการสำรวจการผลิตลมความดันสูง และการใช้ลมความดันสูงภายในโรงงานตัวอย่าง พบว่ามีสิ่งที่จะต้องปรับปรุงเพื่อลดปริมาณการผลิตลมความดันสูงลง ซึ่งจะทำให้ลดปริมาณค่าไฟฟ้าในหน่วยผลิตลมความดันสูงลงได้

สถานะของปัญหา

ตรวจพบปัญหาการรั่วไหลของลมจากระบบท่อส่งและอุปกรณ์ใช้ลมต่าง ๆ เป็นปริมาณที่สูงมากทำให้ต้องเดินเครื่องอัดลมเสริมเกือบตลอดเวลา แม้ว่าหน่วยผลิตพีวีซีผลและพีวีซีเม็ดจะลดกำลังผลิตลง แต่ทางหน่วยผลิตก็ไม่สามารถจะลดจำนวนเครื่องอัดลมให้สอดคล้องตามได้และในโรงงานตัวอย่างไม่มีแผนการสำรวจและซ่อมการรั่วของอากาศอัด ซึ่งเมื่อผู้วิจัยทำการสำรวจการรั่วไหลของอากาศอัดที่บริเวณวาล์ว ข้อต่อ หน้าแปลนที่ท่อส่งอากาศ และอุปกรณ์ใช้อากาศอัดโดยวิธีใช้น้ำสบู่ทาที่ตำแหน่งรั่วไหล พบว่าการรั่วไหลของอากาศอัดทั้งหมด 112.21 ลิตร/วินาที หรือ 403.95 ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง (ดูตาราง ก.1 ในภาคผนวก ค.)

ตารางที่ 4.12 สรุปอัตราการรั่วไหลของลมอัดความดันสูง

รายละเอียดของข้อมูล	หน่วย	ผลที่เกิดขึ้น
อัตราการรั่วไหลทั้งหมด	ลิตร /วินาที	112.21
อัตราการรั่วไหลที่ยอมรับได้ (5%)	ลิตร /วินาที	23.97
อัตราการรั่วไหลที่ควรปรับลดลง	ลิตร /วินาที	88.24
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	กิโลวัตต์ / ปี	407,462
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	บาท / ปี	688,611

ที่มา : ตาราง ก.1 และการคำนวณในภาคผนวก ก. โดยมีที่มาจากโรงงานตัวอย่าง

ในการผลิตลมอัดความดันสูงของเครื่องอัดอากาศจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นตัวจ่ายพลังให้แก่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ให้เกิดการทำงาน ดังนั้นเมื่อมีการรั่วไหลของอากาศอัด ซึ่งหมายถึงมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าสำหรับอัดอากาศโดยเปล่าประโยชน์

อัตราการรั่วไหลของอากาศอัดจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันของอากาศอัด และขนาดรูรั่วดังรูปที่ 4. 8 โดยปกติโรงงานที่มีการดูแลระบบการใช้ลมความดันสูงเป็นอย่างดีจะยอมให้มีการรั่วในระบบได้ 5% ดังนั้นในการซ่อมรอยรั่วจะต้องทำให้ระบบปราศจากการรั่วหรือซ่อมให้มีการรั่วเหลืออยู่ไม่เกิน 5 % ของอัตราการผลิตอากาศอัดรวม

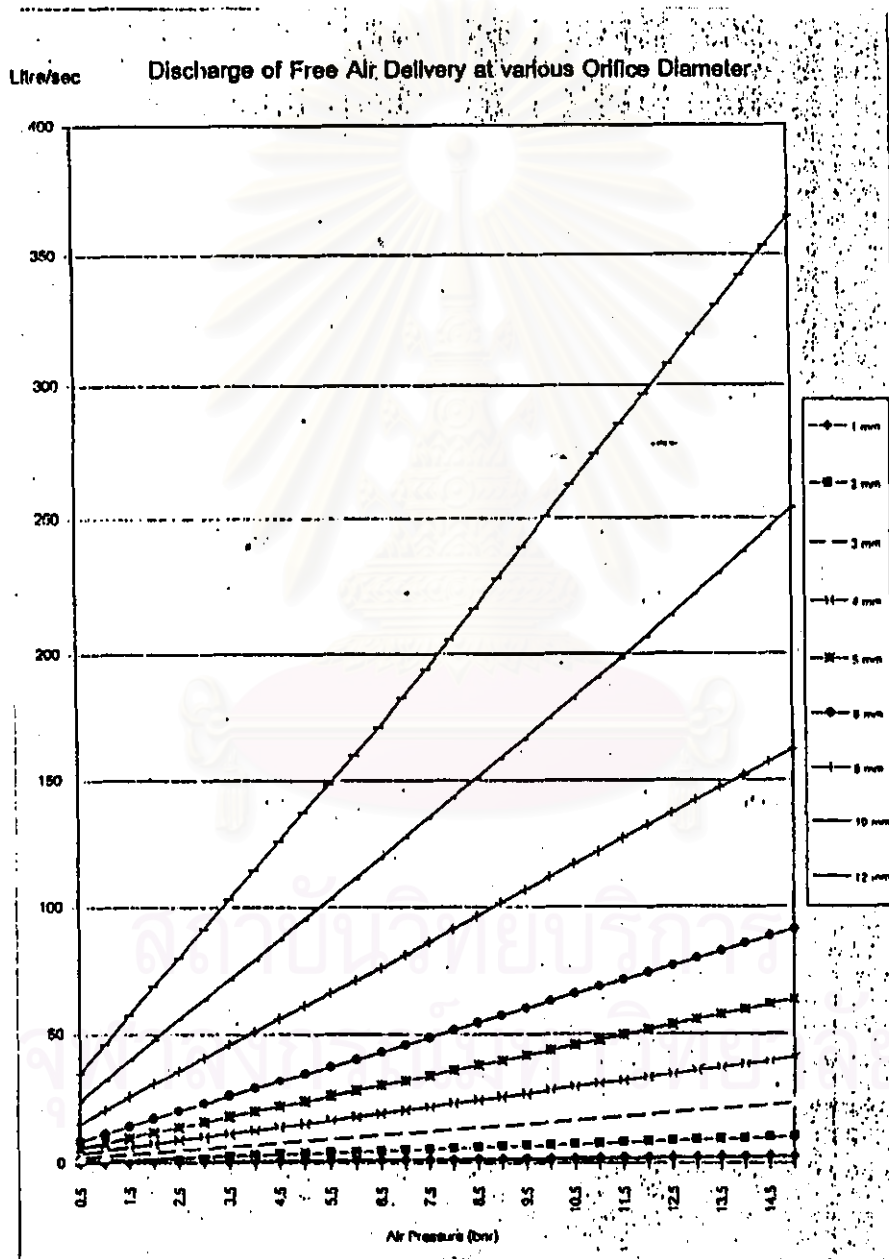
แนวทางการแก้ไข

จากการสำรวจพบการรั่วไหลของอากาศอัดทั้งหมดทุกหน่วยงานมีค่าเท่ากับ 112.21 คิดเป็น 23.41 % ของอัตราการผลิตอากาศอัดทั้งหมดซึ่งทำให้โรงงานต้องสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการผลิตลมความดันสูงแล้วเกิดการรั่วไหลโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นจึงต้องทำการแก้ไขการรั่วไหลของลมความดันสูงดังนี้

1. ทำการซ่อมจุดรั่วไหลทั้งหมด
2. จัดแผนการสำรวจการรั่วไหลของลมอัดความดันสูงทุก ๆ 4 เดือนเพื่อค้นหาจุดที่มีการรั่วและดำเนินการแก้ไขทันที

ผลการปรับปรุงแก้ไขการรั่วไหลของลมอัดความดันสูง

ประมาณผลการซ่อมรอยรั่วเหลือการรั่วของลมอัดความดันสูงที่ 5 % ของอัตราการผลิตลมทั้งหมดซึ่งจะสามารถลดอัตราการรั่วไหลของลมอัดความดันสูงได้ 88.24 ลิตร / วินาที คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 407,462 กิโลวัตต์/ปี (เปรียบเทียบกับเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 688,611 บาท/ปี) จากการคำนวณในภาคผนวก ก และตารางที่ 4.12)



รูปที่ 4.8 แสดงปริมาณอากาศรั่วที่ขนาดรูต่าง ๆ และความดันต่าง ๆ

ที่มา: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องระบบอัดอากาศ, 2538, หน้า 81

การลงทุนซ่อมรื้อรั้วของลมอัดความดันสูง

จากการประเมินค่าซ่อมรื้อรั้วทั้งหมดมีค่าใช้จ่ายประมาณ 50,000 บาท
(ที่มา:ประเมินค่าใช้จ่ายโดย บริษัท โทเทิลแพลนเซอร์วิสเซอ)

คำนวณหาระยะเวลาดำเนินทุน

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{50,000 \text{ บาท}}{688,611 \text{ บาท/ปี}} \\ &= 0.073 \text{ ปี} \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.13 สรุปการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตลมอัดความดันสูง

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท / ปี)	ระยะเวลาดำเนินทุน (ปี)
การซ่อมการรั่วไหลของลมอัดความดันสูงและการตรวจสอบดูแลสม่ำเสมอ	50,000	688,611	0.073

4.2.2 ลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มและพัดลมที่ระบบผลิตน้ำหล่อเย็น

สภาวะปัญหา

หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็นของโรงงานตัวอย่างในปัจจุบันที่ใช้งานอยู่ประกอบด้วยตุลึงเทาเวอร์ 2 ชุด คือ ตุลึงเทาเวอร์ชุดที่ 2 และตุลึงเทาเวอร์ชุดที่ 3 ตุลึงเทาเวอร์ทั้ง 2 ชุด จะส่งน้ำหล่อเย็นให้หน่วยผลิตพีวีซีเรซินเพื่อระบายความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยน โดยจะมีลักษณะการใช้มาก-น้อยไม่คงที่ตลอดทั้งวัน ซึ่งปกติหน่วยผลิตพีวีซีเรซินจะใช้ปริมาณน้ำหล่อเย็นมาก ในช่วงที่มีการเกิดปฏิกิริยาในถังปฏิกิริยาออกจากช่วงนี้ไปจะใช้ปริมาณน้ำหล่อเย็นน้อย

จากการศึกษาการทำงานของระบบผลิตก๊าซน้ำหล่อเย็น จะพบว่า ที่ตุลึงเทาเวอร์ชุดที่ 2 ประกอบไปด้วยพัดลม 2 ชุด และปั๊มส่งน้ำหล่อเย็น 3 ชุด และตุลึงเทาเวอร์ชุดที่ 3 ประกอบด้วย พัดลม 4 ชุด และปั๊มส่งน้ำหล่อเย็น 4 ชุด ซึ่งโดยปกติการเดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นจะมีลักษณะการทำงาน แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงจำนวนการเดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัดลมในสภาวะปกติตลอดปี 2540

หัวเรื่อง	จำนวนปั๊ม (ชุด)		ช่วงความดัน (kg/cm ²)	จำนวนที่พัดลม (ชุด)	ช่วงอุณหภูมิน้ำส่ง (°C)	หมายเหตุ
	ช่วงใช้ปกติ	ช่วงใช้มาก				
ตุลิ่งเทวอร์ ชุดที่ 2	1	2	4.0 - 6.0	2	26 - 30	- เดินปั๊ม 2 ตัวเมื่อความดันต่ำกว่า 4.0 kg/cm ²
ตุลิ่งเทวอร์ ชุดที่ 3	2	3	4.0 - 6.2	4	26 - 30	- เดินปั๊ม 3 ตัวเมื่อความดันต่ำกว่า 4.0 kg/cm ²

ที่มา: ใบบันทึกการผลิตน้ำหล่อเย็นของโรงงานตัวอย่าง

ความดันในระบบส่งน้ำหล่อเย็นมีค่าลดต่ำลงเกิดขึ้นจากการที่หน่วยผลิตพีวีซีเรซิน เปิดวาล์วน้ำหล่อเย็นเข้าระบายความร้อนกึ่งปฏิกิริยา เพื่อควบคุมอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาพีวีซี ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของสูตรพีวีซี โดยบางสูตรไม่ต้องเดินปั๊มน้ำหล่อเย็นเสริมในขณะที่บางสูตรต้องการให้เดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นเพียงชั่วคราว และในบางสูตรมีความต้องการให้เดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นตลอดการเกิดปฏิกิริยาของสูตรนั้น ๆ

ปัญหาที่พบในระบบผลิตน้ำหล่อเย็น

1. เดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นจำนวนมากเกินความจำเป็น

เนื่องจากในปัจจุบันการเดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นเสริมเพิ่มอีก 1 ตัว จะกระทำ เมื่อได้รับสัญญาณเตือน ค่าความดันในระบบน้ำหล่อเย็นต่ำกว่า 4.0 kg/cm² หรือตรวจพบความดันในระบบท่อน้ำหล่อเย็นมีแนวโน้มต่ำลงอย่างรวดเร็วในขณะที่จุดบันทึกสถานะการทำงาน และการลดจำนวนปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นลงจะกระทำเมื่อตรวจพบว่าค่าความดันในระบบส่งน้ำหล่อเย็นมีค่าสูงถึง 5.5 kg/cm² ในช่วงที่มีการจดบันทึกสถานะการทำงาน ซึ่งโดยปกติจะจดบันทึก ทุกๆ 2 ชั่วโมงทำให้บ่อยครั้งที่ตรวจพบการเดินจำนวนปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นมากเกินความจำเป็น หรือไม่สอดคล้องกับการใช้ของหน่วยผลิตพีวีซีเรซินส่งผลให้หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย

2. เคนพัคผลมระบยควมร้อนจำนวนมกเกินควมจำเป็น

ปกติการเดินพัคผลมในระบบผลิตน้ำหล่อเย็น จะควบคุมอุณหภูมิของน้ำส่งหน่วยผลิตพีวีซีเรซิน จะมีค่าไม่ให้เกิน 32°C อยู่ตลอดเวลา แต่จากการตรวจสอบอุณหภูมิน้ำส่งเข้าหน่วยผลิตพีวีซีเรซินในอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าการเดินพัคผลมของลูกถึงเทาเวอร์ ชุดที่ 2 จะเดิน 2 ชุด ตลอดเวลาและลูกถึงเทาเวอร์ ชุดที่ 3 จะเดิน 4 ชุดตลอดเวลาซึ่งจากการทดลอง หยุดพัคผลมลง 1 ตัวในช่วง ที่อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น มีค่าต่ำกว่า 28°C พบว่าสามารถดำเนินการได้เป็นเวลา 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงต่อการหยุด 1 ครั้ง ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นกับสูตรผลิตของหน่วยผลิตพีวีซีเรซิน ว่าเป็นสูตรที่มีการคายความร้อนมากน้อยเพียงใด และขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกในขณะนั้น

แนวทางการแก้ไข

1.ติดตั้งระบบควบคุมความดันอัตโนมัติ

เพื่อควบคุมให้ปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นมีจำนวนชุดทำงานสอดคล้องกับความดันในระบบท่อส่งน้ำหล่อเย็นตลอดเวลา โดยควบคุมให้ปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นชุดเดินเสริมเริ่มทำงานที่ 4.0 kg/cm^2 และหยุดทำงานที่ 5.5 kg/cm^2

2.ติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติที่พัคผลมระบยอากาศ

เพื่อควบคุมให้พัคผลมมีจำนวนชุดทำงานสอดคล้องกับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นตลอดเวลา โดยควบคุมให้พัคผลมชุดเดินเสริมเริ่มทำงานที่ 31°C และหยุดทำงานที่ 28°C

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ

สามารถลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัคผลมได้

ตารางที่ 4.15 แสดงจำนวนชั่วโมงการทำงานของปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัคผลมเสริมมากเกินความจำเป็นปี 2540

รายการ	ลูกถึงเทาเวอร์ ชุดที่ 2	ลูกถึงเทาเวอร์ชุดที่ 3	รวม
ชั่วโมงการทำงานของปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นชุดเสริม ที่ความดันมากกว่า 5.5 kg/cm^2	32 ชั่วโมงต่อเดือน	50 ชั่วโมงต่อเดือน	82 ชั่วโมงต่อเดือน
ชั่วโมงการทำงานของพัคผลมชุดเสริมที่อุณหภูมิต่ำกว่า 28°C	28 ชั่วโมงต่อเดือน	80 ชั่วโมงต่อเดือน	108 ชั่วโมงต่อเดือน

ที่มา: ใบบันทึกการทำงานของระบบผลิตน้ำหล่อเย็นของโรงงานตัวอย่าง

คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ดังนี้

1. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นลง 82 ชั่วโมงต่อเดือน
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 15,244 บาท/เดือน

2. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการลดชั่วโมงการทำงานของพัดลมลง 108 ชั่วโมงต่อเดือน
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 5,476 บาท/เดือน

$$\begin{aligned} \text{รวมเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 15,244 + 5,476 \text{ บาท/เดือน} \\ &= 20,720 \text{ บาท/เดือน หรือ } 248,640 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

การลงทุน

- | | |
|---|---------------|
| 1. ติดตั้งชุดควบคุมความดันที่ปั๊มส่งน้ำหล่อเย็น 2 ชุด | = 80,000 บาท |
| 2. ติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิที่พัดลม 2 ชุด | = 20,000 บาท |
| รวม | = 100,000 บาท |

(ที่มา : บริษัท โทเทิลเพลนส์เซอร์วิสเซอ จำกัด)

คำนวณระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= 100,000 / 248,640 \\ &= 0.40 \text{ ปี} \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.16 สรุปการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบน้ำหล่อเย็น

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท / ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
การลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัดลมระบายความร้อน	100,000	248,640	0.40

ที่มา: จากการคำนวณของผู้วิจัย

4.2.3 การลดต้นทุนด้านค่าไฟฟ้าของหน่วยบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตทีวีซีของโรงงานมีแผนการผลิตเกือบตลอดทั้งปี ทำให้โรงงานตัวอย่างมีน้ำเสียไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสียตลอดเวลา อีกทั้งระบบบำบัดของโรงงานตัวอย่างเป็นแบบระบบบำบัดชีวภาพคือ มีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ให้เกาะอยู่บนผิวของตัวกลางพลาสติกซึ่งมีความต้องการอากาศอยู่ตลอดเวลา ทำให้จำเป็นต้องเดินระบบแบบต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาจากกิโลวัตต์รวมทั้งหมดของทั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ดังได้แสดงไว้ดังตารางที่ 4.17 แล้วพบว่ามอเตอร์และปั๊มทุกตัวส่วนใหญ่จะสตาร์ทเดินตลอด 24 ชั่วโมง หรือเดินแบบอัตโนมัติ จึงเป็นการยากที่จะลดต้นทุนค่าไฟฟ้าจากส่วนนี้ แต่เมื่อพิจารณาถึงอุปกรณ์เครื่องเป่าอากาศ (Rotary Air Blower) ซึ่งมีอยู่ 2 ตัวที่บ่อปรับสภาพให้สม่ำเสมอ (Equalization Tank) จะทำงานแบบสลับกันทำงานทุก ๆ 8 ชั่วโมงเพื่อให้ น้ำเสียเกิดการผสมกันจนมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันทั้งบ่อ โดยเครื่องเป่าอากาศทั้ง 2 ตัวใช้มอเตอร์ขนาด 5.5 k.w รวมกิโลวัตต์ที่ใช้เดินใน 1 วัน เท่ากับ 132 กิโลวัตต์ คิดเป็น 19.58 % ของกิโลวัตต์รวมต่อวันของทั้งระบบ และปั๊มสูบน้ำขึ้นหอดูดอุณหภูมิ (Cooling Pump) ซึ่งมีอยู่ 2 ตัว ที่บ่อปรับสภาพ (Equalization Tank) จะทำงานสลับกันทำงานทุก ๆ 8 ชั่วโมงตลอดทั้งวัน เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนส่งออกจ่ายบ่อปรับสภาพให้มีค่าต่ำกว่า 40°C โดยปั๊มสูบน้ำขึ้นหอดูดอุณหภูมิ (Cooling Pump) ทั้ง 2 ตัวใช้มอเตอร์ขนาด 7.5 kw รวมกิโลวัตต์ที่ใช้เดินใน 1 วัน เท่ากับ 180 กิโลวัตต์ คิดเป็น 26.7% ของกิโลวัตต์รวม ตามรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงกิโลวัตต์ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องและเปอร์เซ็นต์

หมายเลข	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	กิโลวัตต์	ชั่วโมงการเดินต่อวัน	กิโลวัตต์ต่อวัน	%	หมายเหตุ
1	GA107A	ปั๊มสูบน้ำบ่อสูบล	3.7	10	37.0	5.49	
2	GA107B	ปั๊มสูบน้ำบ่อสูบล	3.7	10	37.0	5.49	
3	GA108A	ปั๊มสูบน้ำขึ้นหอดูดอุณหภูมิ	7.5	12	90.0	13.35	
4	GA108B	ปั๊มสูบน้ำขึ้นหอดูดอุณหภูมิ	7.5	12	90.0	13.35	
5	GB108A	เครื่องเป่าอากาศบ่อปรับสภาพ	5.5	12	66.0	9.79	
6	GB108B	เครื่องเป่าอากาศบ่อปรับสภาพ	5.5	12	66.0	9.79	
7	GA109A	ปั๊มสูบน้ำเข้าบ่อสะเทิน	1.5	15	22.5	3.34	
8	GA109B	ปั๊มสูบน้ำเข้าบ่อสะเทิน	1.5	8	12.0	1.78	
9	GA109C	ปั๊มสูบน้ำเข้าบ่อสะเทิน	1.5	3	4.5	0.66	
10	GD109A	มอเตอร์กวานบ่อสะเทิน	2.2	24	52.8	7.82	
11	GD109B	มอเตอร์กวานบ่อสะเทิน	2.2	0	0	0	เลิกใช้แล้ว
12	GD109C	มอเตอร์กวานบ่อสะเทิน	2.2	0	0	0	เลิกใช้แล้ว
13	GD109D	มอเตอร์กวานบ่อสะเทิน	2.2	0	0	0	เลิกใช้แล้ว

ตารางที่ 4.17(ต่อ) แสดงกิโลวัตต์ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องและเปอร์เซ็นต์

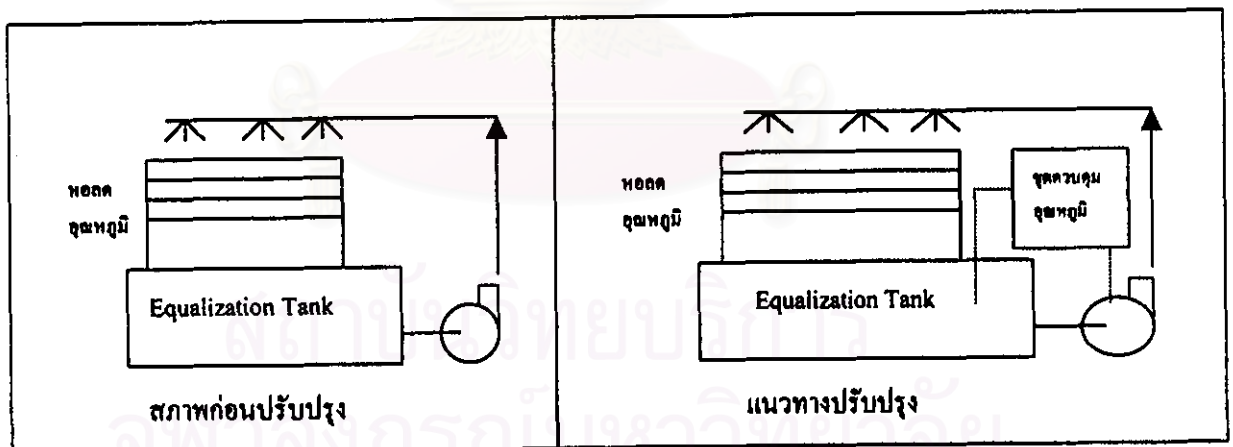
หมายเลข	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	กิโลวัตต์	ชั่วโมงการเดินต่อวัน	กิโลวัตต์ต่อวัน	%	หมายเหตุ
14	GD109E	มอเตอร์กวานป้อสะเทิน	2.2	0	0	0	เลิกใช้แล้ว
15	GA110A	ปั๊มสูบละกอนป้อดคคะกอนขันคั้น	5.5	0.5	2.75	0.4	สลับเดินGA110B
16	GA110B	ปั๊มสูบละกอนป้อดคคะกอนขันคั้น	5.5	0.5	2.75	0.4	สลับเดินGA110A
17	GB110A	เครื่องเป่าอากาศป้อเดิมอากาศ	7.5	12	90.0	13.35	สลับเดินGB110B
18	GB110B	เครื่องเป่าอากาศป้อเดิมอากาศ	7.5	12	90.0	13.35	สลับเดินGB110A
19	GA111A	ปั๊มสูบละกอนป้อดคคะกอนขันตุลห้าย	5.5	1	5.5	0.82	
20	GA111B	ปั๊มสูบละกอนป้อดคคะกอนขันตุลห้าย	5.5	1	5.5	0.82	
		รวม	-	-	674.3	100	-

ที่มา: ข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง

แนวทางในการลดค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำเสียที่น่าจะดำเนินการ ได้มีอยู่ 2 แนวทางคือ

- 1 การปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ จากเดิมทำงานตลอดเวลาปรับปรุงเป็นทำงานตามอุณหภูมิของน้ำเสียในบ่อปรับสภาพ
- 2 การปรับลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องเป่าอากาศในบ่อปรับสภาพลงโดยไม่กระทบระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2.3.1. การปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ



รูปที่ 4.9 แสดง แนวทางในการปรับปรุงโดยการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิเพื่อลดปริมาณไฟฟ้า

สภาพการทำงานในปัจจุบัน

จากการศึกษาการทำงานของระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ ใช้วิธีการเดินปั๊มน้ำในบ่อปรับสภาพขึ้นไปสเปรย์ผ่านหอลดอุณหภูมิ (Cooling system) เพื่อให้ น้ำเสียสัมผัสกับอากาศและระบายความร้อนจากน้ำเสียให้กับอากาศ ทำให้อุณหภูมิของน้ำเสียในบ่อมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°C โดยจะทำงานตลอดเวลา

จากข้อมูลบันทึกอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพพบว่าอุณหภูมิภายในบ่อบางช่วงเวลามีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°C อยู่มาก อีกทั้งบางช่วงเวลากุณภูมิน้ำเสียเข้าบ่อปรับสภาพมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°C ตามข้อมูลตารางที่ 4.18 แสดงเปอร์เซ็นต์อุณหภูมิในบ่อปรับสภาพที่มีอุณหภูมิเกิน 37°C ตามช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งพบว่าในช่วงเดือนธันวาคม ถึงเดือน กุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูหนาวมีเปอร์เซ็นต์อุณหภูมิสูงเกิน 37°C เพียง 15.0% ซึ่งแสดงว่า 85%ของการเดินปั๊มสูบน้ำขึ้นหอกลดอุณหภูมิในช่วงธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น

ตารางที่ 4.18 แสดง%อุณหภูมิของบ่อปรับสภาพมีค่าสูงกว่า 37°C ตามช่วงเวลาต่าง ๆ ตลอดปี 2540

ช่วงเดือน	สภาพอากาศส่วนใหญ่	ระยะเวลา	เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพที่มีค่าสูงกว่า 37°C
ธ.ค. - ก.พ	หนาว	3 เดือน	15.0 %
มี.ค - พ.ค	ร้อน	3 เดือน	72.0%
มิ.ย - ส.ค	ฝนตก	3 เดือน	48.0%
ก.ย - พ.ย	ฝนตกและหนาวเล็กน้อย	3 เดือน	38.0%
		เฉลี่ย	43.25%

แนวทางในการปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิในบ่อ ทำได้ดังนี้

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในบ่อโดย มีหลักการดังนี้

ถ้าอุณหภูมิในบ่อต่ำกว่า 35°C ปั๊มหยุดทำงานทันที
 ถ้าอุณหภูมิในบ่อสูงกว่า 38°C ปั๊มเริ่มทำงานทันที

การตั้งอุณหภูมิสั่งให้ปั๊มเริ่มทำงานที่ 38°C เพื่อป้องกันการเกิดเหตุการณ์ระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพปรับลดอุณหภูมิต่ำไม่ทัน ทำให้อุณหภูมิสูงเกิน 40°C

2. ติดตั้งอุปกรณ์วัดชั่วโมงการทำงานของปั๊มสูบน้ำขึ้นหอเพื่อใช้วัดผลในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ

สามารถลดพลังงานไฟฟ้าลงได้	= 100 – 43.25
	= 56.75%
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้	= 0.5675x12เดือนx30วันx24ชม.x7.5กิโลวัตต์
	= 36,774 กิโลวัตต์/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 36,774 กิโลวัตต์ / ปี x 1.69 บาท/กิโลวัตต์
	= 62,148 บาท/ปี

การลงทุนเพื่อปรับปรุงการทำงานของระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ

ลงทุนติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิที่บ่อปรับสภาพเป็นค่าใช้จ่าย 25,000 บาท
(ที่มา:บริษัทโทเทิลแพลนท์เซอร์วิส จำกัด)

คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{25,000}{62,148} \\ &= 0.4 \text{ ปี} \end{aligned}$$

4.2.3.2 การปรับลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องเป่าอากาศในปรับสภาพ

จากการศึกษาการทำงานพบว่า การเป่าอากาศที่บ่อปรับสภาพตลอด 24 ชั่วโมง มีจุดประสงค์เพื่อให้น้ำเสียที่กักตุนไว้ในบ่อมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันเหมือนกันทั้งบ่อ ก่อนที่จะสูบบ้อนเข้าระบบบำบัด pH ต่อไป ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงการเคลื่อนตัวของน้ำเสียเมื่อเข้าบ่อจนกระทั่งออกจากบ่อเข้าสู่ระบบบำบัด pH จะใช้เวลาเคลื่อนตัวตามการออกแบบประมาณ 3 ชม. โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

ข้อมูลตามการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของบ่อปรับสภาพ} &= 144 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\ \text{ปริมาตรน้ำเสียไหลเข้าระบบ} &= 1,000 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน} \end{aligned}$$

$$\text{ระยะเวลาการเคลื่อนตัว (Detention Time)} = \frac{\text{ปริมาตรของบ่อปรับสภาพ}}{\text{ปริมาตรน้ำเสียไหลเข้าระบบ}}$$

$$= \frac{144 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{1,000 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน}}$$

$$= 0.144 \text{ วัน หรือ } 3.456 \text{ ชั่วโมง}$$

ซึ่งพบว่าการเดินเครื่องเป่าอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ขณะที่น้ำเสียต้องใช้เวลาอยู่ในบ่อประมาณ 3 ชั่วโมง อาจจะทำให้เกิดความจำเป็น จึงน่าจะทดลองปรับลดการเดินเครื่องเป่าอากาศที่บ่อปรับสภาพลงเหลือเพียง 12 ชั่วโมง โดยให้เครื่องเป่าอากาศทำงาน 30 นาที หยุด 30 นาที ตลอดทั้งวัน การทดลองหยุดเครื่องเป่าอากาศจะวัดผลความสำเร็จ จากค่าความแตกต่างของค่า pH ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงไม่ควรแตกต่างกันมาก ผลการทดลองแสดงตามตารางที่ 4.19 ซึ่งดำเนินการเดิน - หยุด เดิน โดยวิธี Manual

ตารางที่ 4.19 แสดงช่วงแตกต่างต่างของ pH ของน้ำเสียออกจากบ่อปรับสภาพ

รายการ	ชั่วโมงการทำงานรวม ของเครื่องเป่าอากาศ ทั้ง 2 เครื่อง	ค่า pH ออกจากบ่อ เฉลี่ย	ช่วงค่าแตกต่าง pH ทุก 30 นาที	ปริมาณการใช้ กรดเฉลี่ยต่อวัน (ลิตร)
ก่อนปรับปรุง 17 เม.ย. - 20 เม.ย. 41	24 ชั่วโมง	9.82	0.02 - 0.81	380
ขณะทำการทดลอง 25 เม.ย. - 28 เม.ย. 41	12 ชั่วโมง	9.88	0.00 - 0.85	380

หมายเหตุ : ช่วงเก็บข้อมูลเป็นช่วงที่ทุกหน่วยผลิตผลิตตามปกติ
ที่มา: ใบบันทึกข้อมูลทดลองหยุดเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง

จากตารางที่ 4.19 แสดงช่วงแตกต่างของ pH ของน้ำเสียออกจากบ่อปรับสภาพก่อนปรับปรุงและขณะทำการทดลองพบว่า ค่า pH เฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ความกว้างของช่วงค่าแตกต่าง pH ขณะทดลองหยุดเครื่องเป่าอากาศทุก ๆ 30 นาที มีค่ามากกว่าปกติประมาณ 7.6 % โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก H_2SO_4 50% ในการปรับค่า pH เพราะมีการใช้ปริมาณกรดเฉลี่ยเท่าเดิม ซึ่งแสดงว่าคุณภาพของน้ำออกจากบ่อปรับสภาพภายหลังปรับปรุงระบบการเป่าอากาศให้ทำงาน 30 นาที และหยุด 30 นาที ตลอดทั้งวัน สามารถปรับปรุงได้โดยไม่กระทบต่อระบบการปรับค่า pH ของบ่อปรับ pH เหตุผลที่ไม่ทดลองหยุดเดิน 1 ชั่วโมง เนื่องจากการหยุดเครื่องเป่าลมเป็นระยะเวลานาน 1 ชั่วโมงจะทำให้ตะกอนที่ผิวซีเริ่มจับตัวแน่นอุดตันหัวจ่ายลม

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุงการทำงานของเครื่องเป่าอากาศ

สามารถลดการทำงานของเครื่องเป่าอากาศลงได้	=	12 ชั่วโมงต่อวัน
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	12 ชั่วโมงต่อวัน x 5.5 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
	=	66 กิโลวัตต์ต่อวัน
	=	1,980 กิโลวัตต์ต่อเดือน
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	1,980 กิโลวัตต์ต่อเดือน x 1.69 บาทต่อกิโลวัตต์
	=	3,346 บาทต่อเดือน
	=	40,152 บาทต่อปี

การลงทุนเพื่อปรับปรุงการทำงานของเครื่องเป่าอากาศ

ลงทุนติดตั้งเครื่องควบคุมการทำงานด้วยเวลา (Timer) ที่เครื่องเป่าอากาศทั้ง 2 เครื่อง เพิ่มเติมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 8,000 บาท (ที่มาของค่าใช้จ่ายจาก บริษัท โทเทิลแพลนท์เซอร์วิสเซอ จำกัด)

คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= 8,000 \text{ (บาท)} / 40,152 \text{ (บาท/ปี)} \\ &= 0.2 \text{ ปี} \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.20 สรุปการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท / ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1. การปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิ ในบ่อปรับสภาพ	25,000	62,148	0.4
2. การปรับลดชั่วโมงการทำงานของ เครื่องเป่าอากาศในบ่อปรับ สภาพ	8,000	40,152	0.2
รวม	33,000	102,300	0.32

4.3 การพิจารณาการลดปริมาณการใช้สารเคมีและน้ำประปา

ในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการ มีการใช้สารเคมีที่หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ หน่วยผลิตไอน้ำ และหน่วยบำบัดน้ำเสีย โดยจุดประสงค์ของการใช้สารเคมีจะแตกต่างกันดังนี้

หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็นและหน่วยผลิตไอน้ำ ใช้สารเคมีเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบไม่ก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนและปัญหาการเกิดตะกอนในระบบ

หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ ใช้สารเคมีเพื่อล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุบวกและเรซินประจุลบ และใช้สารเคมีเพื่อปรับ pH ของน้ำทิ้งให้มีประสิทธิภาพเป็นกลางก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

หน่วยบำบัดน้ำเสีย ใช้สารเคมีเพื่อปรับค่า pH ของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสียให้มีค่า pH เป็นกลางก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

วิเคราะห์สาเหตุของการใช้ปริมาณสารเคมีมาก

จากข้อมูลในตารางที่ 3.4 แสดง % ต้นทุนค่าสารเคมีของหน่วยผลิตต่าง ๆ พบว่าหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการจะมีต้นทุนสารเคมีเท่ากับ 3,001,060 บาท ในปี 2540 คิดเป็น 6.03 % ของต้นทุนผันแปรทั้งหมด ซึ่งเมื่อทำการสำรวจและศึกษาการใช้สารเคมีภายในหน่วยผลิตต่าง ๆ สามารถจำแนกถึงสาเหตุของการใช้ปริมาณสารเคมีมากแยกตามหน่วยผลิตย่อยต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ

1.1 เกิดจากปัญหาด้านการทำงานจากระบบปรับ pH ของน้ำเสียในหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ

เนื่องจากในระบบผลิตน้ำบริสุทธิ ต้องใช้สารเคมีเพื่อล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซิน เพื่อให้เรซินกลับมามีประสิทธิภาพในการจับอออนได้ดังเดิม ในขั้นตอนการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินนี้จะมีน้ำเสียปริมาณหนึ่ง ทิ้งลงสู่ระบบปรับ pH ของหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการซึ่งจะต้องใช้สารเคมีกรดต่างในการปรับ pH ของน้ำทิ้งให้มีค่า pH เป็นกลางก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

การใช้สารเคมี กรด ต่าง ในการปรับค่า pH ของน้ำเสียจากระบบผลิตน้ำบริสุทธิจะมีปริมาณการใช้ที่ไม่คงที่ เนื่องจากน้ำเสียจากระบบผลิตน้ำบริสุทธิ จะมีทั้งชนิดที่มีสภาพเป็นกรด และน้ำทิ้งที่มีสภาพเป็นด่าง ซึ่งน้ำเสียแต่ละประเภทมักจะเกิดปริมาณที่ไม่สมดุลย์กันรวมทั้งยังเกิดคนละช่วงเวลา ทำให้น้ำเสียทั้ง 2 ประเภทไหลเข้าระบบบำบัดไม่พร้อมกัน เมื่อน้ำเสียที่เป็นค่าต่างไหลเข้าระบบบำบัดก็จำ

เป็นต้องใช้กรดในการปรับค่า pH ของน้ำเสียให้เป็นกลางและเมื่อใดที่มีน้ำเสียที่เป็นกรดไหลเข้าระบบบำบัดก็จำเป็นต้องใช้ด่างในการปรับค่า pH ของน้ำเสียให้เป็นกลางเช่นกัน ทำให้ต้องใช้สารเคมีในส่วนนี้สูงขึ้นนอกเหนือจากการใช้เพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิน

1.2 ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์เป็นระบบแบบไหลตามกัน

การใช้สารเคมีในการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินมากเกิดจากการที่ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ประกอบด้วยระบบผลิตแบบเก่า และระบบผลิตแบบใหม่ โดยระบบผลิตแบบเก่าจะใช้ปริมาณสารเคมีมากกว่าระบบใหม่เนื่องจาก เป็นระบบการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินแบบไหลตามกัน (CO CURRENT) ขณะที่แบบใหม่เป็นแบบไหลย้อนกลับ(COUNTER CURRENT)

2. หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น

2.1 มีการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบส่งน้ำหล่อเย็นสูง

จากการสำรวจการใช้สารเคมีในระบบน้ำหล่อเย็นพบว่ามีการใช้ที่มากกว่าระบบปกติ เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบส่งน้ำหล่อเย็น ทำให้ต้องเติมน้ำเข้าระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อชดเชยปริมาณน้ำหล่อเย็นที่สูญเสียไป ซึ่งต้องเติมสารเคมีมากขึ้นตามปริมาณน้ำเติมที่เพิ่มขึ้น เพื่อควบคุมให้ค่าความเข้มข้นของสารเคมีในน้ำหล่อเย็นมีค่าอยู่ในช่วงควบคุมคุณภาพน้ำหล่อเย็นอยู่ตลอดเวลา

3. หน่วยบำบัดน้ำเสีย

3.1 ไม่มีระบบควบคุมการปล่อยทิ้งน้ำค่างเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำไหลเข้าระบบบำบัดจากอดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่าค่า pH ของน้ำไหลเข้าระบบจะมีค่าแกว่งมาก โดยเฉพาะเมื่อหน่วยผลิตวิชีเอ็มและหน่วยผลิตพีวีซีมีการทิ้งน้ำค่างลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยทันที จะส่งผลให้คุณภาพน้ำเสียทั้งระบบมีค่า pH ลดลงจนมีสภาพเป็นกลางมากกว่าปกติ เนื่องจากน้ำทิ้งทั้งโรงงานไม่สามารถเจือจางให้น้ำค่างเข้มข้นสูงและมีปริมาณมาก ลดความเข้มข้นลงได้ ทันทีก่อนเข้าระบบน้ำเสีย

4. หน่วยผลิตไอน้ำ

4.1 ไม่มีอุปกรณ์ช่วยลดปริมาณออกซิเจนที่ด่างน้ำป้อน

จากการสำรวจการควบคุมคุณภาพน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ พบว่ามีการใช้สารเคมีประเภทลดการกัดกร่อนเป็นจำนวนมาก ซึ่งสาเหตุที่ใช้มากเนื่องจากที่ระบบน้ำป้อน ไม่มีอุปกรณ์กำจัดก๊าซออกซิเจน ดีแอเรเตอร์(Deaerator)ที่ด่างน้ำป้อน(Feed Water Tank) เนื่องจากดีแอเรเตอร์(Deaerator)เป็นอุปกรณ์ ที่ใช้กำจัดก๊าซต่างๆ ไม่ให้กลับตัว เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ จากน้ำป้อนได้ ซึ่งการกำจัดก๊าซออก จากน้ำป้อนจะทำให้สามารถลดอัตราการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นภายในระบบหม้อไอน้ำได้ และสามารถลด ปริมาณเงินเปลืองสารเคมีลงได้เป็นจำนวนมาก

จากสาเหตุข้างต้นสามารถสรุปและเสนอแนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงได้ดังนี้

หน่วยผลิต	สาเหตุการใช้สารเคมีปริมาณสูง	แนวทางแก้ไข
1. หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	มีปัญหาด้านการทำงานของระบบปรับ PH น้ำเสียให้เป็นกลาง	ปรับปรุงระบบปรับ pH น้ำเสียใหม่ ให้น้ำเสียกรดกับด่างผสมกันก่อน ทำการบำบัด
	การล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซิน เป็นระบบ แบบไหลตามกันซึ่งใช้สารเคมีในการล้างเป็น จำนวนมาก	ปรับปรุงระบบให้เป็นระบบการล้าง พื้นฟูประสิทธิภาพเรซินลงแบบไหล สรวนทาง ตามปริมาณ
2. หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น	มีปริมาณการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบ ส่งน้ำเย็นสูง	ลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบ ท่อส่งโดยแบ่งแยกท่อน้ำหล่อเย็น กับน้ำประปาออกจาก
3. หน่วยผลิตไอน้ำ	ไม่มีอุปกรณ์ช่วยลดปริมาณออกซิเจน ในน้ำ ป้อน	ติดตั้งดีแอเรเตอร์ ที่ระบบน้ำป้อนเข้า หม้อไอน้ำ
4. หน่วยบำบัดน้ำเสีย	ไม่มีระบบควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งน้ำค่างเข้า ระบบบำบัดน้ำเสีย	สร้างระบบควบคุมปล่อยน้ำทิ้ง ค่างเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

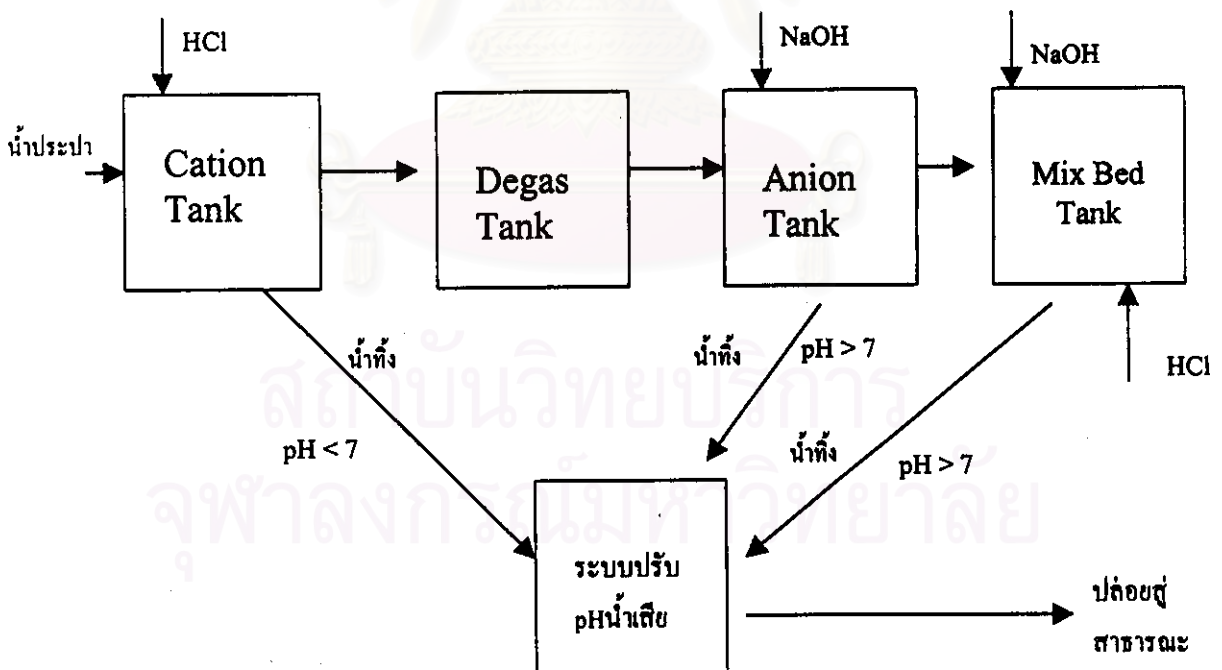
ดังนั้นวิธีการลดปริมาณสารเคมีในระบบผลิตต่าง ๆ สามารถทำได้โดย

4.3.1 การลดปริมาณสารเคมีในระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์

4.3.1.1 การปรับปรุงระบบปรับ pH น้ำเสีย

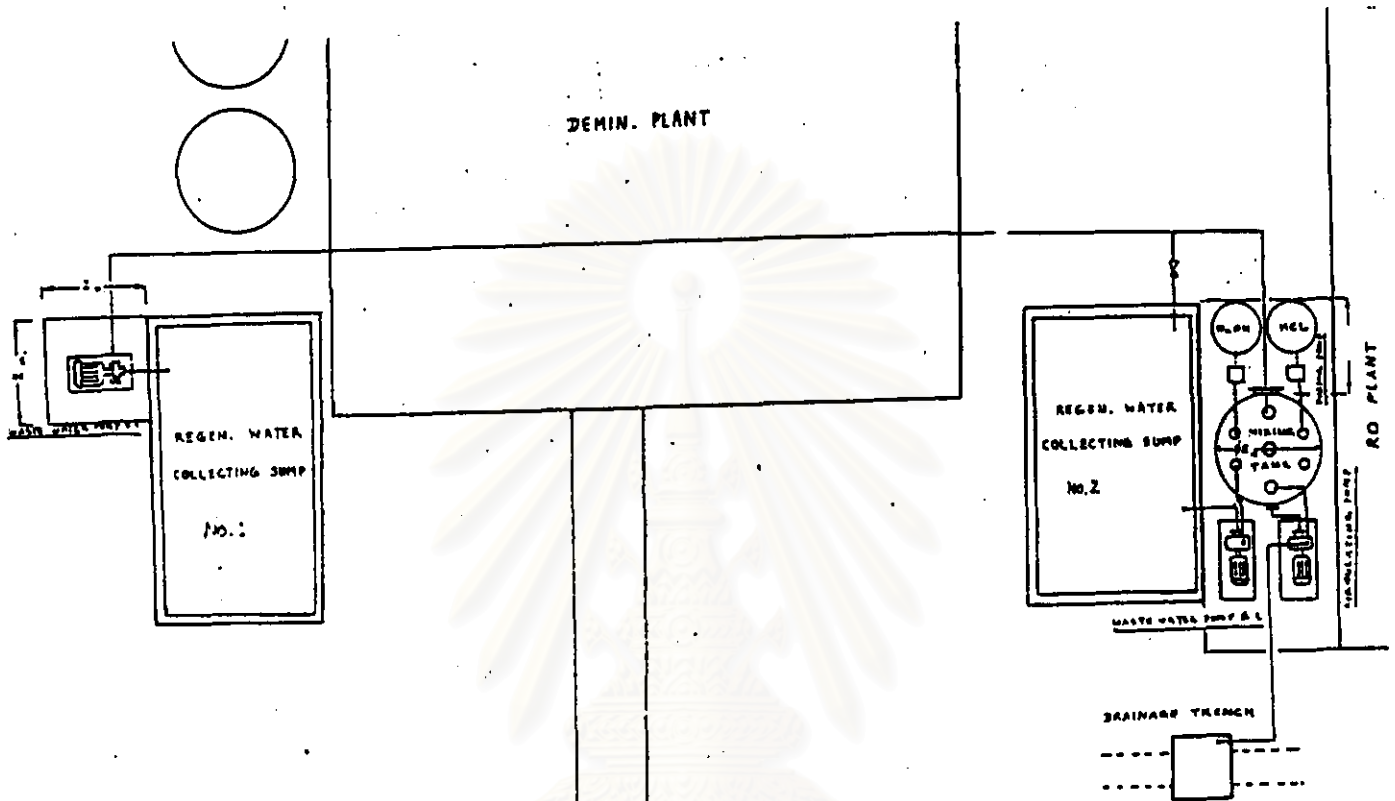
สถานะของปัญหา

เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดจากระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ จะมีน้ำเสียเกิดขึ้น 2 ประเภทคือ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุบวก ซึ่งจะใช้กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ในการล้างพื้นฟู ทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีสภาพความเป็นกรด ($\text{pH} < 7.0$) และน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุลบ ซึ่งจะใช้ด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในการล้างพื้นฟู ทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้น มีสภาพเป็นด่าง ($\text{pH} > 7.0$) ปกติน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีสภาพความเป็นกรดในช่วงแรก หลังจากนั้นจะเปลี่ยนสภาพความเป็นด่าง เนื่องจากขั้นตอนการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซิน จะทำการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุบวกก่อน จากนั้นจึงล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุลบ ดังแสดงในรูปที่ 4. 10



รูปที่ 4.10 แสดงการใช้สารเคมีในการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซิน

ที่มา: ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ของโรงงานตัวอย่าง



รูปที่ 4.11 แสดงระบบปรับ pH น้ำเสียที่หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์ของโรงงานตัวอย่าง

การทำงานของระบบปรับ pH น้ำเสีย

เมื่อระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ทำการล้างที่นฟูประสิทธิภาพเรซิน น้ำเสียทั้งหมดจะไหลลงมาที่บ่อรวบรวมน้ำเสีย (Regen water collecting sump) ทั้ง 2 บ่อ ตามรูปที่ 4.11 ในบ่อรวบรวมน้ำเสียจะมีลูกกลองควบคุมระดับน้ำสูงและต่ำ เมื่อระดับน้ำในบ่อรวบรวมน้ำเสียบ่อหนึ่งใดหรือทั้ง 2 บ่อสูงถึงระดับควบคุมสูงจะส่งสัญญาณให้ปั๊มสูบน้ำจากบ่อรวบรวมน้ำเสียเข้าถังผสม (Mixing Tank) จนระดับในถังผสมมีระดับน้ำ

90 %ของปริมาตรถังผสม(Mixing Tank)หรือระดับน้ำในบ่อรวบรวมน้ำเสียมีระดับต่ำปั๊มสูบน้ำจากบ่อรวบรวมน้ำเสียจะหยุดทำงานทันที

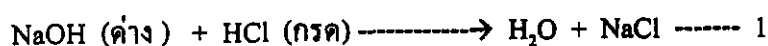
ในถังผสมจะมีชุดควบคุม pH ในถังผสมมีสภาพเป็นกรด ชุดควบคุม pH จะสั่งให้ปั๊ม โซดาไฟ (NaOH pump) ปั๊มโซดาไฟ (NaOH 50 %) เข้าไปในถังผสม แต่ถ้า pH ในถังผสมมีสภาพเป็นด่างชุดควบคุม pH จะสั่งให้ปั๊มกรดเกลือ (HCl pump) ปั๊มกรดเกลือเข้าไปในถังผสมเพื่อปรับสภาพน้ำภายในถังให้เป็นกลาง (pH 6-8) โดยในถังผสมจะมีปั๊มหมุนเวียน (Circulating Pump) ทำหน้าที่สูบน้ำหมุนเวียนเพื่อช่วยในการผสมของสารเคมีเกิดขึ้นอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว เมื่อ pH ในถังผสมมีค่าเป็นกลาง (pH 6-8) จึงเปิดวาล์วระบายน้ำในถังทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะตามรูปที่ 4.11

แนวทางในการลดปริมาณการใช้สารเคมีปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียทำได้โดยวิธีการดังนี้

แบ่งแยกการกักเก็บน้ำเสียทั้ง 2 ประเภท ออกจากกันแล้วค่อนำน้ำเสียแต่ละประเภทมารวมกัน โดย คำนวณอัตราการสูบน้ำแต่ละประเภทเพื่อให้เกิดความสมดุลกันตามค่า ความเป็นกรด -ด่าง ซึ่งจะทำให้ น้ำเสียทั้ง 2 ประเภทแยกออกจากกันแล้วจึงสูบน้ำเสียแต่ละประเภทมารวมกันตามอัตราส่วนที่ต้องการจะสามารถลดการใช้กรด HCl 35 % และด่าง NaOH 50 % ลงได้ดังนี้

การคำนวณอัตราการใช้น้ำที่มีสภาพเป็นกรดค่อน้ำที่มีสภาพเป็นด่างจากปฏิกิริยาการสะเทินของกรดและด่าง

เนื่องจากน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดนั้น เกิดจากการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรดและน้ำเสียที่มีลักษณะสภาพเป็นด่างจะเกิดจากการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างในกระบวนการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุบวก ซึ่งสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรดในกระบวนการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุลบซึ่งสารเคมีที่ใช้คือ โซดาไฟ (NaOH) นอกเหนือจากนี้ยังมีน้ำที่มีสภาพเป็นด่างจากการล้างพื้นฟูประสิทธิภาพเรซินของถังผสมเรซิน 2 ประเภท (Mix Bed Tank) ซึ่งน้ำเสียที่ออกจากถังนี้จะมีสภาพความเป็นด่างเพียงเล็กน้อยและความถี่ในการล้างถังผสมเรซิน 2 ประเภท จะกระทำไม่บ่อยนัก ซึ่งเมื่อนำกรดและด่างข้างต้นมาผสมกัน จะสามารถเขียนเป็นสมการแสดงปฏิกิริยาทางเคมี ได้ดังนี้



ความหมายของสมการแสดงปฏิกิริยาที่ 1 หมายถึง การคั่งคั่นกรดและด่างทำปฏิกิริยากันพอดีในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 (อัตราส่วนโดยโมล) เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะเกิดน้ำ 1 ส่วน และ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 1 ส่วน (อัตราส่วนโดยโมล) โดยค่าความเป็นกรด - ด่าง ของสารทั้ง 2 หลังจากปฏิกิริยา แล้วจะได้เท่ากับ 7.0 (pH = 7.0)



ต้นฉบับไม่มีหน้า
NO PAGE IN ORIGINAL

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง หมายความว่าถึงการปล่อยทิ้งน้ำหล่อเย็นโดยไม่ส่งกลับคืน ระบบซึ่งการปล่อยทิ้งน้ำหล่อเย็นนี้ จะเป็นการปล่อยทิ้งสารเคมีที่เติมเข้าระบบด้วย การสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบสามารถสังเกตได้จากค่าวัฏจักรความเข้มข้น (Cycle of Concentration) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงจำนวนเท่าของความเข้มข้นของสารละลายในน้ำหล่อเย็นหมุนเวียนต่อความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเติม โดยค่านี้ จะมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณน้ำระบายทิ้ง (Bleed Off) และปริมาณน้ำเติม (Make up) ถ้าทำให้ค่าวัฏจักรความเข้มข้นสูงขึ้นการสูญเสียน้ำจากการระบายทิ้ง (Bleed off) จะน้อยลงและปริมาณน้ำเติมเพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไปจากการระบายทิ้ง (Bleed Off) มีมากทำให้ปริมาณน้ำเติม (Make up) มากขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.24 จะแสดงให้เห็นทราบถึงคุณภาพของน้ำหล่อเย็นชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ซึ่งจะพบว่าวัฏจักรความเข้มข้นของระบบชุดลึงเทาวเวอร์ชุดที่ 2 จะมีค่าเพียง 1.9 ขณะที่วัฏจักรของความเข้มข้นของระบบชุดลึงเทาวเวอร์ชุดที่ 3 มีค่า 4.6 แสดงให้เห็นว่าระบบชุดลึงเทาวเวอร์ชุดที่ 2 มีปริมาณการระบายน้ำทิ้ง (Bleed Off) มาก ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในระบบไม่สูงมากขึ้น ซึ่งตามปกติวัฏจักรความเข้มข้นที่ทำให้มีการสูญเสียน้ำในระบบน้อยที่สุดและไม่ก่อให้เกิดปัญหาการสะสมของสารต่าง ๆ ในน้ำหล่อเย็นคือ วัฏจักรความเข้มข้น 5.0

ตารางที่ 4 .24 คุณภาพของน้ำหล่อเย็นในชุดลึงเทาวเวอร์ชุดที่ 2 และชุดที่ 3

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็น ชุดลึงเทาวเวอร์ชุดที่ 2	ค่าเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็น ชุดลึงเทาวเวอร์ชุดที่ 3	ค่าควบคุม	ค่าเฉลี่ยของ น้ำป้อน
Total Hardness	ppm	157.4	372.5	350-500	85
M-Alkalinity	ppm	165.2	286.2	250 -300	83
PH	pH	8.0	8.5	8.0 –8.6	7.3
Conductivity	Us/cm	664.4	1,260.8	1,000 –1,500	232
Silica	ppm	25.6	62.1	0-150	13.4
Iron	ppm	1.5	0.8	6-13	0.15
Cycle of Concentration	cycle	1.9	4.6	3-5	1.0

ที่มา : ข้อมูลคุณภาพน้ำหล่อเย็นของโรงงานตัวอย่างเฉลี่ยตลอดปี 2540

ดังนั้นการลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่งของชุดลึงเทาวเวอร์ชุดที่ 2 จะสามารถทำให้ลดปริมาณสารเคมีและปริมาณน้ำเติมลงได้

สาเหตุของการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง

1. ระบบท่อน้ำใช้ในหน่วยผลิตพีวีซีเรซิน 3 มักจะเป็นระบบท่อน้ำเย็นเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่มระบบท่อน้ำประปาบางบริเวณเท่านั้น ทำให้จำเป็นต้องใช้น้ำหล่อเย็นฉีดล้างพื้น ฉ่างอุปกรณ์ ในบริเวณที่ไม่มีน้ำประปา
2. ไม่มีการปรับปรุงระบบส่งน้ำหล่อเย็นกลับเข้าสู่คลังเททเวอร ทำให้อเมื่อน้ำหล่อเย็นที่ไหลเข้าเครื่องจักรบางตัวจะถูกปล่อยทิ้งในทันที
3. พนักงานขาดความเข้าใจถึงข้อแตกต่างระหว่างน้ำหล่อเย็นกับน้ำประปา ทำให้เกิดการใช้น้ำเย็นผิดจุดประสงค์

แนวทางในการลดปริมาณการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง

การลดปริมาณการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่งของคลังเททเวอรชุดที่ 2 สามารถทำได้ด้วยวิธีการดังนี้

1. ดำรงแหล่งที่มีการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง ตัวอย่าง เช่นการใช้น้ำหล่อเย็นฉีดล้างพื้น การไม่ส่งน้ำหล่อเย็นกลับเข้าระบบ
2. แก้ไขแหล่งที่มีการสูญเสียน้ำหล่อเย็น โดยการเดินระบบท่อน้ำประปาจ่ายแทนน้ำหล่อเย็น สำหรับแหล่งที่มีการใช้น้ำหล่อเย็นผิดจุดประสงค์ และต่อท่อส่งกลับน้ำหล่อเย็นสำหรับแหล่งที่ใช้น้ำหล่อเย็นและไม่ส่งกลับ
3. อบรมให้พนักงานในหน่วยผลิตพีวีซีทราบถึงข้อแตกต่างระหว่างน้ำหล่อเย็นกับน้ำประปาโดยเน้นให้ทราบถึงราคาของน้ำหล่อเย็นจะมีราคาสูงกว่าราคาน้ำประปา

ผลการลดปริมาณการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง

สามารถลดปริมาณน้ำประปาและปริมาณสารเคมีต่อลบ.ม น้ำหล่อเย็นของคลังเททเวอรชุดที่ 2 ลงให้มีค่าใกล้เคียงกับคลังเททเวอรชุดที่ 3 ได้



ตารางที่ 4.25 เปรียบเทียบผลที่คาดไว้ของการลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นที่ระบบถูกล้างเทาวอร์ซุคที่2

	ก่อนปรับปรุง ปริมาณต่อหน่วย	หลังปรับปรุง* ปริมาณต่อหน่วย	เปลี่ยนแปลง ปริมาณต่อหน่วย
ปริมาณน้ำหล่อเย็น (ลูกบาศก์เมตร)	1.0	1.0	0.0
น้ำประปา (ลบ.ม.)	0.0138	0.0071	ลดลง 0.0067
ปริมาณสารเคมี (กก)	0.0013	0.0011	ลดลง 0.0002

*หลังปรับปรุงตั้งเป้าหมายให้ปริมาณการใช้น้ำประปาและปริมาณสารเคมีต่อน้ำถูกล้างเทาวอร์ซุคเท่ากับระบบถูกล้างเทาวอร์ซุคที่3

จากตารางที่4.25 จะทำให้ใช้ประปาที่ถูกล้างเทาวอร์ซุคที่ 2 ลดลง

$$= 0.00067 \text{ m}^3 \text{ ประปา/m}^3 \text{ น้ำหล่อเย็น} \times 5,641,720 \text{ M}^3/\text{ปี}$$

$$= 37,800 \text{ m}^3/\text{ปี}$$

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ = 37,800 m³/ปี x 9.56 บาท/m³

$$= 361,368 \text{ บาท/ปี}$$

จะทำให้ใช้สารเคมีลดลง = 0.0002 กก/m³น้ำหล่อเย็น x 5,641,720 m³/ปี

$$= 1,128 \text{ กก.}$$

ราคาต่อหน่วยของสารเคมีทั้งหมด = 29.95 บาท/กก.

ที่มา: หากจากราคาของสารเคมีทั้งหมดปี 2540 หาดด้วยผลรวมน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ทั้งหมดปี 2540 ตารางที่3.2

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ = 1,128 กก. x 29.95 บาท/กก.

$$= 33,784 \text{ บาท/ปี}$$

ผลการลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่งสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

จะทำให้ใช้สารเคมีลดลง = 361,368 + 33,784

$$= 395,152 \text{ บาท}$$

การลงทุน

ประเมินจากการเปลี่ยนระบบท่อน้ำหล่อเย็นเป็นระบบท่อน้ำประปาในหน่วยผลิตพีวีซีเรซิน 3 ทั้งหมดเท่ากับ 100,000 บาท (ประเมิน โดยบริษัท โทเทิลแพลนท์เซอร์วิสเซ จำกัด)

คำนวณระยะเวลาคืนทุน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 100,000 \text{ บาท}$$

$$395,152 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 0.25 \text{ ปี}$$

ตารางที่ 4.26 สรุปผลการลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่งน้ำหล่อเย็น

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าสารเคมีที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาดำเนินการ (ปี)
ลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็น	100,000	395,152	0.25

4.3.2 การลดปริมาณสารเคมีในระบบบำบัดน้ำเสีย

สภาวะปัญหา

จากการศึกษาถึงคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต ที่มีผลต่อการใช้ปริมาณกรดซัลฟูริก 50% ในระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นผลมาจากการปล่อยทิ้งน้ำค่างจากขบวนการกลั่นวิซีเอ็มให้บริสุทธิ์ก่อนส่งเข้าผลิตเป็นวัตถุดิบของขบวนการผลิตพีวีซี น้ำทิ้งที่มีสภาพเป็นค่างเข้มข้นมากขึ้นจะถูกปล่อยทิ้ง 1 ครั้ง/วัน ครั้งละประมาณ 100 ลิตร/ครั้ง ในช่วงเช้า 9.00 น ถึง 10.00 น. การปล่อยทิ้งน้ำเสียประเภทนี้จะถูกดำเนินการโดยหน่วยผลิตพีวีซีที่มีหน้าที่ดูแลขบวนการกลั่นวิซีเอ็ม

การปล่อยน้ำค่างเข้มข้นที่มีค่า $\text{pH} > 14$ จากขบวนการกลั่นวิซีเอ็มนี้ แม้ว่าจะมีปริมาณน้อยเพียง 100 ลิตรต่อวันแต่เป็นน้ำค่างที่เข้มข้นมาก ซึ่งเมื่อน้ำทิ้งส่วนนี้ไหลเข้าผสมกับน้ำทิ้งของโรงงานทั้งหมด จะทำให้ค่า pH ของน้ำเสียก่อนไหลเข้าระบบบำบัดมีค่า pH สูงขึ้นมาก ($\text{pH} > 11$) หลังจากนั้น pH ของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบจะมีค่าค่อย ๆ ลดลงจนมีค่า pH ประมาณ 9.4 ในช่วงเย็น จากการทดลองจับเวลาที่ทำให้คุณภาพน้ำในบ่อปรับสภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมีค่า $\text{pH} > 11$ หลังจากเริ่มปล่อยน้ำค่างทิ้งจากขบวนการกลั่นวิซีเอ็ม พบว่าใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงจึงจะส่งผลให้ค่า pH ในบ่อปรับสภาพมีค่า $\text{pH} > 11$ ซึ่งทำให้การใช้ปริมาณกรดซัลฟูริก 50% เป็นจำนวนมากเพื่อปรับค่า pH ให้มีค่าอยู่ในช่วง (6.5 - 9.0) ที่บ่อสะเทิน

จากการหาข้อมูลการใช้กรดซัลฟูริก 50% แบ่งตามช่วงเวลาต่าง ๆ ตามข้อมูลในตารางที่ 4.27 แสดงให้เห็นถึงการใช้ปริมาณการใช้ในอัตราที่สูงมากถึง 174 ลิตรต่อ 3 ชั่วโมง หรือ 58 ลิตรต่อชั่วโมง ในขณะที่ช่วงเวลาอื่นๆ จะมีอัตราการใช้ต่ำลงมากเมื่อพิจารณาถึงสาเหตุที่อัตราการใช้กรดซัลฟูริก 50% สูงมากในช่วง 11.00 - 14.00 น. เป็นผลมาจากน้ำเสียที่ pH สูงมากจากน้ำทิ้งของขบวนการ กลั่นวิซีเอ็มเริ่มไหลเข้าบ่อสะเทิน และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3-4 ชั่วโมง อัตราการใช้กรดเริ่มลดลงเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำค่างเริ่มเจือจางลงจากน้ำทิ้งของโรงงานที่ไหลเข้าระบบบำบัดตลอดเวลา

ตารางที่ 4.27 แสดงข้อมูลการใช้กรดเจลียใน 1 วัน ตั้งแต่ 1/10/2540 – 10/10 /2540

เวลา	ปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50 %เจลีย (ลิตร)	pHปรับสภาพเจลีย
8.00 – 11.00	25	9.2
11.00 – 14.00	174	11.8
14.00 – 17.00	89	10.6
17.00 – 8.00	103	9.4
รวม	391	9.8

ที่มา: ใบบันทึกการตรวจจัดการใช้กรดซัลฟูริก 50% ช่วงเวลาต่างๆที่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง

แนวทางการลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50% ในระบบบำบัดน้ำเสีย

แนวทางในการลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50% จะสามารถกระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงวิธีการปล่อยน้ำค้างเข้มข้นจากขบวนการกักน้ำชีวมลระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบค่อย ๆ ปล่อยให้ น้ำค้างเข้มข้นค่อย ๆ ผสมที่ละน้อยตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้ความเข้มข้นของน้ำค้างที่ทิ้งถูกเจือจางให้มากที่สุด โดยใช้วิธีการทดลองหาอัตราการปล่อยทิ้งที่เหมาะสม จะทำให้สามารถลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50 % ในการปรับค่า pH ช่วงที่น้ำเสียมีค่า pH สูงลงได้

ผลจากการปรับปรุงวิธีการควบคุมการปล่อยทิ้งน้ำค้างเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย คาดว่าจะสามารถลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50% ลงได้ โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

4.4 พิจารณาการลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน

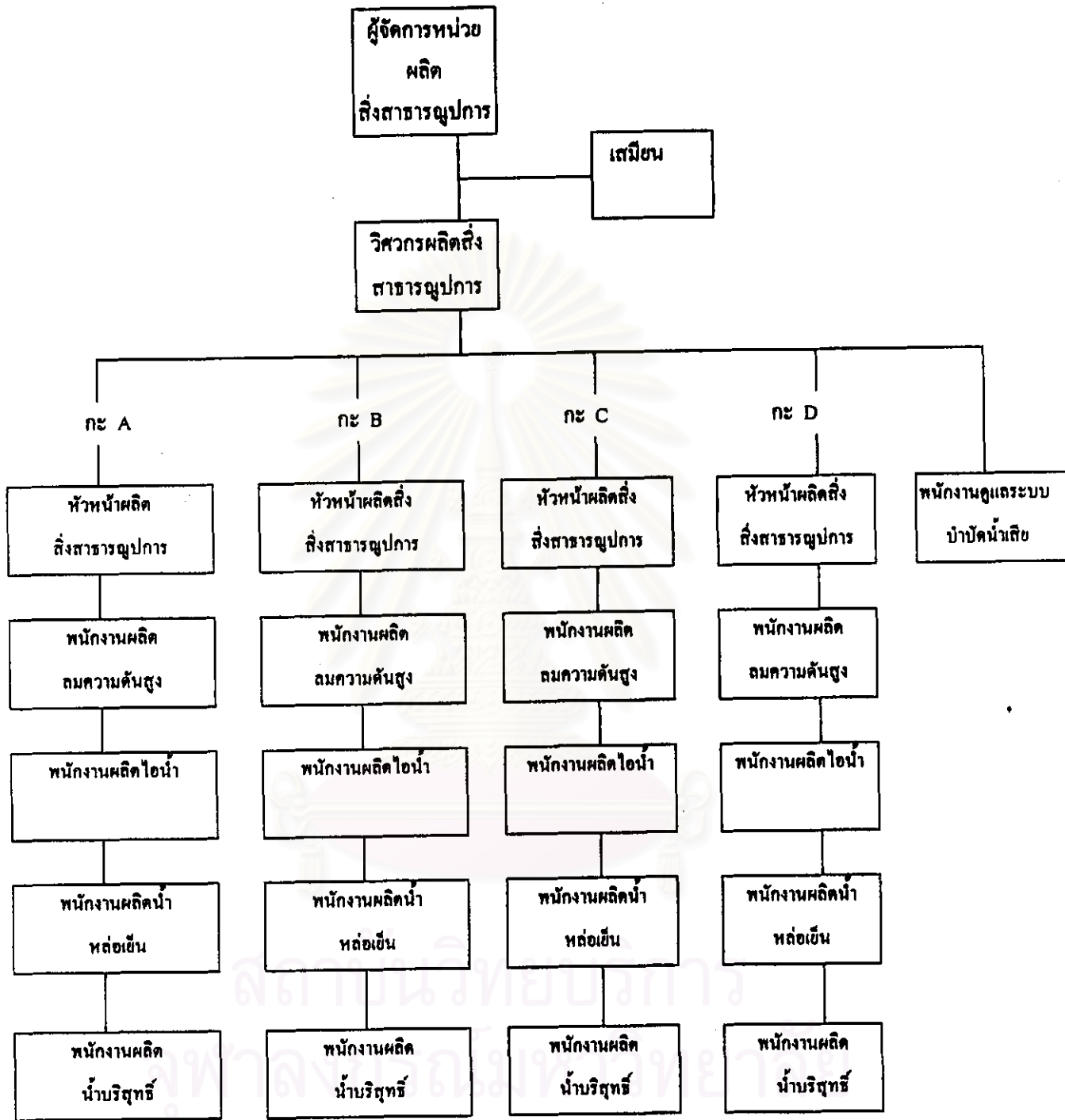
ลักษณะการทำงานภายในหน่วยงานผลิตสาธารณูปการของโรงงานตัวอย่าง มีลักษณะการทำงานแบบกะเป็นส่วนใหญ่ การทำงานใน 1 วัน จะแบ่งกะทำงานเป็น 4 กะ โดยมีกะทำงาน 3 กะและกะไม่ทำงาน 1 กะ การหมุนเวียนกะทำงานเป็น กะเช้า กะบ่ายกะดึกและกะไม่ทำงานซึ่งจะหมุนเวียนทุก ๆ 2 วัน เนื่องจากหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการมีเวลาทำงานตลอด 24 ชั่วโมง จึงมีการแบ่งเวลาทำงานเป็นกะต่าง ๆ ดังนี้

กะเช้า เวลาทำงาน 06:00 – 14:00 น.

กะบ่าย เวลาทำงาน 14:00 – 22:00 น.

กะดึก เวลาทำงาน 22:00 – 06:00 น.

การควบคุมการผลิตสิ่งสาธารณูปการต่าง ๆ จะควบคุมด้วยพนักงานกะโดยมีผู้จัดการและวิศวกรเป็นผู้วางแผนในการผลิต จำนวนแรงงานทั้งหมดภายในหน่วยงานมีทั้งสิ้น 24 คน ตามรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.12 แสดงผังการจัดองค์กรของหน่วยผลิตถึงสารอุปกรณ์ (โรงงานตัวอย่าง)

สถานะการทำงานในปัจจุบัน

จากการวิเคราะห์สภาพการทำงานในเบื้องต้น พบว่าการทำงานภายในหน่วยงานผลิตถึงสาธารณูปการจะแบ่งแยกความรับผิดชอบควบคุมแต่ละระบบการผลิตอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น พนักงานควบคุมการผลิตลมความดันสูงจะมีหน้าที่ควบคุมดูแลระบบผลิตลมความดันสูงเพียงระบบเดียว โดยมีหัวหน้างานทำหน้าที่ควบคุมดูแลการทำงานของพนักงานและชี้แนะพนักงาน ให้สามารถควบคุมการทำงานตามวิธีที่กำหนดไว้ในคู่มือการควบคุมการผลิตถึงสาธารณูปการต่าง ๆ และปฏิบัติหน้าที่พิเศษอื่น ๆ ตามที่ผู้บังคับบัญชามอบหมาย

ภาระงานของพนักงานในสถานะการผลิตปกติ จะมีหน้าที่ดูแลระบบให้ผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการของหน่วยผลิตพีวีซีตลอดเวลา โดยจะตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบตามเวลาที่ระบุไว้ในบันทึกการผลิต ในกรณีที่ระบบผลิตมีปัญหาจะรายงานปัญหาที่เกิดขึ้นให้หัวหน้างานทราบและทำการแก้ไขให้ระบบผลิตได้ตามปกติ ซึ่งพบว่าพนักงานในระบบอื่นๆ จะไม่สามารถร่วมแก้ไขปัญหาหรือดูแลระบบการผลิตที่นอกเหนือจากระบบผลิตที่ตนรับผิดชอบได้ เนื่องจากไม่มีความรู้ความเข้าใจเพียงพอ

จากการวิเคราะห์การทำงานในเบื้องต้น พบว่าควรจะมีการปรับปรุงการทำงานดังนี้

1. ควรมีการอบรมและฝึกสอนให้พนักงานทุกคนในหน่วยงานสามารถควบคุมดูแลได้ทุกระบบผลิตถึงสาธารณูปการเพื่อให้พนักงานสามารถช่วยควบคุมดูแลระบบแทนกันได้
2. ควรทำการจัดสรรจำนวนพนักงานควบคุมภายในหน่วยผลิตถึงสาธารณูปการใหม่ เนื่องจากพบว่าพนักงานมีเวลาว่างจากการทำงานอยู่มาก โดยการลดจำนวนพนักงานลงให้เหมาะสมกับสภาพการทำงาน

แนวทางในการลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน

การลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานสามารถทำได้โดยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของพนักงานให้สูงขึ้น เพื่อลดจำนวนพนักงานลงให้เหมาะสมกับภาระงานปัจจุบัน วิธีในการดำเนินการจะใช้วิธีการศึกษาการทำงาน (WORK STUDY) ในสถานะปัจจุบัน จากนั้นปรับปรุงการทำงานของพนักงานให้สามารถปฏิบัติหน้าที่อย่างเต็มกำลังความสามารถซึ่งจะทำให้สามารถลดและประหยัดค่าแรงงานลงได้

การศึกษาการทำงานของพนักงานผลิตถึงสาธารณูปการ

การศึกษาการทำงานของพนักงานผลิตถึงสาธารณูปการ โดยใช้วิธีการสุ่มงาน (Work Sampling Method) หาประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละตำแหน่งงาน ในช่วงเวลา 8:00 น. ถึง 16:00 น. ในช่วงเดือน ธันวาคม 2540 ด้วยระดับความเชื่อมั่น 95 % และระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5 % ตามรายละเอียดที่แสดงใน ภาคผนวก ง. สามารถสรุปข้อมูลการสุ่มงานได้ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 สรุปข้อมูลการสุ่มงานก่อนปรับปรุง

จำนวนการบันทึก 120 ครั้ง				วันที่ 02/12/40 – 24/12/40			
ตำแหน่ง	หัวหน้างาน	พนักงานผลิตลมความดันสูง	พนักงานผลิตไอน้ำ	พนักงานผลิตน้ำหล่อเย็น	พนักงานผลิตน้ำบริสุทธิ์	พนักงานดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย	เฉลี่ย
กิจกรรม							
เวลาทำงาน (ชม.)	1,086	799	1,042	950	921	653	908.5
เวลาไม่ทำงาน (ชม.)	613	900	657	749	778	1,046	790.5
% ประสิทธิภาพ	63.9	47.0	61.3	55.9	54.2	38.4	53.5
						% เวลาว่าง	46.5

ที่มา : จากภาคผนวก ง. ตารางที่ ง.2

จากผลการสุ่มงานเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานควบคุมการผลิตถึงสาธารณูปการ พบว่า มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 53.5 % และมีเวลาว่างคิดเป็น 46.5 % โดยประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งปฏิบัติแบบเวลาดำเนินการ (7.30 – 16.30 น.) มีประสิทธิภาพการทำงานต่ำที่สุด 38.4% รองมาคือประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานผลิตลมความดันสูง 47.0%

เมื่อพิจารณาถึงแนวทางในการปรับลดจำนวนแรงงานของพนักงานลง พบว่ามีความเป็นไปได้ในการลดตำแหน่งพนักงานดูแลระบบบำบัดน้ำเสียลง โดยให้หัวหน้างานดูแลระบบแทน และมีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงระบบควบคุมโดยใช้พนักงาน 1 คน สามารถดูแลควบคุมระบบผลิต 2 ระบบ โดยรวมหน้าที่การควบคุมระบบผลิตไอน้ำและระบบผลิตลมความดันสูงโดยใช้พนักงาน 1 คน และรวมหน้าที่การควบคุมระบบผลิตน้ำหล่อเย็นและระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ โดยใช้พนักงาน 1 คนตามตารางที่ 4.28 ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นสูงกว่า 100% แต่ถ้าติดตั้งอุปกรณ์ช่วยควบคุมต่างๆและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการทำงานจะทำให้สามารถลดภาระงานให้ต่ำกว่า 100% ได้ โดยมีแนวทางในการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงการทำงานดังนี้

ตารางที่ 4.28 แสดงประสิทธิภาพที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหลังปรับปรุง

ตำแหน่งงาน	หัวหน้างาน และดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย	พนักงานผลิตลมความดันสูงและไอน้ำ	พนักงานผลิตน้ำบริสุทธิ์และน้ำหล่อเย็น
%ประสิทธิภาพ	102.3	108.3	110.1

แนวทางในการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงการทำงาน

- 1.อบรมฝึกสอนให้พนักงานทุกคนในหน่วยผลิตตั้งสาธารณูปการให้สามารถควบคุมดูแลได้ทุกระบบผลิต
- 2.เปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานให้เป็นการดูแลควบคุมระบบผลิตแบบร่วมกันดูแลและช่วยเหลือกัน
- 3.จัดหาอุปกรณ์และติดตั้งอุปกรณ์ช่วยควบคุมทดแทนจำนวนพนักงานที่ลดลง
- 4.ปรับลดการจذبคนที่การทำงานจากระบบผลิตต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับระบบการทำงานมากยิ่งขึ้น
- 5.ปรับลดจำนวนพนักงานดูแลควบคุมระบบผลิตจากกะ ละ 5 คน เหลือ กะ ละ 3 คน
- 6.ลดตำแหน่งพนักงานควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย โดยให้หัวหน้างานดูแลระบบแทน

ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานโดยจัดสรรจำนวนพนักงานใหม่ และเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงานด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- 1.ทำการอบรมฝึกสอนให้พนักงานทุกคนในหน่วยงานสามารถควบคุมดูแลระบบผลิตตั้งสาธารณูปการได้ทุกระบบผลิต โดยมีขั้นตอนการอบรมฝึกสอนดังนี้
 - 1.1 ฝึกสอนอบรมด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติเป็นระยะเวลา 1 เดือน และสลับเปลี่ยนการควบคุมระบบผลิตเป็นระยะเวลา 2 เดือน รวมระยะเวลาในการอบรมและปฏิบัติงานจริง 3 เดือน
 - 1.2 ทุก ๆ 3 เดือน ให้ทำการหมุนเวียนการรับผิดชอบควบคุมระบบผลิตจนกระทั่งพนักงานทุกคนสามารถดูแลระบบผลิตแทนกันได้หมดทุกระบบผลิตตั้งสาธารณูปการ
 - 1.3 ระยะเวลาในการหมุนเวียนเรียนรู้งานทุกระบบผลิตใช้ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 9 เดือน
- 2.เปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานจากต่างคนต่างรับผิดชอบเฉพาะระบบผลิตของตน ปรับการทำงานเป็นพนักงานทุกคนต้องร่วมกันรับผิดชอบดูแลและช่วยเหลืองานควบคุม เพื่อให้การฝึกเรียนรู้งานสัมฤทธิ์ผลได้รวดเร็วขึ้น โดยมีหัวหน้างานร่วมรับผิดชอบดูแลงานของทุกระบบ
- 3.จัดหาอุปกรณ์ช่วยควบคุมดูแลการทำงานของเครื่องจักรเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความสะดวกในการดูแลระบบผลิต ซึ่งจะทำให้ระบบการผลิตสามารถผลิตได้ตามปกติในช่วงที่ลดกำลังแรงงานผู้ควบคุมลง ดังต่อไปนี้

- 3.1 เปลี่ยนแปลงห้องหัวหน้างานเป็นห้องศูนย์กลางควบคุมการผลิต เพื่อให้พนักงานทุกคนอยู่ร่วมกันภายในศูนย์กลางควบคุมการผลิต ทดแทนการอยู่ประจำเฉพาะระบบผลิตของตนเอง
 - 3.2 ติดตั้งแผงแสดงสถานะการทำงานของระบบผลิตต่าง ๆ และสัญญาณเตือนเมื่อระบบผลิตมีถึงผิดปกติเกิดขึ้นโดยติดตั้งภายในศูนย์กลางควบคุมการผลิต
 - 3.3 จัดหาวิทยุติดตามตัวให้พนักงานภายในกะใช้ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการแก้ปัญหาการผลิต
- 4.ปรับลดการจذبบันทึกการทำงานของระบบผลิตต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับจำนวนพนักงาน หลังจากลดจำนวนพนักงานลงโดยที่ยังคงควบคุมระบบให้ผลิตได้ตามปกติได้ ตัวอย่างเช่น ลดหัวข้อมการบันทึกที่ไม่จำเป็นและไม่ได้ใช้ประโยชน์ลง ลดความถี่ในการจذبบันทึกการทำงานของระบบลงจากการจذبบันทึกทุก ๆ 1 ชั่วโมง เป็นการจذبบันทึกทุก ๆ 3 ชั่วโมง ลดไบบันทึกการทำงานที่ซ้ำซ้อนลง
- 5.ปรับลดจำนวนพนักงานลงหลังจากฝึกสอนพนักงานให้สามารถดูแลและควบคุมระบบผลิตได้ทุกระบบผลิตโดยการโอนย้ายพนักงานให้หน่วยงานอื่นทดแทนการรับพนักงานใหม่เข้ามาทำงาน และเปิดโอกาสให้พนักงานเข้ารับข้อเสนอการเกษียณงานก่อนครบอายุตามนโยบายของบริษัท โดยมีเป้าหมายลดพนักงานภายในกะจากจำนวน 5 คนต่อกะเหลือ 3 คนต่อ กะ (หัวหน้างาน 1 คน พนักงานควบคุมระบบผลิต 2 คน)
- 6.ลดตำแหน่งพนักงานดูแลระบบบำบัดน้ำเสียลง โดยให้หัวหน้างานดูแลระบบแทน โดยโอนย้ายไปยังหน่วยงานอื่น

ผลที่ได้รับเมื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน มีดังนี้

1. ทำให้สามารถทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น
2. สามารถลดจำนวนพนักงานลงได้ทั้งหมด 9 คน

คิดเป็นค่าแรงงานที่ประหยัดได้	=	9 คน x 15,864 บาท/เดือน
	=	142,776 บาท / เดือน
	=	1,713,312 บาท / ปี

หมายเหตุ ค่าแรงงานของพนักงานทั้งหมดเฉลี่ยต่อคน = 15,864 บาท / เดือน

ที่มา: ข้อมูลจากฝ่ายบัญชี 2540

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

1. ค่าติดตั้งและจัดหาอุปกรณ์เพื่อช่วยควบคุมดูแลการทำงานของเครื่องจักร มีรายการดังนี้
 - 1.1 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแผงแสดงสถานะการทำงานของระบบผลิตในห้องศูนย์กลางควบคุมการผลิตมีค่าใช้จ่ายประมาณ 410,000 บาท
 - 1.2 ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อวิทยุติดตามตัว 3 เครื่อง เป็นเงินเท่ากับ 18,000 บาท

รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 416,000 บาท

2. ค่าใช้จ่ายในการส่งบุคลากรเข้าอบรมเพื่อรับใบอนุญาตเป็นพนักงานควบคุมหม้อไอน้ำประมาณ 6 คน ค่าใช้จ่ายต่อคนเท่ากับ 6,000 / คน รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 36,000 บาท

$$\begin{aligned} \text{รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมด} &= 410,000 + 18,000 + 36,000 \text{ บาท} \\ &= 464,000 \text{ บาท} \end{aligned}$$

คำนวณหาระยะเวลาดำเนินการ

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาดำเนินงาน} &= 464,000 \text{ (บาท) / } 1,713,312 \text{ (บาท/ปี)} \\ &= 0.26 \text{ ปี} \end{aligned}$$

สรุปผลการประหยัดค่าแรงงานลงได้ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 สรุปผลการประหยัดค่าแรงงาน

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าแรงงานที่ประหยัดได้ (บาท / ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (บาท/ปี)
เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน	464,000	1,713,312	0.26

(ค่าติดตั้งและค่าจัดหาอุปกรณ์มีที่มาจากบริษัท โทเทิลแอนด์เซอร์วิส จำกัด)

4.4 พิจารณาการลดต้นทุนค่าซ่อมบำรุง

สถานะของปัญหา

จากการสำรวจและการศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร พบว่า สาเหตุที่ทำให้ต้นทุนส่วนนี้สูง เนื่องจากจำนวนงานซ่อมภายในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการมีจำนวนมาก นอกเหนือจากจำนวนงานที่ต้องทำตามแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) ที่ทำโดยแผนกซ่อมบำรุงของโรงงาน ซึ่งจากการสำรวจหาสาเหตุที่จำนวนงานซ่อมภายในหน่วยงานสูง สามารถแยกเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. มีเครื่องจักรและอุปกรณ์หลายเครื่องที่ไม่เข้าระบบการบำรุงเชิงป้องกัน ทำให้เครื่องจักรเหล่านี้เสียบ่อย
2. ไม่มีแผนการสลับการเดินเครื่องจักร สำหรับเครื่องจักรที่มีเครื่องจักรสำรอง ทำให้เมื่อจำเป็นต้อง ใช้เครื่องสำรอง มักจะพบว่า เครื่องจักรสำรองไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากมีสภาพไม่พร้อมในการเดินส่งผลให้ต้องดำเนินการเร่งซ่อมด่วน ทำให้มีค่าซ่อมล่วงเวลาสูง
3. ตรวจพบว่า มีงานซ่อมจำนวนมากที่หน่วยผลิตสามารถดำเนินการเองได้ แทนที่จะออกเป็นใบสั่งซ่อมให้แผนกซ่อมบำรุง
4. ไม่มีการบันทึกประวัติการซ่อมของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ทำให้ต้องเสียเวลาในการซ่อมมากขึ้น
5. พบว่าเครื่องจักรบางเครื่องเก่ามากทำให้จำนวนครั้งในการซ่อมมากครั้ง

แนวทางในการลดต้นทุนค่าซ่อมบำรุงสามารถกระทำได้ดังนี้

1. นำเครื่องจักรและอุปกรณ์ทุกเครื่องเข้าระบบการบำรุงเชิงป้องกัน
2. จัดทำแผนสลับการเดินเครื่องจักรสำหรับเครื่องจักรที่มีเครื่องจักรสำรอง เพื่อให้มีอายุการใช้งานใกล้เคียงกัน และเพื่อให้เครื่องจักรสำรองมีสภาพพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา
3. ลดจำนวนการออกใบสั่งซ่อมลง โดยการทำการซ่อมบำรุงภายในหน่วยงานเองสำหรับงานซ่อมที่สามารถกระทำเองได้
4. จัดทำใบบันทึกประวัติงานซ่อมเครื่องจักรต่าง ๆ ภายในหน่วยงาน
5. ศึกษาการลงทุนเครื่องจักรใหม่ทดแทนเครื่องจักรเก่าที่มีค่าซ่อมบำรุงสูงมาก ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.30 สรุปแนวทางการดำเนินการทั้งหมด

แนวทางการดำเนินการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)
การลดค่าน้ำมันเตา		
1.การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ โดยปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้	30,000	624,525
2.การควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่หม้อไอน้ำโดยติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการระบายน้ำทิ้งอัตโนมัติ	140,000	147,324
3.การนำคอนเดนเสดส่งกลับเพิ่มให้มากที่สุด	44,000	471,999
4.การปรับลดความดันในการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน	ไม่มี	48,408
5.การจัดทำแผนทำความสะอาดท่อไฟ และ ตรวจสอบหัวฉีด	ไม่มี	ไม่มี
การลดค่าไฟฟ้า		
1.การซ่อมจุดรั่วของอากาศอัด	50,000	688,611
2.การลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำและพัดลมที่ระบบผลิตน้ำหล่อเย็น	100,000	248,640
3.การลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสีย	33,000	102,300
การลดค่าสารเคมี		
1.การลดการใช้สารเคมีที่ระบบปรับpHโดยแยกน้ำเสียจากระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์เป็น2ประเภท คือกรด - ด่าง	50,000	112,418
2.การลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็น โดยแก้ไขการใช้ น้ำหล่อเย็นผิดประสงค์	100,000	395,152
3.การปรับเปลี่ยนวิธีการปล่อยน้ำค้างเข้มข้น โดยใช้วิธีการเจือจางให้มากที่สุด	ไม่มี	ต้องทดลอง
การลดเงินเดือนค่าจ้าง		
1.การลดจำนวนพนักงาน โดยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน	452,000	1,713,312
การลดค่าซ่อมบำรุง		
1.การปรับปรุงระบบPM.	ไม่มี	ต้องทดลอง