บทที่3

การศึกษาต้นทุนในการดำเนินการผลิตของหน่วยผลิตสาธารณูปการ

ต้นทุนการผลิตสาธารณูปการในโรงงานตัวอย่างเกิดจากการผลิตสิ่งสาธารณูปการของ 5 หน่วยงานย่อย ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยต้นทุนการผลิตของหน่วยงานย่อยต่างๆแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.ต้นทุนคงที่ เป็นค่าใช้จ่ายในการควบคุมการผลิต ค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะไม่แปรผันตามปริมาณการผลิต หรือ จำนวนหน่วยที่ใช้บริการ ตัวอย่าง เช่น ต้นทุนเครื่องจักรและตัวอาคารโรงงาน ค่าจ้างเงินเดือน จะเป็นต้นทุนคงที่ ซึ่งจะไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าโรงงานจะไม่ได้ผลิตอะไร หรือผลิตมากขึ้นภายใต้สมรรถภาพที่มีอยู่

2.ต้นทุนแปรผัน เป็นค่าใช้จ่ายที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิต โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามจำนวนหน่วยผลิตที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น ค่าวัสดุ จำนวนวัสดุจะใช้มากขึ้น ค่าวัสดุก็จะสูงขึ้นด้วย

1.ต้นทุนคงที่ ประกอบไปด้วย

1.1ค่าใช้จ่ายในการควบคุมระบบการผลิตของหน่วยผลิตต่างๆ จะเกิดจากการใช้ แรงงานต่างๆในการควบคุมดูแลระบบการผลิตและการตรวจสอบความผิดปกติของระบบผลิต โดยค่าใช้จ่ายในการควบคุมจะแบ่งแยกให้หน่วยผลิตต่างๆ ตามเงินเดือนของพนักงานที่ควบคุมดูแลหน่วยผลิตนั้นๆ

1.2ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร เนื่องจากระบบผลิตสิ่งสาธารณูปากรในโรงงานตัวอย่างมีทั้งเครื่องจักรเก่าและใหม่ปะปนกัน ซึ่งเกิดจากการปรับปรุงและพัฒนาระบบผลิตอยู่เสมอเพื่อให้เกิดการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนในการผลิตของแต่ละหน่วยผลิตย่อย ดังนั้นจึงมีการซื้อเครื่องจักรใหม่ทดแทนเครื่องจักรเก่า มีการสร้างอุปกรณ์ ต่างๆ ขึ้นมาใช้ในการผลิตสิ่งสาธารณูปการ ดังนั้นในหน่วยผลิตย่อยต่างๆจึงยังคงมีค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรรวมอยู่ในต้นทุนการผลิตสิ่งสาธารณูปการด้วย

1.3ค่าซ่อมบำรุง เนื่องจากหน่วยงานผลิตสิ่งสาธารณูปการเป็นหน่วยงานสนับสนุนการผลิต ถ้าหน่วยงานผลิตสิ่งสาธารณูปการไม่สามารถส่งจ่ายผลผลิต ให้กลับหน่วยงานผลิตพีวีซีได้ จะส่งผลให้หน่วยงานผลิตพีวีซีหยุดการผลิตตามไปด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องทำการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร และดูแลเครื่องจักรต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานอยู่เสมอ นอกจากค่าซ่อมและดูแลเครื่องจักรแล้ว หน่วยงานผลิตมีค่าใช้

จ่ายที่เกิดจากการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ได้มาตรฐานตลอดเวลา หรือปรับปรุงให้กระบวนการผลิตของแต่ละหน่วยงานมีคุณภาพสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด เพื่อลดการสูญเสียต่างๆที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงานให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุด

2.ต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย

2.1 ค่าวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตสิ่งสาธารณูปการ ซึ่งได้แก่

2.1.1 ค่าสารเคมีปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบหอหล่อเย็น

ในระบบการผลิตน้ำหล่อเย็น (Cooling System) จะมีการเติมสารเคมีเพื่อช่วยป้องกันการกัดกร่อนและการเกิดตะกรันในส่วนที่น้ำหล่อเย็นไหลผ่าน โดยสารเคมีที่ใช้จะก่อให้เกิดการสร้างฟิล์มบางๆ บริเวณผิวโลหะของอุปกรณ์ เพื่อป้องกันออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำสัมผัสกับผิวของโลหะโดยตรง ซึ่งจะทำให้สามารถลดการกัดกร่อนลงได้และยังช่วยให้สารแขวนลอยและสารละลายต่างๆที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น ไม่เกิดการจับตัวกันจนตกเป็นตะกอนบนผิวโลหะ ทำให้ไม่เกิดเป็นตะกรันในระบบน้ำหล่อเย็น และสารเคมีที่ใช้ยังช่วยฆ่าจุลชีพและตะไคร่น้ำ เพื่อลดการกัดกร่อนที่ได้การเกาะของตะไคร่น้ำ บนผิวโลหะได้

2.1.2 ค่าสารเคมีปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบหม้อไอน้ำ

เนื่องจากหม้อไอน้ำจะถูกต้มจนระเหยกลายเป็นไอน้ำเรื่อยๆ จึงต้องเติมน้ำใหม่เข้าไปในหม้อน้ำตลอดเวลาเพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ต่ำกว่าหลอดไฟ ซึ่งน้ำใหม่ที่เติมเข้าไปจะมีสิ่งปนเปื้อนและสารแขวนลอยต่างๆติดเข้าไปในหม้อน้ำด้วย ดังนั้นเมื่อเดินระบบผลิตไอน้ำไประยะเวลาหนึ่ง ปริมาณความเข้มข้นของสิ่งเจือปนในน้ำภายในระบบจะยิ่งสูงขึ้นจนก่อให้เกิดตะกรันในหม้อน้ำได้ จึงจำเป็นต้องเติมสารเคมีเข้าในระบบโดยผสมกับน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนเกิดขึ้นภายในหม้อน้ำ

2.1.3 ค่าสารเคมี ใช้ในระบบการผลิตน้ำบริสุทธิ์

เนื่องจากหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์ จำเป็นต้องมีการล้างเรซิ่นเมื่อประสิทธิภาพการกรองของเรซิ่นลดลง โดยการสารเคมีที่ใช้ในระบบการกรองของโรงงานตัวอย่างมีดังนี้

1.สารละลายไฮโดรคลอริก 35% (35 % HCl) ใช้ในการล้างเรซิ่นประเภทเรซิ่นประจุบวก ทั้งในถัง Cation และถัง MIXBED ให้กลับมามีประสิทธิภาพพร้อมใช้งานอีกครั้ง

2.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% (50 % NaOH) ใช้ในการล้างเรซิ่นประเภทเรซิ่นจับประจุลบ ทั้งในถัง ANION และ ถังMIXBED ให้กลับมามีประสิทธิภาพพร้อมใช้งานอีกครั้ง

2.1.4 ค่าสารเคมีใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย (กรดซัลฟูริก 50 % , 50% H_2SO_4)

ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเนื่องจากน้ำทิ้งภายในโรงงานมีสภาพเป็นด่างสูง (pH > 7) จึงต้องมีการเติมสารเคมีประเภทกรดเข้าไปสะเทิน เพื่อปรับให้น้ำมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.0 - 8.5 ก่อนที่จะเข้าสู่ระบบการบำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ที่บ่อเติมอากาศ โดยสารเคมีที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อปรับค่าpH คือ กรดซัลฟูริก50%

2.2 ค่าไฟฟ้า เนื่องจากต้นทุนหลักตัวหนึ่งของการผลิตสิ่งสาธารณูปการต่างๆ มาจากการใช้ไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักรในระบบ เช่น การใช้ไฟฟ้าในการเดินระบบหม้อน้ำ ใช้ในการเดินระบบปั๊มลมอัดความดันสูง และการใช้ไฟฟ้าในการเดินปั๊มน้ำเพื่อส่งน้ำหล่อเย็น เป็นต้น โดยปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะแปรผันตามกำลังการผลิตของหน่วยผลิตต่างๆ

2.3 ค่าน้ำประปา ในการผลิตสิ่งสาธารณูปการส่วนใหญ่จะใช้น้ำประปาเป็นวัตถุดิบตั้งต้น เช่นในระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ใช้น้ำประปาเป็นวัตถุดิบเบื้องต้นในการผลิต และระบบผลิตน้ำหล่อเย็นใช้น้ำประปาในการเติมเพื่อรักษาปริมาณน้ำในระบบให้อยู่ในระดับที่ควบคุม

จากข้อมูลของฝ่ายบัญชี พบว่ามีรูปแบบการคิดบัญชีต้นทุน ของสิ่งสาธารณูปการต่างๆ ดังตารางที่ 3.1 โดยจะแยกแสดงเป็นต้นทุนแปรผันและต้นทุนคงที่ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.1 ตัวอย่างรายงานต้นทุนการผลิตของหน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น จัดทำโดยฝ่ายบัญชี

รายงานต้นทุนการผลิตประจำเดือน ธันวาคม 2539

หน่วยผลิต: น้ำผลิตไอน้ำ

รายการ	จำนวน	บาทต่อหน่วย	บาท
ปริมาณไอน้ำ(ตัน)	6,000		
น้ำบริสุทธิ์(ลูกบาศก์เมตร)	3,000	17.75	53,250
น้ำมันเตา(ลิตร.)	550,000	4.49	2,469,500
สารเคมีป้องกันการกัดกร่อน(กก.)	25	47.00	1,175
สารเคมีลดออกซิเจนในน้ำป้อน (กก.)	90	155.00	13,950
สารเคมีปรับpHน้ำคอนเดนเสต(กก.)	43	152.00	6,536
ค่าแก๊ส แอลพีจี (กก.)	68	10.3	700.4
พลังงานไฟฟ้า(กิโลวัตต์)	42,000	1.62	68,040
ยอดค่าใช้แปรผันรวม(บาท)	6,000	435.5	2,613,151.4
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	3,000	9.28	27,840
โบนัส(บาท)			9,000
ค่าจ้างและเงินเดือน(บาท)			70,000
ค่าซ่อมและบำรุงรักษา(บาท)			15,000
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ(บาท)			5,000
ค่าเสื่อมราคา(บาท)			27,000
ค่าใช้จ่ายคงที่รวม(บาท)	6,000	25.64	153,840
ค่าใช้จ่ายรวม(บาท)	6,000	461.14	2,766,991.40

ที่มา:รายงานต้นทุนการผลิตไอน้ำจากฝ่ายบัญชีของโรงงานตัวอย่าง

พิจารณาการจัดทำรายงานต้นทุนการผลิตของฝ่ายบัญชี จะได้ว่า

1.ต้นทุนผันแปร จะแสดงไว้ส่วนบนของตารางต้นทุน โดยจะคิดจากค่าใช้จ่ายที่เกิดจาก การใช้วัตถุดิบ สารเคมี และค่าไฟฟ้า ในการผลิตตลอดระยะเวลา 1เดือน ที่ส่วนท้ายตารางจะแสดงต้นทุนผันแปรต่อหน่วยซึ่งหาจาก ต้นทุนแปรผัน ทั้งหมดหารด้วยปริมาณการผลิตทั้งหมด

2.ต้นทุนคงที่ จะแสดงไว้ที่ส่วนล่างของตารางต้นทุนซึ่งประกอบไปด้วย

2.1 ต้นทุนคงที่จากการใช้ผลิตภัณฑ์ของหน่วยงานอื่นๆ ตัวอย่างเช่น หน่วยผลิตไอน้ำใช้น้ำบริสุทธิ์จากหน่วยงานผลิตน้ำบริสุทธิ์เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตไอน้ำ ทำให้หน่วยผลิตไอน้ำได้รับต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์ตามปริมาณที่ใช้

2.2 โบนัส เป็นค่าใช้จ่ายที่ถูกประเมินไว้แล้วจากปีที่ผ่านมา โดยจะแบ่งลงเป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือน ซึ่งเมื่อถึงปลายปี ค่าใช้จ่ายส่วนนี้อาจถูกปรับเปลี่ยนได้ ตามผลกำไรขาดทุนของโรงงาน

2.3 ค่าจ้างและเงินเดือน เป็นค่าใช้จ่ายที่จ่ายตอบแทนพนักงานที่ทำงานด้านการควบคุมการผลิตของหน่วยผลิตนั้นๆ เนื่องจากค่าจ้างแรงงานในโรงงานเป็นแรงงานทางอ้อมทั้งหมดจึงจัดอยู่ในต้นทุนการผลิตประเภทคงที่

2.4 ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นค่าใช้จ่ายที่ประกอบไปด้วย 3 ส่วนดังนี้

- ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นค่าใช้จ่ายที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าว่าทำให้สามารถทราบค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือนได้ เช่น ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนไส้กรองอากาศ
- ค่าซ่อม เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นโดยไม่สามารถทราบล่วงหน้า ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด แต่สามารถประเมินได้จากค่าซ่อมของปีที่ผ่านๆมา โดยค่าซ่อมในส่วนนี้จะเป็นค่าแรงและค่าอะไหล่
- ค่าปรับปรุงเครื่องจักร เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ

2.5 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เป็นค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการถ่ายโอนจากหน่วยงานบริการภายในโรงงาน แบ่งตามที่มาได้ 3 ประเภท ดังนี้ คือ 1.ค่าใช้จ่ายจากการจัดการภายในของแผนกบุคคล 2. ค่าใช้จ่ายจากแผนกจัดการงานโรงงานและรักษาความปลอดภัยโรงงาน 3.ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เป็นค่าใช้จ่ายจากแผนกตรวจสอบคุณภาพ ค่าใช้จ่ายจากแผนกบัญชีต้นทุน และค่าใช้จ่ายจากเงินเดือนของผู้บริหาร แต่เนื่องจากโรงงานตัวอย่างเน้นการจัดสรรค่าใช้จ่ายนี้ให้กับส่วนผลิตพีวีซี ดังนั้นจึงไม่ขอแสดงรายละเอียดของค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยปกติค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ จะถูกแบ่งและกระจายเข้าส่วนผลิตต่างๆ ตามเปอร์เซ็นต์ของจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานในส่วนผลิตนั้นๆ

เมื่อพิจารณาการคิดต้นทุนของฝ่ายบัญชี พบว่าควรปรับปรุง แก้ไขดังนี้

การคิดต้นทุนคงที่ มีการนำค่าใช้จ่ายโบนัสมาคิดเป็นต้นทุนคงที่การผลิต ซึ่งค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการผลิต และตามหลักการให้โบนัสจะขึ้นกับผลประกอบการของโรงงาน โดยไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่าผลประกอบการของโรงงานจะมีกำไร – ขาดทุนเป็นอย่างไร และจะมีโบนัสเป็นเท่าใด ดังนั้นจึงไม่ควรนำค่าใช้จ่ายที่เป็นโบนัสมาคิดเป็นต้นทุนคงที่ จากการพิจารณาต้นทุนของฝ่ายบัญชีแล้วทำการปรับปรุงหาต้นทุนให้ถูกต้องของปีที่ผ่านมาได้ดังตารางที่3.2แสดงต้นทุนแบบตลอดปี โดยได้แสดงต้นทุนแบบไตรมาศไว้ในภาคผนวก ก.2

ตารางที่3.2 แสดงโครงสร้างต้นทุนของหน่วยผลิตสาธารณูปการต่างๆ

หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น						
หัวเรื่อง	2,539			2540		
	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณน้ำหล่อเย็น (ลูกบาศก์เมตร)	20,363,495			17,630,500		
ต้นทุนผันแปร						
น้ำประปา(ลูกบาศก์เมตร)	208,346	8.93	1,859,594	163,300	9.56	1,561,855
โซเดียมไฮโปรคลอไรด์10% (กก.)	19,376	4.55	88,161	16,090	4.55	73,210
สารเคมีป้องกันตะกรัน (กก.)	1,299	195.00	253,305	1,108	195.00	216,060
สารเคมีป้องกันการกัดกร่อน (กก.)	1,017	100.00	101,700	935	100.00	93,500
สารเคมีฆ่าเชื้อสารอุลชีพ (กก.)	2,130	120.00	255,600	1,780	120.00	213,600
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	5,909,800	1.62	9,556,380	5,171,100	1.69	8,723,811
ต้นทุนผันแปรรวม	**20,363,495**	**0.59**	**12,114,740**	**17,630,500**	**0.62**	**10,882,036**
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			1,518,881			1,698,523
ค่าซ่อมบำรุง			651,462			621,420
ค่าเสื่อมราคา			245,898			237,630
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			26,173			32,300
ต้นทุนคงที่รวม	**20,363,495**	**0.12**	**2,442,414**	**17,630,500**	**0.15**	**2,589,873**
ต้นทุนรวม(บาท)	**20,363,495**	**0.71**	**14,557,154**	**17,630,500**	**0.76**	**13,471,909**

หน่วยผลิตลมความดันสูง						
หัวเรื่อง	2539			2540		
	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณลมความดันสูง (ลูกบาศก์เมตร)	16,570,356			14,837,425		
ต้นทุนผันแปร						
น้ำหล่อเย็น(ลูกบาศก์เมตร)	456,111	0.59	270,464	360,550	0.62	222,173
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	2,716,188	1.62	4,392,066	2,385,780	1.69	4,023,950
ต้นทุนผันแปรรวม	**16,570,356**	0.28	**4,662,531**	**14,837,425**	0.29	**4,246,123**
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยงานผลิตน้ำหล่อเย็น	456,111	0.12	54,733	360,550	0.15	52,993
เงินเดือน			1,545,037			1,576,604
ค่าซ่อมบำรุง			2,845,227			602,900
ค่าเสื่อมราคา			525,254			495,990
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			27,018			28,130
ต้นทุนคงที่รวม	**16,570,356**	0.30	**4,997,269**	**14,837,425**	0.19	**2,756,617**
ต้นทุนรวม(บาท)	**16,570,356**	0.58	**9,659,800**	**14,837,425**	0.47	**7,002,740**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์						
หัวเรื่อง	2539			2540		
	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	297,558			268,667		
ต้นทุนผันแปร						
ลมอัดความดันสูง (ลูกบาศก์เมตร)	399,728	0.28	113,166	327,651	0.29	93,831
น้ำประปา (ลูกบาศก์เมตร)	325,194	8.93	2,902,803	292,562	9.56	2,797,930
โซเดียมไอดรอกไซด์50% (กก.)	220,813	3.41	752,972	192,978	3.41	658,055
ไฮโดรคลอริก35% (กก.)	296,470	3.17	939,810	264,500	3.17	838,465
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	354,953	1.62	574,084	312,761	1.69	527,553
ต้นทุนผันแปรรวม	**297,558**	**17.75**	**5,282,835**	**268,667**	**18.30**	**4,915,833**
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตลมอัดความดันสูง	399,728	0.30	117,962	327,651	0.19	61,131
เงินเดือน			1,529,910			1,584,804
ค่าซ่อมบำรุง			682,184			585,152
ค่าเสื่อมราคา			382,299			362,574
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			49,186			35,764
ต้นทุนคงที่รวม	**297,558**	**9.28**	**2,761,541**	**268,667**	**9.79**	**2,629,425**
ต้นทุนรวม(บาท)	**297,558**	**27.03**	**8,044,376**	**268,667**	**28.08**	**7,545,258**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยผลิตไอน้ำ						
หัวเรื่อง	2539			2540		
	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณไอน้ำ (ตัน)	89,721			74,703		
ต้นทุนผันแปร						
น้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	36,528	17.75	648,372	29,782	18.30	545,122
น้ำมันเตา(ลิตร)	7,237,689	4.49	32,527,188	5,837,214	4.32	25,224,900
สารเคมีป้องการกัดกร่อน(กก.)	316	47.00	14,852	278	47.00	13,066
สารเคมีลดออกซิเจนในน้ำป้อน(กก.)	1,200	155.00	186,000	1,008	155.00	156,240
สารเคมีปรับpHน้ำคอนเดนเสต(กก.)	546	152.00	82,992	469	152.00	71,288
ค่าแก๊ซแอลพีจี(กก.)	818	10.30	8,425	742	10.50	7,791
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	570,164	1.62	921,710	471,725	1.69	795,684
ต้นทุนผันแปรรวม	**88,000**	390.79	**34,389,539**	**74,703**	358.94	**26,814,091**
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	36,528	9.28	338,980	29,782	9.79	291,558
เงินเดือน			1,456,176			1,503,294
ค่าซ่อมบำรุง			639,951			749,415
ค่าเสื่อมราคา			352,398			371,286
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			36,743			42,624
ต้นทุนคงที่รวม	**88,000**	32.09	**2,824,248**	**74,703**	39.60	**2,958,177**
ต้นทุนรวม(บาท)	**88,000**	422.88	**37,213,787**	**74,703**	398.54	**29,772,269**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยบำบัดน้ำเสีย						
หัวเรื่อง	2539			2540		
	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณ (หน่วย)	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร)	589,136			540,627		
ต้นทุนผันแปร						
กรดซัลฟูริก50% (กก.)	197,690	3.65	721,569	188,510	3.52	659,785
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	184,685	1.62	298,713	186,746	1.69	315,601
ต้นทุนผันแปรรวม	**589,136**	**1.73**	**1,020,281**	**540,627**	**1.80**	**975,386**
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			560,634			575,788
ค่าซ่อมบำรุง			371,249			196,072
ค่าเสื่อมราคา			401,103			394,952
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			20,869			21,210
ต้นทุนคงที่รวม	**589,136**	**2.30**	**1,353,855**	**540,627**	**2.20**	**1,188,022**
ต้นทุนรวม(บาท)	**589,136**	**4.03**	**2,374,136**	**540,627**	**4.00**	**2,163,408**

ที่มา:จากการปรับแต่งบัญชีรายงานต้นทุนจากฝ่ายบัญชีให้เป็นต้นทุนการผลิตของหน่วยผลิตสาธารณูปการ โดยผู้วิจัย

เมื่อพิจารณาโครงสร้างต้นทุนการผลิตแต่ละหน่ายงาน ในปี 2539 และปี 2540 เปรียบเทียบได้ดังตารางที่3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงต้นทุนการผลิตเปรียบเทียบของปี 2539 และปี 2540

ต้นทุนผลิตรวม				
หน่วยผลิต	ต้นทุนการผลิตรวม ปี2539		ต้นทุนการผลิตรวม ปี2540	
	(บาท)	%	(บาท)	%
หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น	14,557,154	20.26%	13,471,909	22.47%
หน่วยผลิตลมความดันสูง	9,659,800	13.44%	7,002,740	11.68%
หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	8,044,376	11.20%	7,545,258	12.58%
หน่วยผลิตไอน้ำ	37,213,787	51.79%	29,772,269	49.66%
หน่วยบำบัดน้ำเสีย	2,374,136	3.30%	2,163,408	3.61%
ต้นทุนรวม	71,849,253	100.00%	59,955,584	100.00%

ต้นทุนผลิตผันแปร				
หน่วยผลิต	ต้นทุนผลิตผันแปร ปี2539		ต้นทุนผลิตผันแปร ปี2540	
	(บาท)	%	(บาท)	%
หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น	12,114,740	21.08%	10,882,036	22.75%
หน่วยผลิตลมความดันสูง	4,662,531	8.11%	4,246,123	8.88%
หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	5,282,835	9.19%	4,915,833	10.28%
หน่วยผลิตไอน้ำ	34,389,539	59.84%	26,814,091	56.06%
หน่วยบำบัดน้ำเสีย	1,020,281	1.78%	975,386	2.04%
ต้นทุนรวม	57,469,926	100.00%	47,833,469	100.00%

ต้นทุนผลิตคงที่				
หน่วยผลิต	ต้นทุนผลิตคงที่ ปี2539		ต้นทุนผลิตคงที่ ปี2540	
	(บาท)	%	(บาท)	%
หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น	2,442,414	16.99%	2,589,873	21.36%
หน่วยผลิตลมความดันสูง	4,997,269	34.75%	2,756,617	22.74%
หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	2,761,541	19.20%	2,629,425	21.69%
หน่วยผลิตไอน้ำ	2,824,248	19.64%	2,958,177	24.40%
หน่วยบำบัดน้ำเสีย	1,353,855	9.42%	1,188,022	9.80%
ต้นทุนรวม	14,379,327	100.00%	12,122,114	100.00%

ที่มา: จากการคำนวณของผู้วิจัย

จากตารางที่3.3 พบว่าต้นทุนรวมของปี 2540 มีต้นทุนต่ำกว่าปี 2539 เนื่องจากปี 2540 มีปริมาณการผลิตพีวีซีเฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่าปี2539 โดยปี2539มีผลผลิตพีวีซีเฉลี่ยต่อเดือน 8,270 ตัน/ปี ขณะที่ปี 2540 มีผลผลิตพีวีซีเฉลี่ยต่อเดือน 7,530 ตัน/ปี ซึ่งทำให้ปริมาณการใช้สิ่งสาธารณูปการต่างๆของปี 2540 มีปริมาณลดลง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อปีลดลงตามไปด้วย เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนผันแปรจะพบว่าปี2540 มีค่าผลรวมต่ำกว่าปี2539 เนื่องจาก ราคาของน้ำมันเตาต่อลิตรปี2540มีค่าต่ำลง ส่งผลให้ต้นทุนผันแปรร่วมมีค่าลดลง

ส่วนต้นทุนคงที่2540มีค่าต่ำกว่า2539 เนื่องจากในปี2539มีการซ่อมเครื่องอัดอากาศครั้งใหญ่ โดยได้ทำการเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ขนาด200 กิโลวัตต์ และเปลี่ยนสารดูดความชื้นที่ระบบผลิตลมอัดความดันสูง ในช่วงกลางปี2539 ในขณะที่งานซ่อมในปี2540 จะเป็นงานซ่อมทั่วๆ ไป จึงทำให้ต้นทุนคงที่ของปี2540 มีค่าต่ำลงกว่าปี2539

ตาราง 3.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนผันแปรจำแนกตามประเภทค่าใช้จ่าย

%ต่อต้นทุนผันแปร						
หัวเรื่อง	ปี 2539	%	%ต่อต้นทุนผันแปร	ปี 2540	%	%ต่อต้นทุนผันแปร
1.ค่าน้ำมันเตา						
หน่วยผลิตไอน้ำ	32,527,188	100.00%	57.63%	25,224,900	100%	53.70%
2.ค่าพลังงานไฟฟ้า						
หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น	9,556,380	60.70%		8,723,811	61%	
หน่วยผลิตลมความดันสูง	4,392,066	27.90%		4,023,950	28%	
หน่วยผลิตน้ำบริสุทธ์	574,084	3.65%		527,553	4%	
หน่วยผลิตไอน้ำ	921,710	5.85%		795,684	6%	
หน่วยบำบัดน้ำเสีย	298,713	1.90%		315,601	2%	
รวม	15,742,953	100.00%	27.89%	14,386,599	100%	30.63%
3.ค่าสารเคมี						
หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น	698,766	20.52%		596,370	20%	
หน่วยผลิตน้ำบริสุทธ์	1,692,782	49.71%		1,496,520	50%	
หน่วยผลิตไอน้ำ	292,269	8.58%		248,385	8%	
หน่วยบำบัดน้ำเสีย	721,569	21.19%		659,785	22%	
รวม	3,405,386	100.00%	6.03%	3,001,060	100%	6.39%
4.ค่าน้ำประปา						
หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น	1,859,594	39.05%		1,561,855	36%	
หน่วยผลิตน้ำบริสุทธ์	2,902,803	60.95%		2,797,930	64%	
รวม	4,762,397	100.00%	8.44%	4,359,785	100%	9.28%

ที่มา: จากการคำนวณของผู้วิจัย

เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างต้นทุนการผลิตในแต่ละหน่วยงานในปี 2539 และปี 2540 แล้วจะเห็นได้ว่า ต้นทุนผันแปรมีค่าสูงถึง 80.0% ของต้นทุนรวมในปี 2539 และ 79.8% ในปี2540 ซึ่งต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่จะเกิดจาก ค่าน้ำมันเตา ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา และค่าสารเคมี แสดงข้อมูลดังตารางที่3.4 โดย

1.ค่าน้ำมันเตา มีค่าเป็น 57.63% และ 53.70% ในปี 2539 และ ปี 2540 ตามลำดับ
2.ค่าพลังงานไฟฟ้า มีค่าเป็น 27.89% และ 30.63% ในปี 2539 และ ปี 2540 ตามลำดับ
3.ค่าน้ำประปา มีค่าเป็น 6.03% และ 6.39% ในปี 2539 และ ปี 2540 ตามลำดับ
4.ค่าสารเคมี มีค่าเป็น 8.44% และ 9.28% ในปี 2539 และ ปี 2540 ตามลำดับ

ในส่วนของต้นทุนคงที่ ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่จะเกิดจาก ค่าจ้างเงินเดือน และค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าจ้างเงินเดือน และค่าซ่อมบำรุง กับต้นทุนรวมทั้งหมด และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

1.ค่าจ้างเงินเดือน มีค่าเป็น9.2% และ 11.6% ในปี2539 และปี 2540 ตามลำดับ

2.ค่าซ่อมบำรุง มีค่าเป็น 7.2% และ 4.6% ในปี2539 และปี 2540 ตามลำดับ

เนื่องจากค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นสูงจึงส่งผลให้ต้นทุนสาธารณูปการสูง ดังนั้นในการลดต้นทุนสาธารณูปการจึงต้องหาแนวทางในการลดค่าน้ำมันเตา ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าน้ำประปาและค่าสารเคมี ซึ่งจะทำให้ต้นทุนผันแปรต่อหน่วยผลิตต่างๆ มีค่าลดลง นอกจากนี้ การหาแนวทางเพื่อลดค่าจ้างเงินเดือนและค่าซ่อมบำรุง จะทำให้ต้นทุนคงที่ลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วิธีการลดต้นทุนในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการ

จากโครงสร้างของต้นทุนผลิตสิ่งสาธารณูปการ 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

ดังนั้นในการพิจารณาหาวิธีการลดต้นทุนของหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการตามต้นทุนหลักที่กล่าวมานี้ มีดังนี้

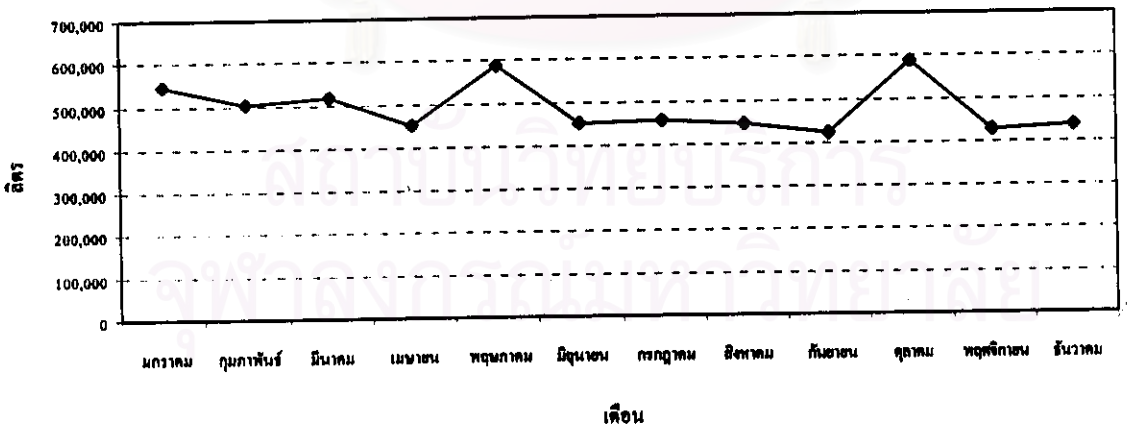
4.1พิจารณาการลดปริมาณการใช้น้ำมันเตา

ในโรงงานตัวอย่างมีการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงที่หม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำ ปริมาณการใช้น้ำมันเตาจึงขึ้นกับการผลิตไอน้ำว่ามีประสิทธิภาพดีเพียงใด หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงจะใช้ปริมาณน้ำมันเตาน้อยกว่า หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิต่ำ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับระบบจ่ายไอน้ำ เนื่องจากการมีระบบจ่ายไอน้ำที่ดีจะลดการสูญเสียไอน้ำระหว่างส่งจ่ายได้ ส่งผลให้หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำในปริมาณที่ลดลง ซึ่งจะทำให้การใช้น้ำมันเตาลดลงตามไปด้วย

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



รปที่ 4.1 แสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาปี2540

ที่มา:ใบบันทึกการผลิตไอน้ำประจำเดือนของหน่วยผลิตสาธารณูปการ

การหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลการผลิตไอน้ำ ของโรงงานปี 2540 จากตารางที่4.1 และสภาวะการผลิตจริงของโรงงานตัวอย่างมีดังนี้

- ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้เฉลี่ย = 486,435 litre /month (675.6 litre / hr)
- ปริมาณไอน้ำผลิตเฉลี่ย = 6,225 ton/month (8,645.8 kg/hr)
- ความดันสูงสุดที่ผลิต = 14.0kg/ cm^2
- ความดันใช้งาน (เฉลี่ย) = 13.0 kg/cm^2
- อุณหภูมิน้ำป้อน = 63 °C
- ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง = 10,350 kcal/kg (43,242 kJ/kg)
- ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง = 0.93 kg/litre

จากสูตร ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ = $\frac{\text{ความร้อนที่หม้อไอน้ำดูดซึมไว้ X100}}{\text{ความร้อนที่จ่ายเข้าไปในหม้อไอน้ำ}}$

$$Eb = \frac{Ms\,(hg - hf)\times 100}{Mf \times F}$$

ที่มา: บริษัทมิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด, เอกสารอบรมหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน, กทม.

การคำนวณ

อัตราการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ (Ms) = 8,645.8 kg/hr

เอนธาลปีของไอน้ำที่หม้อไอน้ำขณะใช้งาน (hf) = 2,787.6 kJ /kg (จาก steam table)

เอนธาลปีของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (hf) = 63 x 4.178 kJ/kg ($hf = TC_p$)

= 263.2 kJ/kg

มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) = 675.6 x 0.93 kg/hr

= 628.3 kg/hr

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (F) = 43,242 kJ/kg

ประสิทธิภาพของหม้อน้ำ (Eb) $= \frac{8,645.8 \times (2,787.6 - 263.2) \times 100}{628.3 \times 43,242}$

= 80.33 %

จากการหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำของโรงงาน พบว่ามีค่า 80.33 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่พอใช้ได้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำตามข้อมูลทางเทคนิกของหม้อไอน้ำ ตารางที่2.2 ซึ่งมีค่า 88% แสดงว่าการผลิตไอน้ำของโรงงานตัวอย่างยังคงสามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์สาเหตุของการใช้ปริมาณน้ำมันเตามาก

จากการสำรวจการผลิตไอน้ำ การส่งจ่ายไอน้ำและการใช้ไอน้ำของโรงงานตัวอย่าง พบว่าสามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการใช้น้ำมันเตาในปริมาณที่มาก โดยสามารถแยกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ไม่มีการควบคุมประสิทธิภาพการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ

เนื่องจากโรงงานตัวอย่างขาดเครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ทำให้การผลิตไอน้ำ ของหน่วยผลิตไอน้ำ ใช้วิธีการควบคุมการเผาไหม้ด้วยวิธีการปรับ ปริมาณน้ำมันเตาและปริมาณอากาศให้ได้สัดส่วนที่ไม่ก่อให้เกิดควันดำออกจากปล่องควัน โดยปรับให้ได้เปลวไฟในห้องเผาไหม้นิ่งและเปลวไฟมีสีเหลือง ซึ่งการปรับด้วยวิธีนี้จะเป็นการปรับให้น้ำมันเตาเผาไหม้ได้หมด โดยใช้อากาศส่วนเกินมากไป ทำให้สูญเสียความร้อนไปกับก๊าซเสียมากตามไปด้วย และการปรับสัดส่วนน้ำมันเตากับอากาศมักจะขึ้นกับประสบการณ์ของผู้ควบคุมหม้อไอน้ำของแต่ละคน จึงทำให้ปริมาณการใช้น้ำมันเตาต่อการผลิตไอน้ำ 1 ตัน มีค่าไม่คงที่ ซึ่งในบางครั้งพบว่าเกิดควันดำออกจากปล่องควัน ในช่วงที่กำลังปรับการเผาไหม้ เนื่องจากไม่ทราบแนวทางในการปรับจึงทำให้เกิดการเผาไม้ไม่สมบูรณ์ในห้องเผาไหม้ อีกทั้งไม่ทราบถึงสภาพการเผาไหม้ที่เป็นอยู่ เป็นสภาพการเผาไหม้ที่ดีที่สุดหรือไม่

2. การระบายน้ำร้อนจากหม้อไอน้ำทิ้ง (BLOWDOWN) มากเกินความจำเป็น

การควบคุมการ BLOWDOWN น้ำในหม้อไอน้ำของโรงงานตัวอย่าง ใช้วิธีการระบายน้ำร้อนทิ้ง (BLOWDOWN)โดยเปิดวาล์วใต้หม้อไอน้ำ เพื่อไล่ตะกอนที่อยู่ใต้หม้อและเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในหม้อไอน้ำ โดยจะเปิดวาล์วระบายน้ำร้อนใต้หม้อไอน้ำทิ้ง วันละอย่างน้อย 1 ครั้ง ครั้งละประมาณ 5 นาที เพื่อควบคุมให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อไอน้ำมีค่าอยู่ในช่วงควบคุม การระบายน้ำร้อน(BLOWDOWN) โดยวิธีนี้จะพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อไอน้ำหลังการเปิดระบาย จะมีค่าต่ำกว่าค่าควบคุมมาก ซึ่งตามหลักการ การระบายน้ำร้อนออกจากหม้อไอน้ำ(BLOWDOWN)ที่ถูกต้อง จะต้องระบายน้ำร้อนทิ้งในปริมาณที่สามารถควบคุมให้คุณภาพของน้ำในหม้อไอน้ำต่ำกว่าค่าควบคุมเพียงเล็กน้อย เพื่อลดความสิ้นเปลืองความร้อนที่สูญเสียไปกับการปล่อยน้ำร้อนทิ้งมากเกินความจำเป็น

3. อุณหภูมิของน้ำป้อนต่ำ

การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ของโรงงานตัวอย่างใช้วิธีการผสมน้ำ คอนเดนเสต(Condensate) ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 85 – 90 °C กับน้ำบริสุทธิ์ที่มีอุณหภูมิประมาณ 30° C ในถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ แต่เนื่องจากการนำ น้ำคอนเดนเสต(Condensate)ส่งกลับเข้าถังน้ำป้อนมีเพียงบางส่วน ส่งผลให้อุณหภูมิในถังน้ำป้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย จาก 30°C เป็น 63°C เมื่ออุณหภูมิของน้ำป้อนมีค่าต่ำหม้อไอน้ำจึงต้องการพลังงานความร้อนมากขึ้น เพื่อใช้ต้มน้ำในหม้อไอน้ำให้เดือด ส่งผลให้ใช้ปริมาณน้ำมันเตามากตามไปด้วย

4. ไม่มีมาตรการควบคุมการทำความสะอาดท่อไฟและการทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมัน

พบว่าโรงงานตัวอย่างจะทำความสะอาดท่อไฟของหม้อไอน้ำแต่ละชุดปีละ 1 ครั้ง โดยกระทำในช่วงตรวจสอบสภาพหม้อไอน้ำประจำปี หรือช่วงที่หน่วยผลิตพีวีซีหยุดการผลิต ซึ่งจะพบว่าปริมาณเขม่าในท่อไฟมีปริมาณที่หนามาก จากสภาพที่ปรากฏจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำในหม้อไอน้ำได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้พบว่าการทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันจะกระทำก็ต่อเมื่อพบปัญหาหม้อไอน้ำเดินตัดดับบ่อย เนื่องจาก สาเหตุเปลวไฟตัดดับ(MISS FIRE) บ่อย ๆ เท่านั้น ส่งผลให้การใช้น้ำมันเตาในช่วงที่หัวฉีดน้ำมันสกปรก จะใช้น้ำมันเตามากกว่าปกติอีกทั้งก่อให้เกิดปัญหาควันดำออกจากปล่องควัน เนื่องจากเมื่อหัวฉีดน้ำมันสกปรกจะทำให้ การแตกเป็นละอองน้ำมันแย่ลง ส่งผลให้ประสิทธิการเผาไหม้ของน้ำมัน แย่ลงตามไปด้วย

5. หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่ความดันสูงเกินความจำเป็น

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำของหน่วยผลิตพีวีซี พบว่ามีการใช้ไอน้ำในปริมาณที่มากในกระบวนการเกิดปฏิกิริยา(Polymerization) และ กระบวนการนำวีซีเอ็มกลับ (Recovery) โดยเป็นการใช้ ไอน้ำที่ความดัน 6.0 kg/cm^2 เป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้ไอน้ำที่ความดัน 10.0 kg/cm^2 เพียงเล็กน้อย ในขณะที่หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่ความดัน สูงสุดถึง14.0 kg/cm^2 โดยมีการตั้งความดันเพื่อให้หม้อไอน้ำเริ่มผลิตไอน้ำที่ความดัน 10.0 kg/cm^2 และหยุดผลิตไอน้ำที่ความดัน 14.0 kg/cm^2 ซึ่งพบว่าการผลิตไอน้ำเช่นนี้ จะมีการสูญเสียน้ำมันเตา ในช่วงที่ผลิตไอน้ำความดันสูงเกินความจำเป็น โดยที่หน่วยผลิตพีวีซี ไม่มีความจำเป็นในการใช้ไอน้ำที่ความดันสูงกว่า 10.0 kg/cm^2 ดังนั้นจึงน่าจะทดลองลดความดันไอน้ำในการผลิตลงมาอยู่ที่ความดันที่เหมาะสม

6. การรั่วของไอน้ำตามท่อส่งและท่อไอน้ำขาดการหุ้มฉนวน

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำในหน่วยพีวีซี พบว่ามีการรั่วของไอน้ำหลายแห่ง โดยจะเป็นการรั่วจาก STEAM TRAP และก้านวาล์วเป็นส่วนใหญ่ซึ่งทำให้หน่วยผลิตต้องผลิตไอน้ำมากขึ้นเพื่อชดเชยไอน้ำในส่วนที่รั่วทิ้ง ส่งผลให้ต้องใช้น้ำมันเตาเพิ่มตามไปด้วย นอกจากนี้ตรวจพบฉนวนหุ้มท่อส่งไอน้ำชำรุดฉีกขาด บางช่วงขาดการหุ้มฉนวนทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์

7.ไม่มีการนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ประโยชน์

จากการสำรวจพบว่าโรงงานตัวอย่างการไม่มีการนำความร้อนจากไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งไอเสียจะมีความร้อนเหลืออยู่มาก หากนำความร้อนจำนวนนี้กลับมาใช้ประโยชน์ โดยการอุ่นน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ จะสามารถลดปริมาณน้ำมันเตาที่ต้องใช้เป็นเชื้อเพลิงในการต้มให้น้ำในหม้อไอน้ำเดือดได้จำนวนหนึ่ง

8.หม้อไอน้ำมีอายุการใช้งานสูง ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำต่ำ

หม้อไอน้ำที่ใช้งานอยู่ในโรงงานตัวอย่างมีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี ทำให้อุปกรณ์ของหม้อไอน้ำต่างๆ ที่ใช้ควบคุมการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำงานผิดพลาดบ่อย ค่าซ่อมบำรุงสูง และประสิทธิภาพการผลิตไอน้ำต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสาเหตุข้างต้นสามารถสรุปปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงได้ดังนี้

สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1. ไม่มีการควบคุมประสิทธิภาพการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ	1. จัดหาอุปกรณ์วัดประสิทธิภาพการเผาไหม้และสร้างระบบควบคุมการปรับสัดส่วนน้ำมันเตาต่อไอน้ำ ให้มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีตลอดเวลา
2. การระบายน้ำร้อนออกจากหม้อไอน้ำทิ้ง (BLOWDOWN)มากเกินความจำเป็น	2. ติดตั้งระบบควบคุมการระบายน้ำร้อนทิ้ง ที่เหมาะสมกับการควบคุมคุณภาพน้ำในหม้อไอน้ำ
3. อุณหภูมิของน้ำป้อนต่ำ	3. เพิ่มปริมาณน้ำคอนเดนเสต(Condensate) ส่งกลับให้มากขึ้น
4. ไม่มีการควบคุมการทำความสะอาดท่อไฟและการทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมัน	4. จัดทำแผนการทำความสะอาดท่อไฟและการตรวจสอบหัวฉีดน้ำมัน
5. หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่ความดันสูงเกินความจำเป็น	5. ทดลองปรับลดความดันในการผลิตไอน้ำลงให้มีค่าความดันที่เหมาะสมยิ่งขึ้น
6. การรั่วของไอน้ำ และท่อไอน้ำไม่หุ้มฉนวน	6. แก้ไขการรั่วของไอน้ำและหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ
7. ไม่มีการนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ประโยชน์	7. ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำป้อน (Economizer)
8. หม้อไอน้ำมีอายุการใช้งานสูง ประสิทธิภาพการผลิตไอน้ำต่ำ	8. ลงทุนซื้อหม้อไอน้ำลูกใหม่

เมื่อพิจารณาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันเตาทั้งหมดแล้ว ทางโรงงานตัวอย่างมีนโยบายที่จะดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเฉพาะหัวข้อที่มีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1 ปีและใช้เงินลงทุนในแต่ละแนวทางไม่สูงมาก ทำให้ต้องยกเลิกแนวทางใน การลงทุนซื้อหม้อไอน้ำลูกใหม่และการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำป้อน เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูงและมีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 2 ปี ส่วนการซ่อมการรั่วของไอน้ำ และท่อไอน้ำไม่มีฉนวนหุ้มในหน่วยผลิตพีวีซี จะเป็นหน้าที่รับผิดชอบของหน่วยผลิตพีวีซี ซึ่งมีแผนซ่อมประจำอยู่แล้ว คงเหลือแต่ตำแหน่งที่ต้องดำเนินการในช่วงหยุดผลิต ดังนั้นแนวทางการซ่อมการรั่วของไอน้ำและท่อไอน้ำไม่หุ้มฉนวนจึงยกเลิก เนื่องจากมีแผนรองรับอยู่แล้ว

ดังนั้นวิธีการลดปริมาณน้ำมันเตา ในระบบผลิตไอน้ำ จึงนำเสนอเฉพาะแนวทางที่สามารถทำได้ดังนี้

4.1.1 การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ โดยปรับปรุงระสิทธิภาพการเผาไหม้

4.1.2 การควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่หม้อไอน้ำโดยติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการระบายน้ำทิ้งอัตโนมัติ

4.1.3 การนำคอนเดนเสตส่งกลับเพิ่มให้มากที่สุด

4.1.4 การปรับลดความดันในการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน

4.1.5 การจัดทำแผนทำความสะอาดท่อไฟ และตรวจสอบหัวฉีด

4.1.1 การเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

จากการทดลองเก็บข้อมูล % ออกซิเจนของก๊าซไอเสียที่ออกจากปล่องควันของหม้อไอน้ำ โดยใช้อุปกรณ์ตรวจสอบก๊าซไอเสียที่ปล่อยควันชนิดเคมี (FYRITE) ที่หม้อไอน้ำทั้ง 3 ชุด เพื่อทดลองหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำในสภาวะปัจจุบันและเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำสมดุลย์ความร้อน (Heat Balance) ซึ่งจะทำให้ทราบการสูญเสียความร้อนที่ไม่ก่อให้เกิดไอน้ำได้ 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	อุณหภูมิก๊าซร้อนที่ปล่องควัน (° 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	อุณหภูมิก๊าซร้อนที่ปล่องควัน (° 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

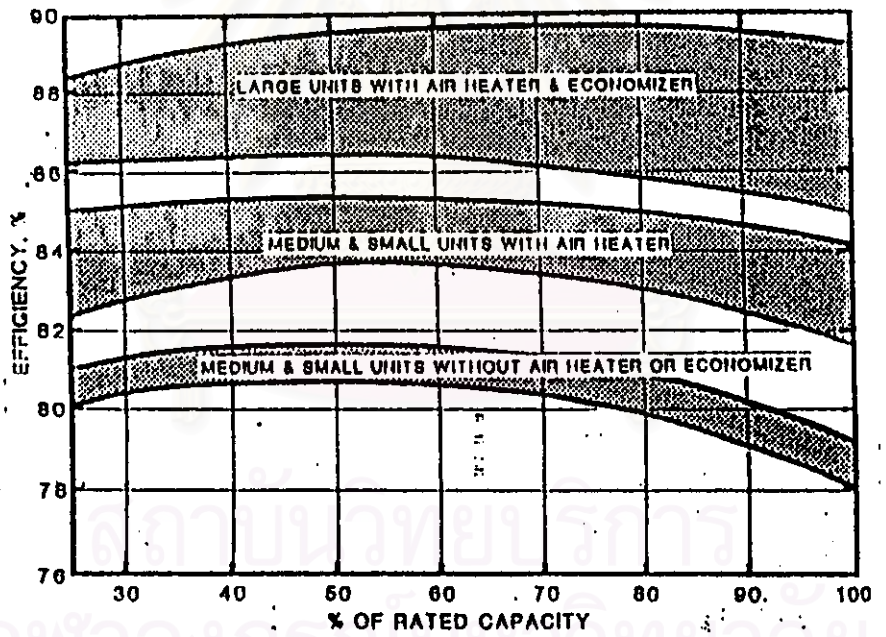
ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำทั้ง 3ชุด ดังตารางที่ 4.2 พบว่ามีปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียของหม้อไอน้ำ ชุดที่ 1,2,3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.2 % , 7.1 % และ 6.8 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำข้อมูลสภาวะการเผาไหม้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ของแต่ละชุด โดยใช้หลักการการทำสมดุลย์ความร้อน (Heat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

ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำชุดที่ 1,2,3 ก่อนปรับปรุง

หม้อไอน้ำ	อุณหภูมิก๊าซร้อนที่ปล่อยควัน (°C)	ปริมาณออกซิเจนในไอเสีย (%)	ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (%)	ความร้อนสูญเสียจากก๊าซร้อน(%)
ชุดที่1	228	6.2	76.5	9.9
ชุดที่2	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:การคำนวนในภาคผนวก ข.1 โดยผู้วิจัย

จากการทดลองตรวจวัดหา%ออกซิเจนและคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเฉลี่ยทั้ง 3 ชุด พบว่ามีประสิทธิภาพเฉลี่ย 75.7 % ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3 โดยมีค่าความร้อนสูญเสียจากก๊าซร้อนสูงถึง 10.3% ซึ่งแสดงว่าการทำงานของหม้อไอน้ำทั้ง 3 ชุด ในสภาวะปัจจุบันมีประสิทธิภาพต่ำกว่ามาตรฐาน โดยทั่วไปประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำประเภทที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงจะมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง78 % ถึง 89 % ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงช่วงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำประเภทใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง

ที่มา : จากหนังสือ EFFICIENT BOILER OPERATIONS SOURCE BOOK แต่งโดย F.WILLIAM PAYNE หน้าที่ 22

จากผลการศึกษาโดยบริษัทผลิตหม้อไอน้ำ บริษัท KVB และ เอฟ วิลเลียม เพ สรุปไว้ว่า หม้อไอน้ำแบบท่อไฟประเภทใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง โดยควบคุมการเผาไหม้แบบใช้อากาศเกินน้อยที่สุด จะมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด 87.4 % ซึ่งแสดงว่า การควบคุมประสิทธิภาพการเผาไหม้ภายในหม้อไอน้ำ มีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสูงขึ้นได้

<u>หลักการเบื้องต้นของการเผาไหม้</u>

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 ก๊าซคาร์บอนมอนนอกออกไซด์(CO) และเขม่าจากเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด ซึ่งการเผาไหม้ที่อากาศไม่เพียงพอ จะให้พลังงานความร้อนออกมาน้อยกว่าการเผาไหม้สมบูรณ์มาก

ดังนั้นในทางปฏิบัติการเผาไหม้จริง ๆ จำเป็นต้องป้อนอากาศให้เกินกว่าความต้องการในเชิงทฤษฎี ปริมาณอากาศที่เกินนี้เรียกว่า อากาศส่วนเกิน (Excess Air) ซึ่งจะต้องปรับแต่งควบคุมมิให้น้อยจนเกินไปจนเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และมิให้มากจนเกินไป จนสูญเสียพลังงานความร้อนออกไปกับก๊าซไอเสียอย่างมาก เพราะออกซิเจนและไนโตรเจนในอากาศที่เกินมานี้ มิได้ทำปฏิกิริยาใด ๆ ในการ เผาไหม้นอกจาก จะดูดพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้และพาออกทิ้งปล่องไป

ตารางที่ 4.4 แสดง % ออกซิเจนและ % อากาศส่วนเกินในแก๊สไอเสียที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดี

ชนิดเชื้อเพลิง	% ออกซิเจนในก๊าซไอเสีย	% 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

<u>แนวทางการปรับปรุงการประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ</u>

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

การปรับอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงจะสามารถทราบแนวทางในการปรับลดหรือปรับเพิ่มได้จากการใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณ % ออกซิเจนของก๊าซไอเสีย ณ.จุดที่ใกล้กับทางออกของก๊าซไอเสียที่ออกไปสู่ปล่องควัน ซึ่งการปรับโดยวิธีนี้จะทำให้สามารถควบคุมการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำให้มี % ออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่ำกว่า 3.0% ได้

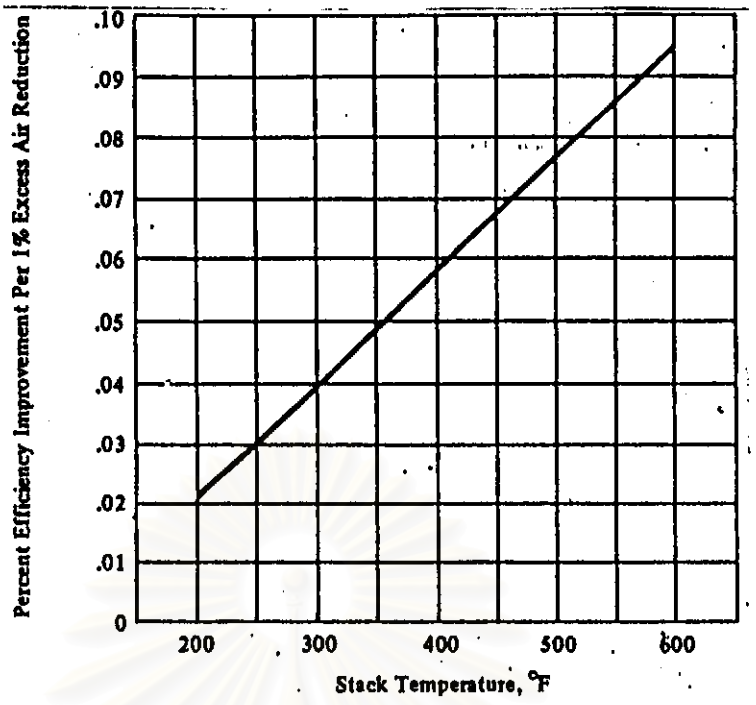
<u>ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ</u>

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

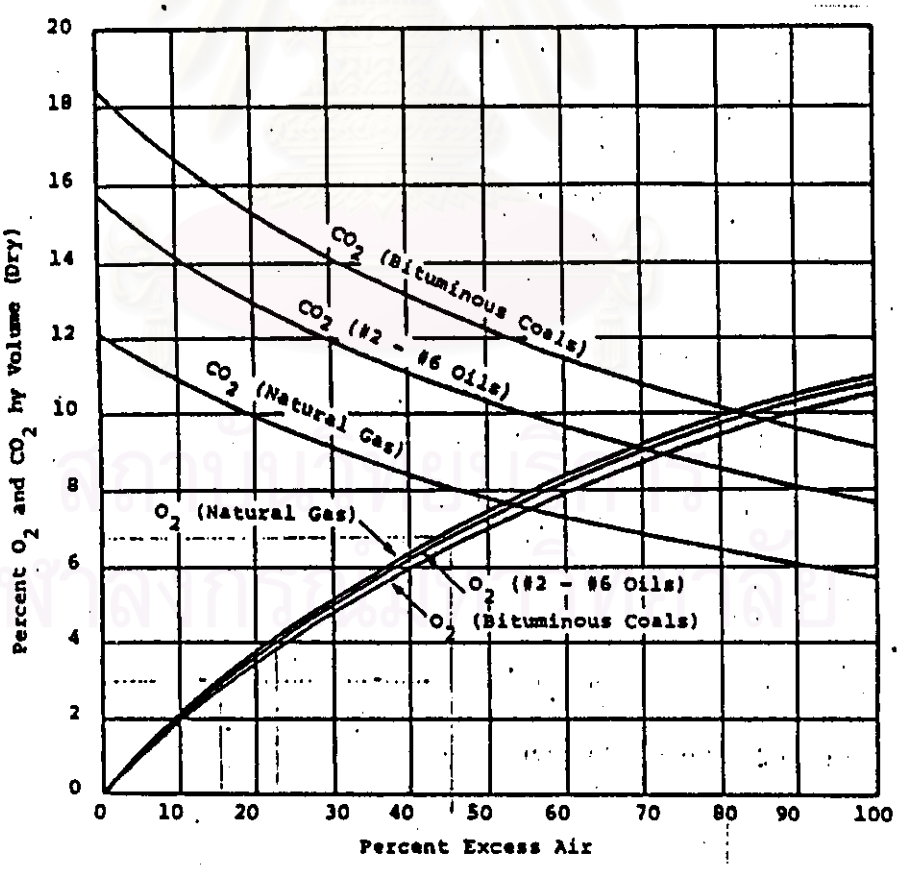
จากข้อมูลอุณหภูมิของก๊าซไอเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุงที่แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่าเท่ากับ 235 °Cเมื่อนำ % อากาศส่วนเกินที่ลดลง 30% และอุณหภูมิของก๊าซไอเสีย 235 °C (455 F°)ไปหาเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากรูปที่ 4.3 จะพบว่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจะเพิ่มสูงขึ้น 0.068 ทุก ๆ 1%อากาศส่วนเกินลดลง

ดังนั้นประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้นทั้งหมด = 30 % x 0.068 %

= 2.04 %



รูปที่ 4.3 แสดง %ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่สูงขึ้นทุก ๆ 1 %ของการลดอากาศส่วนเกิน



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ออกซิเจนและ %อากาศส่วนเกินของก๊าซไอเสีย

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

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

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x $\frac{\text{(ประสิทธิภาพใหม่ - ประสิทธิภาพเก่า)}}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}}$

= 5,837,214 ลิตร/ปี x $\frac{(82.37 - 80.33)}{82.37}$

= 144,566 ลิตร / ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 144,566 ลิตร / ปี x 4.32 บาท / ลิตร

= 624,525 บาท / ปี

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 : จากบริษัทอุตราเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด)

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน (บาท) / ผลตอบแทน (บาท/ปี)

= 30,000 / 624,525

= 0.05 ปี

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 ซึ่งจะไปแต่น้ำบริสุทธิ์ 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 (น้ำบริสุทธิ์)	2,482 ลูกบาศก์เมตร/เดือน	30 °C *
3. ปริมาณคอนเดนเสตกลับ	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/cm^2

ที่มา: ข้อมูลใบบันทึกการลิต ของหน่วยผลิตสาธารณูปการ

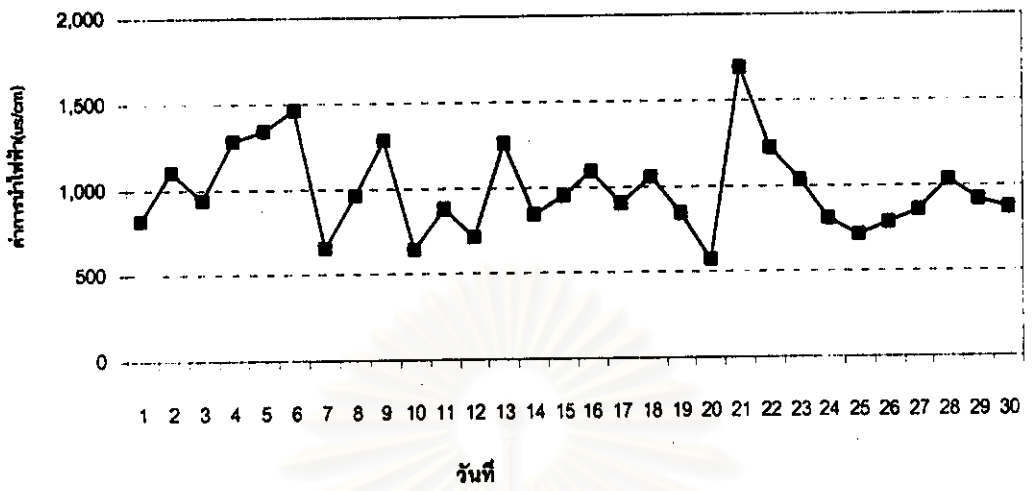
ตารางที่ 4.7 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำไอน้ำชุดที่ 2 ตลอดเดือน เมษายน 2541 (วัด ณ. 7.00 น)

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

มาตรฐานการควบคุมค่าการไฟฟ้าในหม้อไอน้ำ สำหรับน้ำป้อนประเภทน้ำบริสุทธิ์จะควบคุมค่าการนำไฟฟ้าภายในหม้อไอน้ำไม่เกิน 1,000 us/cm^2 (ข้อมูลจากคู่มือหม้อไอน้ำ IHI รุ่น KMS20A ในภาคผนวก ข) แต่จากข้อมูลในตารางที่4.7 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในช่วงเดือนเมษายน พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าในบางวันเกินช่วงควบคุม และในบางวันมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำว่าค่าควบคุมมากดังแสดงในรูปที่ 4.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในหม้อไอน้ำชุดที่2 ตลอดเดือนเมษายน

การระบายน้ำในหม้อไอน้ำ(Blowdown) ที่ถูกต้องตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน จะต้องควบคุมปริมาณการระบายน้ำทิ้ง (Blowdown)ให้มีค่าพอเหมาะกับค่าควบคุมความเข้มข้นของสารละลายในหม้อไอน้ำ โดยจะระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้ง (Blowdown) ก็ต่อเมื่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อไอน้ำมีค่าใกล้ถึงค่าควบคุม ส่วนการระบาย(Blowdown) เพื่อไล่ตะกอนหนักในหม้อไอน้ำจะระบายน้ำมีทิ้งเป็นเวลาเพียง 5 วินาทีต่อวัน

<u>แนวทางการปรับปรุงการระบายน้ำทิ้ง Blowdown</u>

ข้อมูลเบื้องต้น จากใบบันทึกการผลิตไอน้ำของโรงงานตัวอย่าง มีดังนี้

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำป้อน = 4 us/cm

ปริมาณผลิตไอน้ำต่อเดือน = 6,225 ตัน/เดือน

ค่าการนำไฟฟ้าควบคุม = 10 us/cm

การคำนวณหาปริมาณการระบายที่เหมาะสม

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

ที่มา: บริษัท สไปแร็กซ์ บุญเยี่ยม จำกัด, หลักสูตรการใช้ไอน้ำ (Steam Utilisation Course), 2539 หน้า2

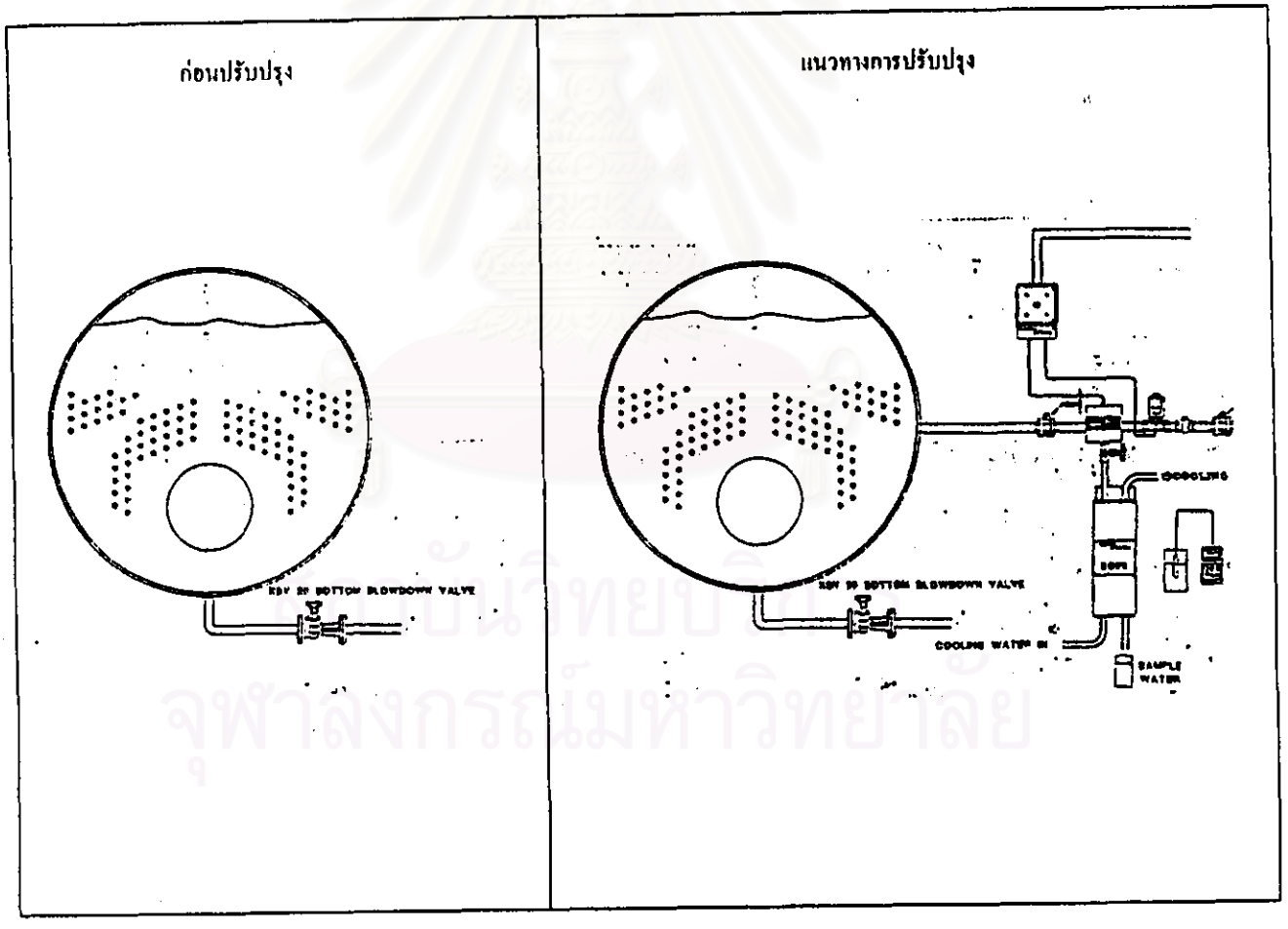
ปริมาณการระบาย = $\frac{4 * 6.225}{1000 - 4}$

= 25 ลูกบาศก์เมตร / เดือน

= 833.3 ลิตร / วัน

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 กระทำได้โดยติดตั้งชุดควบคุมการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้งอัตโนมัติ (Automatic Blowdown Control) เพื่อควบคุมค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในหม้อไอน้ำให้มีค่าขึ้นลงในช่วงแคบ ๆ ชุดควบคุมนี้จะวัดการนำไฟฟ้าของน้ำหม้อไอน้ำตลอดเวลา เมื่อพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ ก็จะทำการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้งโดยอัตโนมัติ จนกว่าค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สามารถลดปริมาณการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้งให้เหลือในปริมาณที่เหมาะสมที่สุดได้ตลอดเวลา

<u>ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อติดตั้งชุดควบคุมการระบายน้ำในหม้อไอน้ำ</u>

ผลตอบแทนเมื่อติดตั้งชุดควบคุมการระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้ง อัตโนมัติ

ปริมาณการระบายทิ้ง (Blowdown)ที่ลดลงได้ = 200.0 ลูกบาศก์เมตร / เดือน (จากตารางที่4.6)

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 = $\frac{3,060,153}{43,242 \times 0.8033}$

(น้ำมันเตามีค่าความร้อน = 43,242 kJ/kg)

= 88.1 kg / วัน

คิดเป็นน้ำมันเตาใน 1 เดือน = 2,643 kg/เดือน

คิดเป็นจำนวนเงินต่อเดือน = $\frac{2,643 \times 4.32}{0.93}$

(ราคาน้ำมันเตา = 4.32 บาท/ลิตร, ถ.พ น้ำมันเตา = 0.93)

= 12,277 บาท/เดือน

= 147,324 บาท/ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การลงทุน

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

ค่าลงทุนในการติดตั้ง ชุดควบคุมอัตโนมัติ = 140,000 บาท

(ข้อมูลจากบริษัท SPIRAX SARCO)

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน(บาท) / ผลตอบแทน(บาท / ปี)

$$= \frac{140{,}000 \text{ (บาท)}}{147{,}324 \text{ (บาท/ปี)}}$$

= 0.95 ปี

ดังนั้นสมควรที่จะลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมอัตโนมัติที่หม้อไอน้ำเนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1 ปี

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการประหยัดพลังงานด้วยการปรับปรุงการระบายน้ำทิ้ง(Blowdown)

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

ที่มา: จากการคำนวณของผู้วิจัย

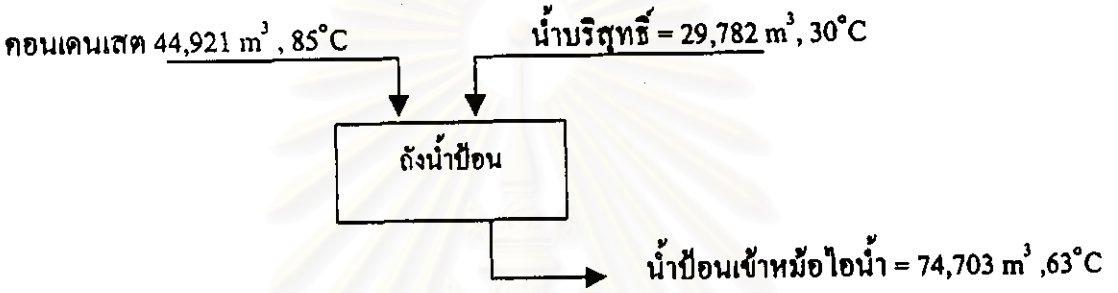
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 <u>การนำคอนเดนเสตกลับมาใช้ใหม่</u>

จากการศึกษาและสำรวจโรงงานปรากฏว่า โรงงานนำคอนเดนเสตที่ได้จากหน่วยงานผลิตพีวีซี เรซิน และจากหน่วยงานผลิตสาธารณูปการ ส่งกลับมาให้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ 60% เพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนและลดปริมาณน้ำเติมเข้าถังน้ำป้อน ปริมาณคอนเดนเสตที่ส่งกลับหาจากข้อมูลการผลิตไอน้ำปี 2540 จากตารางที่ 4.6 มีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูล ปริมาณน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ = 74, 703 m^3/ปี

ปริมาณน้ำบริสุทธิ์เติมเข้าถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ = 29,782 m^3/ปี



คิดเป็นเปอร์เซ็นต์คอนเดนเสตนำกลับ = $\frac{44,921}{74,703}$

= 60.13%

ตามหลักการการอนุรักษ์พลังงาน ถ้าเพิ่มปริมาณการส่งกลับคอนเดนเสตให้มากขึ้น จะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1.ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

เนื่องจากน้ำคอนเดนเสตมีความร้อนเหลืออยู่เมื่อนำมาผสมกับน้ำป้อนเข้าถังน้ำป้อนจะทำให้น้ำในถังน้ำป้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้หม้อไอน้ำใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในการต้มน้ำให้เดือดเป็นไอลดลง

2.ลดค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

เนื่องจากน้ำป้อนหม้อไอน้ำจำเป็นต้องมีการปรับแต่งด้วยสารเคมีเพื่อให้เป็นน้ำบริสุทธิ์ ถ้าหากนำคอนเดนเสตซึ่งเป็นน้ำสุทธิ์กลับมาเป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำแล้วจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณน้ำบริสุทธิ์ป้อนเข้าหม้อไอน้ำลงได้

สภาวะก่อนปรับปรุงผู้วิจัยได้สำรวจการปล่อยทิ้งคอนเดนเสตภายในโรงงาน ตัวอย่างพบว่ามีการปล่อยน้ำคอนเดนเสตทิ้งที่บริเวณต่าง ๆ ดังนี้

ตาราง4.9 ข้อมูลสำรวจการปล่อยทิ้งคอนเดนเสตจากสตีมแทรป

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	ใต้ถังปฏิกิริยา pvc line 4	22.4
7	ใต้ถังปฏิกิริยา pvc line 3	38.0
8	ใต้ท่อส่งไอน้ำเข้า 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	ใต้ Header ไอน้ำ ส่งเข้า pvc line 3	16.3
14	ใต้ Header ไอน้ำ ส่งเข้า pvc line 4	23.5
	รวม	913.2

ที่มา:ใบบันทึกการสำรวจการปล่อยคอนเดนเสตทิ้งภายในโรงงานตัวอย่าง

วิธีการส่งคอนเดนเสตที่ปล่อยทิ้งกลับ โดยวิธีการต่อท่อและใช้แรงดันของไอน้ำเป็นแรงผลักดันให้น้ำคอนเดนเสตกลับเข้าถังเก็บน้ำร้อนที่อยู่บริเวณจุดปล่อย ซึ่งที่ถังเก็บน้ำร้อนจะมีปั๊มส่งน้ำคอนเดนเสต กลับเข้าถังพักน้ำป้อนของหม้อไอน้ำอยู่แล้ว โดยปั๊มจะทำงานอัตโนมัติ เมื่อระดับน้ำในถังน้ำร้อนสูงถึงระดับที่ตั้งค่าให้สูบกลับได้

ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อนำคอนเดนเสตกลับมาใช้ใหม่

ผลการนำคอนเดนเสตกลับมาใช้ใหม่ = 913.2 litre / hr

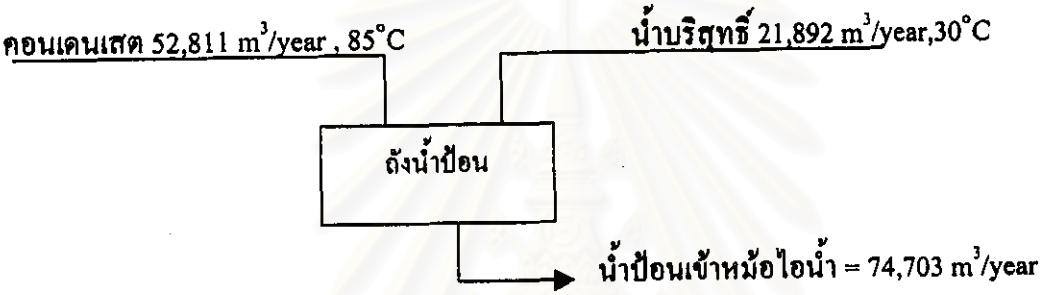
= 657.504 m^3/month

= 7,890 m^3/year

ดังนั้นปริมาณคอนเดนเสตร่วม = 44,921 + 7,890

= 52,811 m^3/year

การหาอุณหภูมิในถังน้ำป้อนใหม่



อุณหภูมิในถังน้ำป้อนใหม่ = $\frac{52,811 \times 85 + 21,892 \times 30}{74,703}$

= 69 °C

ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำจะเพิ่มขึ้นจาก 63 °C เป็น 69 °C

ปริมาณน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ = 8,645.8 kg/hr หรือ 74,703 m^3/year

คิดเป็นปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการนำคอนเดนเสตกลับมากขึ้น

= 8,645.8 x (69 – 63) kcal /hr

= 51,874.8 kcal/hr

ดังนั้นเทียบความร้อนของคอนเดนเสตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้

= $\frac{51,874.8}{10,350 \times 0.8033 \times 0.93}$

= 6.71 ลิตร / ช.ม

= 57,974 ลิตร /ปี

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

นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณน้ำบริสุทธิ์ป้อนเข้าถังน้ำป้อนได้ = 7,890 ลูกบาศก์เมตร / ปี

ต้นทุนผลิตน้ำบริสุทธิ์ = 28.08 บาท / ลูกบาศก์เมตร

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ = 7,890 x 28.08

= 221,551 บาท /ปี

ดังนั้นผลที่ได้รับจากการนำคอนเดนเสตกลับเพิ่มทำให้ประหยัดเงินได้ทั้งหมด

= 250,448 + 221,551

= 471,999บาท/ปี

การลงทุน

- ต่อท่อคอนเดนเสตส่งกลับเข้าถังน้ำร้อน ขนาด1/2" 160 m. = 16,000 บาท
- ค่าฉนวนหุ้มท่อคอนเดนเสต = 18,000 บาท
- ค่าแรงในการดำเนินการ (3 คน , 3 วัน) = 10,000 บาท

รวมเงินลงทุน = 44,000 บาท

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน(บาท) / ผลตอบแทน(บาท / ปี)

$$= \frac{44{,}000 \text{ (บาท)}}{471{,}999 \text{ (บาท/ปี)}}$$

= 0.1 ปี

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการประหยัดพลังงานด้วยการนำคอนเดนเสตกลับเพิ่ม

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

ที่มา:จากการคำนวณของผู้วิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 การลดความดันในการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับความดันที่ใช้งาน

สภาวะของปัญหา

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
ค่าความดันไอน้ำผลิตสูงสุด (kg/cm^2)	14.0	12.0
ค่าความดันไอน้ำผลิตต่ำสุด (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 (จากข้อมูลการผลิตจริงที่ระบบผลิตไอน้ำปี2540)
- ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (F) = 10,350 k Cal / kg (43,242 kJ/kg)
- ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง = 0.93 kg/Litre
- ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Eb) = 80.33 %

จากสูตร ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Eb) = $\frac{Ms\,(hg - hf)\,x100}{Mf\,x\,f}$

ที่มา: บริษัทมิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด, เอกสารอบรมหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน, กทม.

การคำนวณ

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

เอนธาลปีของไอน้ำที่หม้อไอน้ำความดัน 14 kg/cm^2 (hf) = 2,790.0 kJ/kg(จาก Steam table)

เอนธาลปีของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (hf) = 63x4.178 kJ / kg ($hf = TC_p$)

= 263.2 kJ/kg

หาค่ามวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) โดย

แทนค่า 80.33 = $\frac{1,000\,(2,7900.0 - 263.2)\,x100}{Mf\,x\,43,242}$

Mf = 72.74 kg/hr

มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) = 72.74 kg/hr

เทียบเป็นปริมาตรน้ำมันเตา = $\frac{72.74\ kg/hr}{0.93\ kg/litre}$

= 78.2 Litre/hr

คำนวณหาปริมาตรน้ำมันที่ใช้เมื่อปรับลดความดันการผลิตไอน้ำสูงสุดลงมาที่ 12 kg/cm^2

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

เอนธาลปีของไอน้ำที่หม้อไอน้ำความดัน 12kg/cm^2 (hf) = 2,784.8 KJ/kg (จาก Steam table ภาคผนวก ข2.)

เอนธาลปีของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (hf) = 263.2 kJ/kg

หาค่ามวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) โดย

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

Mf = 72.59 kg/hr

มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (Mf) = 72.59 kg/hr

เทียบเป็นปริมาตรน้ำมันเตา = $\frac{72.59\ kg/hr}{0.93\ litre/hr}$

= 78.05 Litre/hr

ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ผลิตไอน้ำ 1 ตันลดลง = 78.2 – 78.05 Litre/Ton

= 0.15 Litre / Ton ไอน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใน 1 ปี ผลิตไอน้ำ 74,703 ตัน คิดเป็นน้ำมันเตาที่ลดได้ = 0.15 Litre/Ton ไอน้ำ x74,703 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 2kg/cm^2 สามารถประหยัดปริมาณน้ำมันเตาลงได้เพียง48,408บาท/ปี เนื่องจากไม่สามารถลดความดันไอน้ำในการผลิตไอน้ำลงให้ต่ำกว่า 10.0 kg/cm^2 ลงได้ เพราะหน่วยผลิตพีวีซีมีความต้องการใช้ไอน้ำที่ความดันต่ำที่สุด 10.0 kg/cm^2 ในขั้นตอนการเคลือบสารเคมีลงบนผิวถังปฏิกิริยา ซึ่งถ้าทำการลดความดันไอน้ำให้ต่ำกว่า 10.0 kg/cm^2 จะกระทบต่อคุณภาพการผลิตพีวีซีได้

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

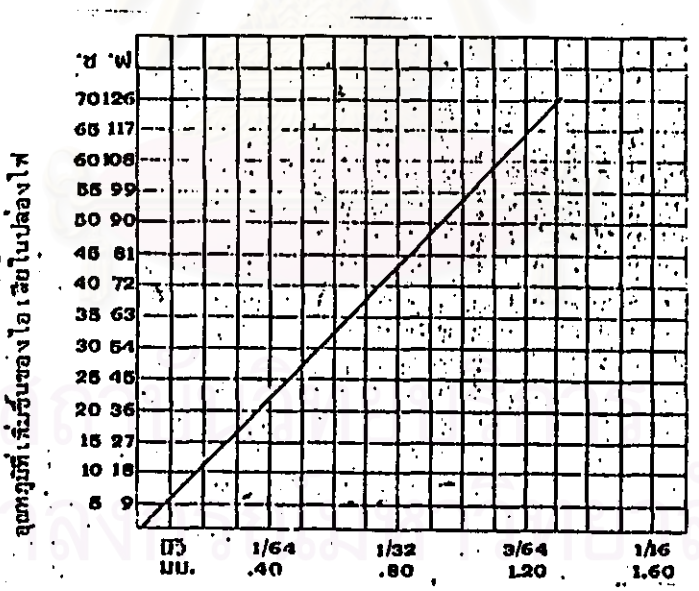
ดังนั้น การลงทุนซื้อหม้อไอน้ำที่มีกำลังการผลิตไอน้ำประมาณ 2 ตันต่อชั่วโมง และสามารถผลิตไอน้ำที่ความดันมากกว่า 10.0 kg/cm^2 เพิ่มเติมอีก 1 ชุด จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้การลดความดันการผลิตไอน้ำลงให้ต่ำกว่า 10.0 kg/cm^2 สามารถกระทำได้ โดยไม่กระทบต่อคุณภาพการผลิตพีวีซีได้ แต่เนื่องจากการลงทุนซื้อหม้อไอน้ำใหม่ต้องใช้เงินลงทุนประมาณ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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.5 การจัดแผนการทำความสะอาดท่อไฟและการตรวจสอบหัวฉีดน้ำมัน

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

การตรวจสอบว่าท่อไฟมีเขม่ามากหรือไม่ สามารถตรวจสอบได้โดยสังเกตจากอุณหภูมิที่ปล่อยไอเสีย โดยปรกติอุณหภูมิของปล่อยไอเสีย เมื่อเครื่องเดินปกติจะมีอุณหภูมิประมาณ 200°C ไม่เกิน 250°C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 250°C ขึ้นไป แสดงว่ามีเขม่าพอสมควรที่จะทำความสะอาดท่อไฟ ดังรูปที่ 4.7 หรือตรวจสอบจากอุณหภูมิปล่องไอเสียโดยปกติจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของไอน้ำประมาณ 150 °F ถึง 200 °F ที่ตำแหน่งอัตราไฟสูงสำหรับหม้อไอน้ำผลิตไอเปียก



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียที่ปล่องไฟกับความหนาของเขม่า

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

นอกจากนี้พบว่าการทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเตาภายในโรงงานตัวอย่าง จะกระทำก็ต่อเมื่อตรวจพบปัญหาการเผาไหม้ หรือตรวจพบตะกรันน้ำมันเกาะที่หัวฉีดน้ำมันเตามากจนทำให้เปลวไฟในห้องเผาไหม้ไม่นิ่งการที่หัวฉีดน้ำมันสกปรกจะทำให้เปลวไฟที่ได้ไม่เหมาะสมกับหม้อไอน้ำที่ใช้และเป็นสาเหตุให้มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงซึ่งปัญหาที่พบได้บ่อย ๆ คือ

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

ดังนั้นการวางแผนทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเตาอย่างสม่ำเสมอจะทำให้สามารถลดปัญหาที่เกิดจากหัวฉีดน้ำมันเตาสกปรกได้ โดยปกติหัวฉีดน้ำมันต้องทำความสะอาดอย่างน้อย 2 อาทิตย์ต่อครั้ง

<u>แนวทางในการทำแผนทำความสะอาดท่อไฟและการตรวจสอบหัวฉีดน้ำมัน</u>

การที่ผิวท่อไฟมีเขม่าไฟน้อยหรือปราศจากเขม่าจะทำให้การถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปยังน้ำดีขึ้น ดังนั้นการวางแผนเพื่อให้มีการทำความสะอาดท่อไฟอย่างสม่ำเสมอ นอกเหนือจากการทำความสะอาดเมื่อตรวจพบอุณหภูมิไอเสียสูงผิดปกติ จะทำให้สามารถลดปริมาณเขม่าในท่อไฟได้

การกำหนดแผนทำความสะอาดท่อไฟจะกำหนดเป็นชั่วโมงการทำงานของหม้อไอน้ำโดยจะทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมเปรียบเทียบ กับปริมาณเขม่าที่พบในการทำความสะอาดท่อไฟแต่ละครั้ง เมื่อได้ช่วงเวลาในการทำความสะอาดที่เหมาะสมจึงกำหนดเป็นแผนการทำความสะอาดท่อไฟเพื่อใช้ควบคุมให้มีการทำความสะอาดท่อไฟอย่างสม่ำเสมอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 พิจารณาการลดต้นทุนด้านค่าไฟฟ้า

วิเคราะห์สาเหตุของการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูง

จากการสำรวจการใช้ปริมาณไฟฟ้าภายในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการ พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูง เนื่องจากไม่มีการดำเนินการเพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น เช่น ไม่มีการสำรวจการรั่วของระบบท่อส่งอากาศอัด ทำให้ระบบผลิตลมอัดความดันสูงต้องสูญเสียพลังงานไฟฟ้า ในการผลิตลมให้มีปริมาณมากขึ้นเพื่อชดเชยปริมาณอากาศอัดที่รั่วทิ้งไป นอกจากนี้ตรวจพบว่าระบบการส่งจ่ายสิ่งสาธารณูปการต่างๆ ไม่เป็นระบบจ่ายโหลดแบบอัตโนมัติ ทำให้พบว่าปริมาณการส่งจ่ายของหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการไม่สอดคล้องกับความต้องการของหน่วยผลิตพีวีซี ซึ่งส่วนมากจะเป็นการส่งจ่ายให้หน่วยผลิตพีวีซีมากเกินความจำเป็น เช่นการส่งจ่ายน้ำหล่อเย็น การส่งจ่ายลมอัดความดันสูง

จากสาเหตุดังกล่าว ผู้วิจัยได้หาแนวทางในการลดปริมาณไฟฟ้าภายในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการได้ดังนี้

1. สำรวจและซ่อมรูรั่วไหลของระบบท่อส่งและอุปกรณ์ใช้ลมต่างๆ

จากการสำรวจการใช้อากาศอัดภายในโรงงานตัวอย่าง พบว่าปริมาณการใช้ลมอัดความดันสูงมีปริมาณที่สูงมาก แม้ในช่วงที่หน่วยผลิตพีวีซีลดกำลังการผลิตลง ซึ่งสังเกตุได้จากจำนวนเครื่องอัดอากาศที่ไม่สามารถลดจำนวนเครื่องลงได้ เพราะจะทำให้ความดันในระบบท่อส่งลดต่ำกว่าค่าควบคุม จึงแสดงให้เห็นถึงการรั่วของอากาศอัดภายในระบบท่อส่งและอุปกรณ์ใช้ลมต่างๆ ดังนั้นการลดการรั่วของอากาศอัดลงจะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตลมอัดความดันสูงได้

2. ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติที่ปั๊มและพัดลมในระบบน้ำหล่อเย็น

เพื่อควบคุมให้ปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัดลม มีจำนวนชุดที่ทำงานสอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำหล่อเย็นของหน่วยผลิตพีวีซีตลอดเวลา ซึ่งจะสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเดินปั๊มและพัดลมมากเกินความจำเป็นลงได้

3 ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติในการเดินปั๊มและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

การเดินปั๊มและเครื่องเป่าลมที่บ่อปรับสภาพน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียในอดีตจนถึงปัจจุบันจะมีชั่วโมงการทำงานตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำเสียให้มีค่าต่ำกว่า 40 °C ซึ่งจากการศึกษาสภาพการทำงานพบว่าในบางเวลาน้ำเสียไหลเข้าระบบบำบัดมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40 °C จึงน่าจะสามารถงดการเดินปั๊มที่ระบบนี้ได้ โดยการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิที่ปั๊ม ส่วนเครื่องเป่าลมควรจะทดลองลดชั่วโมงการทำงานลงและศึกษาถึงผลกระทบของการดำเนินการ

4. ปรับลดคุณภาพของลมที่ผลิตเพื่อลดการสูญเสียลม

ในระบบผลิตลมความดันสูงของโรงงานตัวอย่าง จะมีเครื่องทำลมแห้งโดยใช้สารดูดความชื้น ซึ่งต้องสูญเสียลมที่ผลิตได้ส่วนหนึ่ง ในการไล่ความชื้นออกจากเม็ดดูดความชื้น เพื่อให้ได้ลมที่มีความแห้ง -40 °C โดยปกติอุปกรณ์ที่ใช้ลมภายในโรงงานตัวอย่างมีความต้องการลมที่มีความแห้ง –10 °C ดังนั้นจึงน่าจะปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องทำลมแห้งให้มีความแห้งไม่มากเกินความต้องการของอุปกรณ์ใช้ลม โดยการขยายเวลาในการทำงานของเม็ดดูดความชื้น ซึ่งจะทำให้สามารถลดปริมาณการสูญเสียลมในการไล่ความชื้นออกจากเม็ดดูดความชื้นได้

จากสาเหตุข้างต้นสามารถสรุปสาเหตุและเสนอแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงได้ดังนี้

สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1. ตรวจพบการรั่วของอากาศอัดในระบบท่อส่งและอุปกรณ์ต่างๆมาก	1. สำรวจและซ่อมแซมจุดรั่วของอากาศอัดภายในระบบท่อส่งและอุปกรณ์ต่างๆ
2. มีการเดินจำนวนปั๊มและพัดลมมากเกินไป ไม่สอดคล้องกับความต้องการของหน่วยผลิตพีวีซี	2. ติดตั้งระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติของปั๊มและพัดลมที่ระบบผลิตน้ำหล่อเย็น
3. มีการเดินปั๊มและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสียมากเกินความจำเป็น	3.ติดตั้งระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติของปั๊มและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสีย
4. การใช้ลมที่มีความแห้งมากเกินความจำเป็น	4.ยืดระยะเวลาในการทำงานของเม็ดดูดความชื้น

จากแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ภายในหน่วยผลิตสาธารณูปการที่นำเสนอ พบว่าสามารถดำเนินการได้ ยกเว้นการยืดระยะเวลาในการทำงานของเม็ดดูดความชื้น เพื่อปรับลดคุณภาพความแห้งของลมให้มีความแห้งลดลง เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการใช้ลมส่วนหนึ่งในการเป่าผงพีวีซี เข้าเก็บในถังเก็บพีวีซี ซึ่งลมจะสัมผัสกับผงพีวีซีและถ้าลมมีความแห้งไม่เพียงพอ จะทำให้ผงพีวีซีจับตัวเป็นก้อนและจะกระทบกับการใช้งานของลูกค้า ทางโรงงานจึงยกเลิกแนวทางในการปรับลดคุณภาพความแห้งของลม ดังนั้นผู้วิจัยจะเสนอเฉพาะแนวทางในการดำเนินการเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าที่สามารถดำเนินการได้ดังนี้

4.2.1 การลดต้นทุนด้านไฟฟ้าโดยลดการรั่วของลมอัดความดันสูง

4.2.2 การลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มและพัดลมที่ระบบผลิตน้ำหล่อเย็น

4.2.3 การลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มและเครื่องเป่าลมที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2.1 <u>ลดต้นทุนด้านไฟฟ้าของหน่วยผลิตลมความดันสูง</u>

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

<u>สภาวะของปัญหา</u>

ตรวจพบปัญหาการรั่วไหลของลมจากระบบท่อส่งและอุปกรณ์ใช้ลมต่าง ๆ เป็นปริมาณที่สูงมากทำให้ต้องเดินเครื่องอัดลมเสริมเกือบตลอดเวลา แม้ว่าหน่วยผลิตพีวีซีผงและพีวีซีเม็ดจะลดกำลังผลิตลง แต่ทางหน่วยผลิตก็ไม่สามารถจะลดจำนวนเครื่องอัดลมให้สอดคล้องตามได้และในโรงงานตัวอย่างไม่มีแผนการสำรวจและซ่อมการรั่วของอากาศอัด ซึ่งเมื่อผู้วิจัยทำการสำรวจการรั่วไหลของอากาศอัดที่บริเวณวาล์ว ข้อต่อ หน้าแปลนที่ท่อส่งอากาศ และอุปกรณ์ใช้อากาศอัดโดยวิธีใช้น้ำสบู่ทาที่ตำแหน่งรั่วไหล พบว่ามีการรั่วไหลของอากาศอัดทั้งหมด 112.21 ลิตร/วินาที หรือ 403.95 ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง (ดูตาราง ค.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 ค.1 และการคำนวนในภาคผนวก ค. โดยมีที่มาจากโรงงานตัวอย่าง

ในการผลิตลมอัดความดันสูงของเครื่องอัดอากาศจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นตัวจ่ายพลังให้แก่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ให้เกิดการทำงาน ดังนั้นเมื่อมีการรั่วไหลของอากาศอัด ซึ่งหมายถึงมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าสำหรับอัดอากาศโดยเปล่าประโยชน์

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

<u>แนวทางการแก้ไข</u>

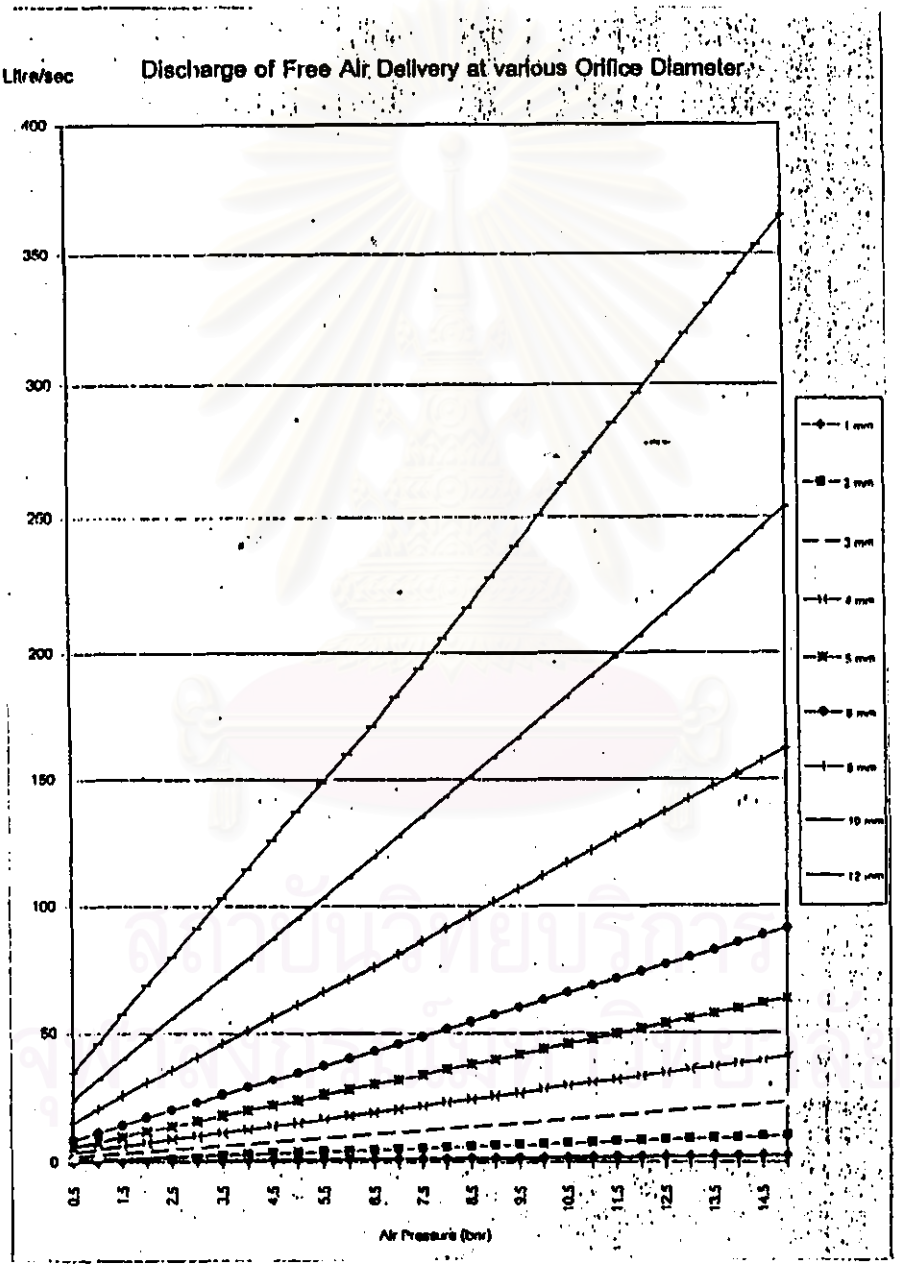
จากการสำรวจพบการรั่วไหลของอากาศอัดทั้งหมดทุกหน่วยงานมีค่าเท่ากับ 112.21 คิดเป็น 23.41 % ของอัตราการผลิตอากาศอัดทั้งหมดซึ่งทำให้โรงงานต้องสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการผลิตลมความดันสูงแล้วเกิดการรั่วไหลโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นจึงต้องทำการแก้ไขการรั่วไหลของลมความดันสูงดังนี้

1.ทำการซ่อมจุดรั่วไหลทั้งหมด

2.จัดแผนการสำรวจการรั่วไหลของลมอัดความดันสูงทุก ๆ 4 เดือนเพื่อค้นหาจุดที่มีการรั่วและดำเนินการแก้ไขทันที

ผลการปรับปรุงแก้ไขการรั่วไหลของลมอัดความดันสูง

ประมาณผลการซ่อมรอยรั่วเหลือการรั่วของลมอัดความดันสูงที่ 5 % ของอัตราการผลิตลมทั้งหมดซึ่งจะสามารถลดอัตราการรั่วไหลของลมอัดความดันสูงได้ 88.24 ลิตร / วินาที คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 407,462 กิโลวัตต์/ปี เปรียบเทียบเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 688,611 บาท/ ปี) จากการคำนวนในภาคผนวก ค และตารางที่ 4.12)



รูปที่4 .8 แสดงปริมาตรอากาศรั่วที่ขนาดรูต่าง ๆ และความดันต่าง ๆ

ที่มา: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องระบบอัดอากาศ, 2538, หน้า 81

การลงทุนซ่อมรอยรั่วของลมอัดความดันสูง

จากการประเมินค่าซ่อมรอยรั่วทั้งหมดมีค่าใช้จ่ายประมาณ 50,000 บาท (ที่มา:ประเมินค่าใช้จ่ายโดย บริษัท โทเทิลแพลน์เซอร์วิส)

คำนวนหาระยะเวลาคืนทุน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{50{,}000 \text{ บาท}}{688{,}611 \text{ บาท/ปี}}$$

$$= 0.073 \text{ ปี}$$

ตารางที่ 4.13 สรุปการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตลมความดันสูง

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

4.2.2 ลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มและพัดลมที่ระบบผลิตน้ำหล่อเย็น

สภาวะปัญหา

หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็นของโรงงานตัวอย่างในปัจจุบันที่ใช้งานอยู่ประกอบด้วยคูลลิ่งเทาวอร์ 2 ชุด คือ คูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2 และคูลลิ่งเทาวเวอร์ชุดที่ 3 คูลลิ่งเทาวเวอร์ทั้ง 2 ชุด จะส่งน้ำหล่อเย็นให้หน่วยผลิตพีวีซีเรซินเพื่อระบายความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยน โดยจะมีลักษณะการใช้มาก-น้อยไม่คงที่ตลอดทั้งวัน ซึ่งปกติหน่วยผลิตพีวีซีเรซินจะใช้ปริมาณน้ำหล่อเย็นมาก ในช่วงที่มีการเกิดปฏิกิริยาในถังปฏิกิริยานอกจากช่วงนี้ไปจะใช้ปริมาณน้ำหล่อเย็นน้อย

จากการศึกษาการทำงานของระบบผลิตภัณฑ์น้ำหล่อเย็น จะพบว่า ที่คูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2 ประกอบไปด้วยพัดลม 2 ชุด และปั๊มส่งน้ำหล่อเย็น 3 ชุด และคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 3 ประกอบด้วย พัดลม 4 ชุด และปั๊มส่งน้ำหล่อเย็น 4 ชุด ซึ่งโดยปกติการเดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นจะมีลักษณะการทำงาน แสดงดังตารางที่4.14

ตารางที่4.14 แสดงจำนวนการเดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัดลมในสภาวะปกติตลอดปี2540

หัวเรื่อง	จำนวนปั๊ม (ชุด)		ช่วงความดัน (kg/cm^2)	จำนวนที่พัดลม (ชุด)	ช่วงอุณหภูมิน้ำส่ง (^oC)	หมายเหตุ
	ช่วงใช้ปกติ	ช่วงใช้มาก				
ทูลลิ่งเทาเวอร์ ชุดที่ 2	1	2	4.0 – 6.0	2	26 -30	- เดินปั๊ม 2 ตัวเมื่อความดันต่ำกว่า 4.0 kg/cm^2
ทูลลิ่งเทาเวอร์ ชุดที่ 3	2	3	4.0 – 6.2	4	26 -30	- เดินปั๊ม 3 ตัวเมื่อความดันต่ำกว่า 4.0 kg/cm^2

ที่มา:ใบบันทึกการผลิตน้ำหล่อเย็นของโรงงานตัวอย่าง

ความดันในระบบส่งน้ำหล่อเย็นมีค่าลดต่ำลงเกิดขึ้นจากการที่หน่วยผลิตพีวีซีเรซิน เปิดวาล์วน้ำหล่อเย็นเข้าระบายความร้อนกังปฏิกิริยา เพื่อควบคุมอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาพีวีซี ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของสูตรพีวีซี โดยบางสูตรไม่ต้องเดินปั๊มน้ำหล่อเย็นเสริมในขณะที่บางสูตรต้องการให้เดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นเพียงชั่วครู่ และในบางสูตรมีความต้องการให้เดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นตลอดการเกิดปฏิกิริยาของสูตรนั้น ๆ

<u>ปัญหาที่พบในระบบผลิตน้ำหล่อเย็น</u>

1. เดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นจำนวนมากเกินความจำเป็น

เนื่องจากในปัจจุบันการเดินปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นเสริมเพิ่มอีก 1 ตัว จะกระทำ เมื่อได้รับสัญญาณเตือน ค่าความดันในระบบน้ำหล่อเย็นต่ำกว่า 4.0 kg/cm^2 หรือตรวจพบความดันในระบบท่อน้ำหล่อเย็นมีแนวโน้มต่ำลงอย่างรวดเร็วในขณะจดบันทึกสภาวะการทำงาน และการลดจำนวนปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นลงจะกระทำเมื่อตรวจพบว่าค่าความดันในระบบส่งน้ำหล่อเย็นมีค่าสูงถึง 5.5 kg/cm^2 ในช่วงที่มีการจดบันทึกสภาวะการทำงาน ซึ่งโดยปกติจะจดบันทึก ทุกๆ 2 ชั่วโมงทำให้บ่อยครั้งที่ตรวจพบการเดินจำนวนปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นมากเกินความจำเป็น หรือไม่สอดคล้องกับการใช้ของหน่วยผลิตพีวีซีเรซินส่งผลให้หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย

2. เดินพัดลมระบายความร้อนจำนวนมากเกินความจำเป็น

ปกติการเดินพัดลมในระบบผลิตน้ำหล่อเย็น จะควบคุมอุณหภูมิของน้ำส่งหน่วยผลิตพีวีซีเรซิน จะมีค่าไม่ให้เกิน 32°C อยู่ตลอดเวลา แต่จากการตรวจสอบอุณหภูมิน้ำส่งเข้าหน่วยผลิตพีวีซีเรซินในอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าการเดินพัดลมของคูลลิ่งเทาเวอร์ ชุดที่ 2 จะเดิน 2 ชุด ตลอดเวลาและคูลลิ่งเทาวเวอร์ ชุดที่ 3 จะเดิน 4 ชุดตลอดเวลาซึ่งจากการทดลอง หยุดพัดลมลง 1 ตัวในช่วง ที่อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น มีค่าต่ำกว่า 28 °C พบว่าสามารถดำเนินการได้เป็นเวลา 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงต่อการหยุด 1 ครั้ง ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นกับสูตรผลิตของหน่วยผลิตพีวีซีเรซิ่น ว่าเป็นสูตรที่มีการคายความร้อนมากน้อยเพียงใด และขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกในขณะนั้น

<u>แนวทางการแก้ไข</u>

1.ติดตั้งระบบควบคุมความดันอัตโนมัติ

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

2.ติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติที่พัดลมระบายอากาศ

เพื่อควบคุมให้พัดลมมีจำนวนชุดทำงานสอดคล้องกับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นตลอดเวลา โดยควบคุมให้พัดลมชุดเดินเสริมเริ่มทำงานที่31 °C และหยุดทำงานที่ 28 °C

<u>ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ</u>

สามารถลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัดลมได้

ตารางที่4.15แสดงจำนวนชั่วโมงการทำงานของปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นและพัดลมเสริมมากเกินความจำเป็นปี2540

รายการ	คูลลิ่งเทาเวอร์ ชุดที่2	คูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่3	รวม
ชั่วโมงการทำงานของปั๊มส่งน้ำหล่อเย็นชุดเสริม ที่ความดันมากกว่า5.5kg/cm^2	32 ชั่วโมงต่อเดือน	50 ชั่วโมงต่อเดือน	82 ชั่วโมงต่อเดือน
ชั่วโมงการทำงานของพัดลมชุดเสริมที่อุณหภูมิต่ำกว่า 28°C	28 ชั่วโมงต่อเดือน	80 ชั่วโมงต่อเดือน	108 ชั่วโมงต่อเดือน

ที่มา:ใบบันทึกการทำงานของระบบผลิตน้ำหล่อเย็นของโรงงานตัวอย่าง

<u>คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ดังนี้</u>

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

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

รวมเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 15,244 + 5,476 บาท/เดือน

= 20,720 บาท/เดือน หรือ 248,640บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

1.ติดตั้งชุดควบคุมความดันที่ปั๊มส่งน้ำหล่อเย็น 2 ชุด = 80,000 บาท

2.ติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิที่พัดลม 2 ชุด = 20,000 บาท

รวม = 100,000 บาท

(ที่มา :บริษัทโทเทิลแพลนส์เซอร์วิส จำกัด)

<u>คำนวณระยะเวลาคืนทุน</u>

ระยะเวลาคืนทุน = 100,000 / 248,640

= 0.40 ปี

ตารางที่ 4.16 สรุปการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบน้ำหล่อเย็น

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

ที่มา:จากการคำนวณของผู้วิจัย

4.2.3 การลดต้นทุนด้านค่าไฟฟ้าของหน่วยบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตพีวีซีของโรงงานมีแผนการผลิตเกือบตลอดทั้งปี ทำให้โรงงานตัวอย่างมีน้ำเสียไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสียตลอดเวลา อีกทั้งระบบบำบัดของโรงงานตัวอย่างเป็นแบบระบบบำบัดชีวภาพคือ มีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ให้เกาะอยู่บนผิวของตัวกลางพลาสติกซึ่งมีความต้องการอากาศอยู่ตลอดเวลา ทำให้จำเป็นต้องเดินระบบแบบต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาจากกิโลวัตต์รวมทั้งหมดของทั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ดังได้แสดงไว้ดังตารางที่4 .17 แล้วพบว่ามอเตอร์และปั๊มทุกตัวส่วนใหญ่จะสลับตัวเดินตลอด 24 ชั่วโมง หรือเดินแบบอัตโนมัติ จึงเป็นการยากที่จะลดต้นทุนค่าไฟฟ้าจากส่วนนี้ แต่เมื่อพิจารณาถึงอุปกรณ์เครื่องเป่าอากาศ (Rotary Air Blower) ซึ่งมีอยู่ 2 ตัวที่บ่อปรับสภาพให้สม่ำเสมอ (Equalization Tank) จะทำงานแบบสลับกันทำงานทุก ๆ 8 ชั่วโมงเพื่อให้น้ำเสียเกิดการผสมกันจนมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันทั้งบ่อ โดยเครื่องเป่าอากาศทั้ง 2 ตัวใช้มอเตอร์ขนาด 5.5 k.w รวมกิโลวัตต์ที่ใช้เดินใน 1 วัน เท่ากับ 132 กิโลวัตต์ คิดเป็น 19.58 % ของกิโลวัตต์รวมต่อวันของทั้งระบบ และปั๊มสูบน้ำขึ้นหอลดอุณหภูมิ (Cooling Pump) ซึ่งมีอยู่ 2 ตัว ที่บ่อปรับสภาพ(Equalization Tank) จะทำงานสลับกันทำงานทุก ๆ 8 ชั่วโมงตลอดทั้งวัน เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนส่งออกจ่ายบ่อปรับสภาพให้มีค่าต่ำกว่า 40°C โดยปั๊มสูบน้ำขึ้นหอลดอุณหภูมิ (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	ปั๊มสูบน้ำบ่อสูบ	3.7	10	37.0	5.49	
2	GA107B	ปั๊มสูบน้ำบ่อสูบ	3.7	10	37.0	5.49	
3	GA108A	ปั๊มสูบน้ำขึ้นหอลดอุณหภูมิ	7.5	12	90.0	13.35	
4	GA108B	ปั๊มสูบน้ำขึ้นหอลดอุณหภูมิ	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	มอเตอร์กวนบ่อสะเทิน	2.2	24	52.8	7.82	
11	GD109B	มอเตอร์กวนบ่อสะเทิน	2.2	0	0	0	เลิกใช้แล้ว
12	GD109C	มอเตอร์กวนบ่อสะเทิน	2.2	0	0	0	เลิกใช้แล้ว
13	GD109D	มอเตอร์กวนบ่อสะเทิน	2.2	0	0	0	เลิกใช้แล้ว

ตารางที่ 4.17(ต่อ) แสดงกิโลวัตต์ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องและเปอร์เซ็นต์

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

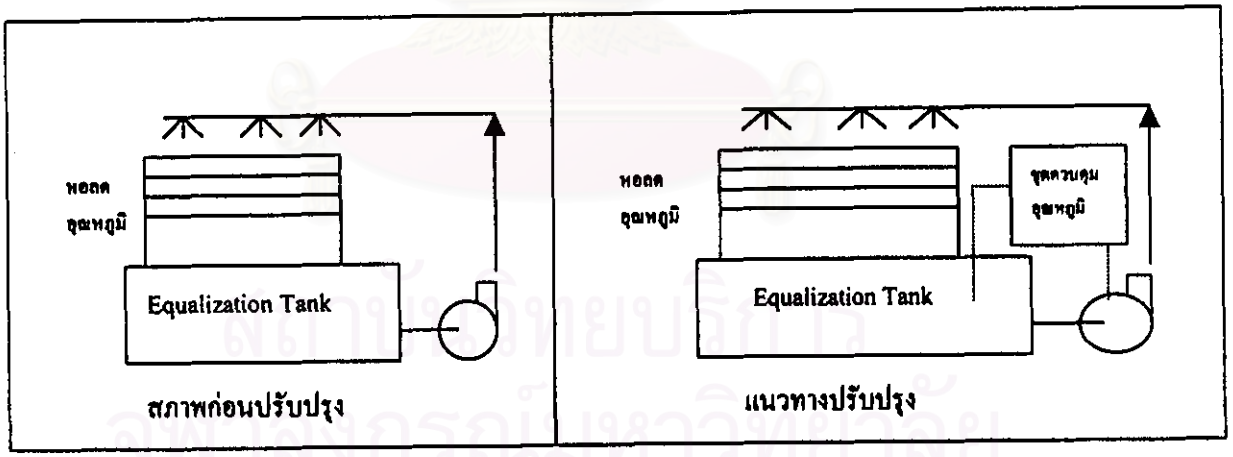
ที่มา:ข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง

แนวทางในการลดค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำเสียที่น่าจะดำเนินการได้มีอยู่ 2 แนวทางคือ

1 การปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ จากเดิมทำงานตลอดเวลาปรับปรุงเป็นทำงานตามอุณหภูมิของน้ำเสียในบ่อปรับสภาพ

2 การปรับลดชั่วโมงของการทำงานของเครื่องเป่าอากาศในบ่อปรับสภาพลงโดยไม่กระทบระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2.3.1. <u>การปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ</u>



รูป ที่ 4.9 แสดง แนวทางในการปรับปรุงโดยการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิเพื่อลดปริมาณไฟฟ้า

<u>สภาพการทำงานในปัจจุบัน</u>

จากการศึกษาการทำงานของระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ ใช้วิธีการเดินปั๊มสูบน้ำในบ่อปรับสภาพขึ้นไปสเปรย์ผ่านหอลดอุณหภูมิ (Cooling system) เพื่อให้น้ำเสียสัมผัสกับอากาศและระบายความร้อนจากน้ำเสียให้กับอากาศ ทำให้อุณหภูมิของน้ำเสียในบ่อมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°C โดยจะทำงานตลอดเวลา

จากข้อมูลบันทึกอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพพบว่าอุณหภูมิภายในบ่อบางช่วงเวลามีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°C อยู่มาก อีกทั้งบางช่วงเวลาอุณหภูมิน้ำเสียเข้าบ่อปรับสภาพมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°Cตามข้อมูลตารางที่ 4 .18 แสดงเปอร์เซ็นต์อุณหภูมิในบ่อปรับสภาพที่มีอุณหภูมิเกิน 37 °C ตามช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งพบว่าในช่วงเดือนธันวาคม ถึงเดือน กุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูหนาวมีเปอร์เซ็นต์อุณหภูมิสูงเกิน 37°C เพียง 15.0% ซึ่งแสดงว่า 85%ของการเดินปั๊มสูบน้ำขึ้นหอลดอุณหภูมิในช่วงธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น

ตารางที่ 4. 18 แสดง%อุณหภูมิของบ่อปรับสภาพมีค่าสูงกว่า37°Cตามช่วงเวลาต่าง 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%

<u>แนวทางในการปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิในบ่อ</u> ทำได้ดังนี้

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในบ่อโดย มีหลักการดังนี้

ถ้าอุณหภูมิในบ่อต่ำกว่า 35°C ปั๊มสูบหยุดทำงานทันที
ถ้าอุณหภูมิในบ่อสูงกว่า 38°C ปั๊มสูบเริ่มทำงานทันที

การตั้งอุณหภูมิสั่งให้ปั๊มเริ่มทำงานที่ 38°C เพื่อป้องกันการเกิดเหตุการณ์ระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพปรับลดอุณหภูมิลงไม่ทัน ทำให้อุณหภูมิสูงเกิน40 °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:บริษัทไทเทิลแพลนท์เซอร์วิส จำกัด)

คำนวนหาระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = $\frac{25,000}{62,148}$

= 0.4 ปี

4.2.3.2 การปรับลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องเป่าอากาศในปรับสภาพ

จากการศึกษาการทำงานพบว่า การเป่าอากาศที่บ่อปรับสภาพตลอด 24 ชั่วโมง มีจุดประสงค์เพื่อให้น้ำเสียที่กักตุนไว้ในบ่อมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันเหมือนกันทั้งบ่อ ก่อนที่จะสูบป้อนเข้าระบบบำบัด pH ต่อไป ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงการเคลื่อนตัวของน้ำเสียเมื่อเข้าบ่อจนกระทั่งออกจากบ่อเข้าสู่ระบบบำบัด pH จะใช้เวลาเคลื่อนตัวตามการออกแบบประมาณ 3 ชม. โดยมีหลักการคำนวนดังนี้

ข้อมูลตามการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง

ปริมาตรของบ่อปรับสภาพ = 144 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรน้ำเสียไหลเข้าระบบ = 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

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

= 144 ลูกบาศก์เมตร
1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

= 0.144 วัน หรือ 3.456 ชั่วโมง

ซึ่งพบว่าการเดินเครื่องเป่าอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ขณะที่น้ำเสียต้องใช้เวลาอยู่ในบ่อประมาณ 3 ชั่วโมง อาจจะมากเกินความจำเป็น จึงน่าจะทดลองปรับลดการเดินเครื่องเป่าอากาศที่บ่อปรับสภาพลงเหลือเพียง 12 ชั่วโมง โดยให้เครื่องเป่าอากาศทำงาน 30 นาที หยุด 30 นาที ตลอดทั้งวัน การทดลองหยุดเครื่องเป่าอากาศจะวัดผลความสำเร็จ จากค่าความแตกต่างของค่า pH ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงไม่ควรแตกต่างกันมาก ผลการทดลองแสดงตามตารางที่ 4.19 ซึ่งดำเนินการเดิน – หยุด เดินโดยวิธีManual

ตารางที่ 4 .19 แสดงช่วงแตกต่างต่างของ pH ของน้ำเสียออกจากบ่อปรับสภาพ

รายการ	ชั่วโมงการทำงานรวมของเครื่องเป่าอากาศทั้ง 2 เครื่อง	ค่า pH ออกจากบ่อเฉลี่ย	ช่วงค่าแตกต่าง pH ทุก 30 นาที	ปริมาณการใช้กรดเฉลี่ยต่อวัน (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 แสดงช่วงแตกต่างของpH ของน้ำเสียออกจากบ่อปรับสภาพก่อนปรับปรุงและขณะทำการทดลองพบว่า ค่า pH เฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ความกว้างของช่วงค่าแตกต่าง pH ขณะทดลองหยุดเครื่องเป่าอากาศทุก ๆ 30 นาที มีค่ามากกว่าปกติประมาณ 7.6 % โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้กรดซัลฟูริกH_2SO_4 50% ในการปรับค่า pH เพราะมีการใช้ปริมาณกรดเฉลี่ยเท่าเดิม ซึ่งแสดงว่าคุณภาพของน้ำออกจากบ่อปรับสภาพภายหลังปรับปรุงระบบการเป่าอากาศให้ทำงาน 30 นาที และหยุด 30 นาที ตลอดทั้งวัน สามารถปรับปรุงได้โดยไม่กระทบต่อระบบการปรับค่า pH ของบ่อปรับ pH เหตุผลที่ไม่ทดลองหยุดเดิน 1ชั่วโมง เนื่องจากการหยุดเครื่องเป่าลมเป็นระยะเวลานาน 1 ชั่วโมงจะทำให้คะกอนพีวีซีเริ่มจับตัวแน่นอุดตันหัวจ่ายลม

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 โทเทิลแพลนท์เซอร์วิส จำกัด)

คำนวนหาระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = 8,000 (บาท) / 40,152 (บาท/ปี)

= 0.2 ปี

ตารางที่ 4.20 สรุปการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท / ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1. การปรับปรุงระบบลดอุณหภูมิในบ่อปรับสภาพ	25,000	62,148	0.4
2. การปรับลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องเป่าอากาศในบ่อปรับสภาพ	8,000	40,152	0.2
รวม	33,000	102,300	0.32

4.3 การพิจารณาการลดปริมาณการใช้สารเคมีและน้ำประปา

ในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการ มีการใช้สารเคมีที่หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์ หน่วยผลิตไอน้ำ และหน่วยบำบัดน้ำเสีย โดยจุดประสงค์ของการใช้สารเคมีจะแตกต่างกันดังนี้

หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็นและหน่วยผลิตไอน้ำ ใช้สารเคมีเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบไม่ก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนและปัญหาการเกิดตะกรันในระบบ

หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์ ใช้สารเคมีเพื่อล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุบวกและเรซินประจุลบ และใช้สารเคมีเพื่อปรับ pH ของน้ำทิ้งให้มีประสิทธิภาพเป็นกลางก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

หน่วยบำบัดน้ำเสีย ใช้สารเคมีเพื่อปรับค่า pH ของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสียให้มีค่าpH 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. หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์

1.1 เกิดจากปัญหาด้านการทำงานของระบบปรับ pH ขอน้ำเสียในหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์

เนื่องจากในระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ ต้องใช้สารเคมีเพื่อล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิน เพื่อทำให้เรซินกลับมามีประสิทธิภาพในการจับอิออนได้ดังเดิม ในขั้นตอนการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินนี้จะมีน้ำเสียปริมาณหนึ่ง ทิ้งลงสู่ระบบปรับpHของหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการซึ่งจะต้องใช้สารเคมีกรดด่างในการปรับ pH ของน้ำทิ้งให้มีค่าpHเป็นกลางก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

การใช้สารเคมี กรด ด่าง ในการปรับค่า pH ของน้ำเสียจากระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์จะมีปริมาณการใช้ที่ไม่คงที่ เนื่องจากน้ำเสียจากระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ จะมีทั้งชนิดที่มีสภาพเป็นกรด และน้ำทิ้งที่มีสภาพเป็นด่าง ซึ่งน้ำเสียแต่ละประเภทมักจะเกิดปริมาณที่ไม่สมดุลย์กันรวมทั้งยังเกิดคนละช่วงเวลา ทำให้น้ำเสียทั้ง 2 ประเภทไหลเข้าระบบบำบัดไม่พร้อมกัน เมื่อมีน้ำเสียที่เป็นด่างไหลเข้าระบบบำบัดก็จำ

เป็นต้องใช้กรดในการปรับค่า pH ของน้ำเสียให้เป็นกลางและเมื่อใดที่มีน้ำเสียที่เป็นกรดไหลเข้าระบบบำบัดก็จำเป็นต้องใช้ด่างในการปรับค่า pH ของน้ำเสียให้เป็นกลางเช่นกัน ทำให้ต้องใช้สารเคมีในส่วนนี้สูงขึ้นนอกเหนือจากการใช้เพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่น

1.2 ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์เป็นระบบแบบไหลตามกัน

การใช้สารเคมีในการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินมากเกิดจากการที่ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ประกอบด้วยระบบผลิต แบบเก่า และระบบผลิตแบบใหม่ โดยระบบผลิตแบบเก่าจะใช้ปริมาณสารเคมีมากกว่าระบบใหม่เนื่องจาก เป็นระบบการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินแบบไหลตามกัน (CO CURRENT) ขณะที่แบบใหม่เป็นแบบไหลย้อนกลับ(COUNTER CURRENT)

2. หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น

2.1มีการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบส่งน้ำหล่อเย็นสูง

จากการสำรวจการใช้สารเคมีในระบบน้ำหล่อเย็นพบว่ามีปริมาณการใช้ที่มากกว่าระบบปกติ เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบส่งน้ำหล่อเย็น ทำให้ต้องเติมน้ำเข้าระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อชดเชยปริมาณน้ำหล่อเย็นที่สูญเสียไป ซึ่งต้องเติมสารเคมีมากขึ้นตามปริมาณน้ำเติมที่เพิ่มขึ้น เพื่อควบคุมให้ค่าความเข้มข้นของสารเคมีในน้ำหล่อเย็นมีค่าอยู่ในช่วงควบคุมคุณภาพน้ำหล่อเย็นอยู่ตลอดเวลา

3. หน่วยบำบัดน้ำเสีย

3.1ไม่มีระบบควบคุมการปล่อยทิ้งน้ำด่างเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำไหลเข้าระบบบำบัดจากอดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่าค่า pH ของน้ำไหลเข้าระบบจะมีค่าแกร่งมาก โดยเฉพาะเมื่อหน่วยผลิตวีซีเอ็มและหน่วยผลิตพีวีซีมีการทิ้งน้ำด่างลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยทันที จะส่งผลให้คุณภาพน้ำเสียทั้งระบบมีค่า pH ลดลงจนมีสภาพเป็นกลางมากกว่าปกติ เนื่องจากน้ำทิ้งทั้งโรงงานไม่สามารถเจือจางให้น้ำด่างเข้มข้นสูงและมีปริมาณมาก ลดความเข้มข้นลงได้ ทันก่อนเข้าระบบน้ำเสีย

4. หน่วยผลิตไอน้ำ

4.1ไม่มีอุปกรณ์ช่วยลดปริมาณออกซิเจนที่ถังน้ำป้อน

จากการสำรวจการควบคุมคุณภาพน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ พบว่ามีการใช้สารเคมีประเภทลดการกัดกร่อนเป็นจำนวนมาก ซึ่งสาเหตุที่ใช้มากเนื่องจากที่ระบบน้ำป้อน ไม่มีอุปกรณ์กำจัดก๊าซออกซิเจน ดีแอเรเตอร์(Deaerator)ที่ถังน้ำป้อน(Feed Water Tank) เนื่องจากดีแอเรเตอร์(Deaerator)เป็นอุปกรณ์ ที่ใช้กำจัดก๊าซต่างๆ ไม่ให้กลั่นตัว เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ จากน้ำป้อนได้ ซึ่งการกำจัดก๊าซออกจากน้ำป้อนจะทำให้สามารถลดอัตราการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นภายในระบบหม้อไอน้ำได้ และสามารถลดปริมาณสิ้นเปลืองสารเคมีลงได้เป็นจำนวนมาก

จากสาเหตุข้างต้นสามารถสรุปและเสนอแนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงได้ดังนี้

หน่วยผลิต	สาเหตุการใช้สารเคมีปริมาณสูง	แนวทางแก้ไข
1. หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	มีปัญหาด้านการทำงานของระบบปรับ PH น้ำเสียให้เป็นกลาง	ปรับปรุงระบบปรับ pH น้ำเสียใหม่ ให้น้ำเสียกรดกับด่างผสมกันก่อน ทำการบำบัด
	การล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิน เป็นระบบแบบไหลตามกันซึ่งใช้สารเคมีในการล้างเป็นจำนวนมาก	ปรับปรุงระบบให้เป็นระบบการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่นลงแบบไหลสวนทาง ตามปริมาณ
2. หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น	มีปริมาณการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบส่งน้ำเย็นสูง	ลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบ ท่อส่งโดยแบ่งแยกท่อน้ำหล่อเย็นกับน้ำประปาออกจาก
3. หน่วยผลิตไอน้ำ	ไม่มีอุปกรณ์ช่วยลดปริมาณออซิเจนในน้ำ ป้อน	ติดตั้งดีแอเรเตอร์ ที่ระบบน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ
4. หน่วยบำบัดน้ำเสีย	ไม่มีระบบควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งน้ำด่างเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย	สร้างระบบควบคุมปล่อยน้ำทิ้งด่างเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

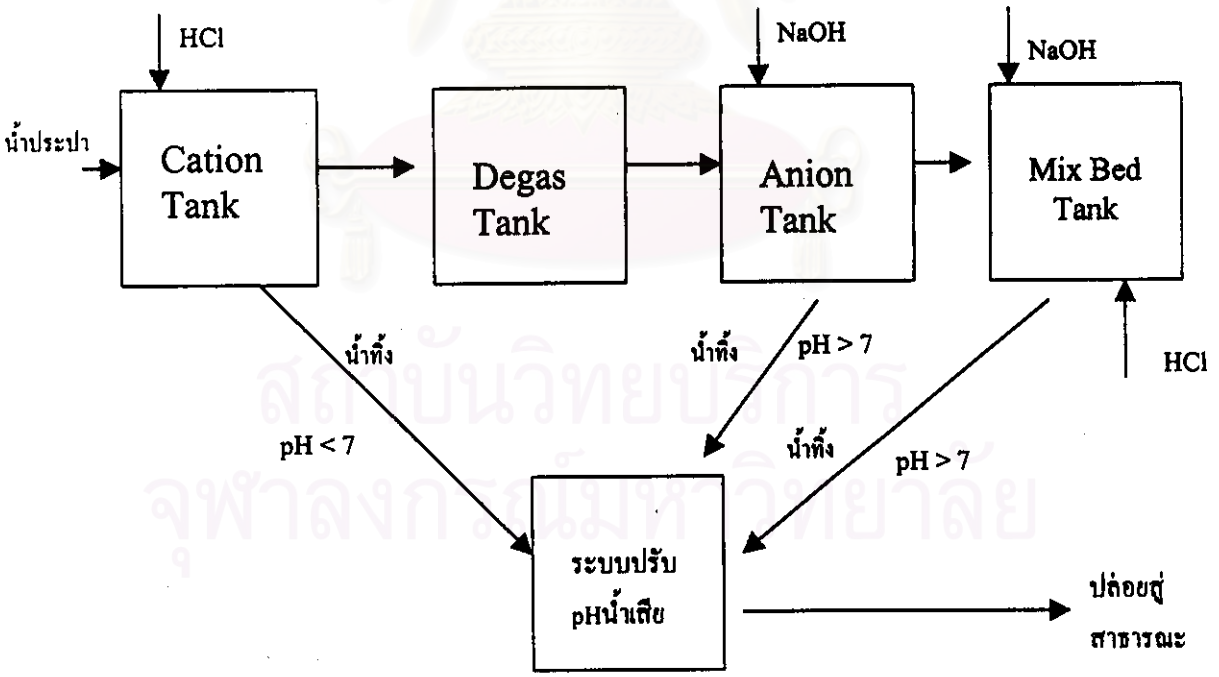
ดังนั้นวิธีการลดปริมาณสารเคมีในระบบผลิตต่าง ๆ สามารถทำได้โดย

4.3.1 การลดปริมาณสารเคมีในระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์

4.3.1.1 การปรับปรุงระบบปรับ pH น้ำเสีย

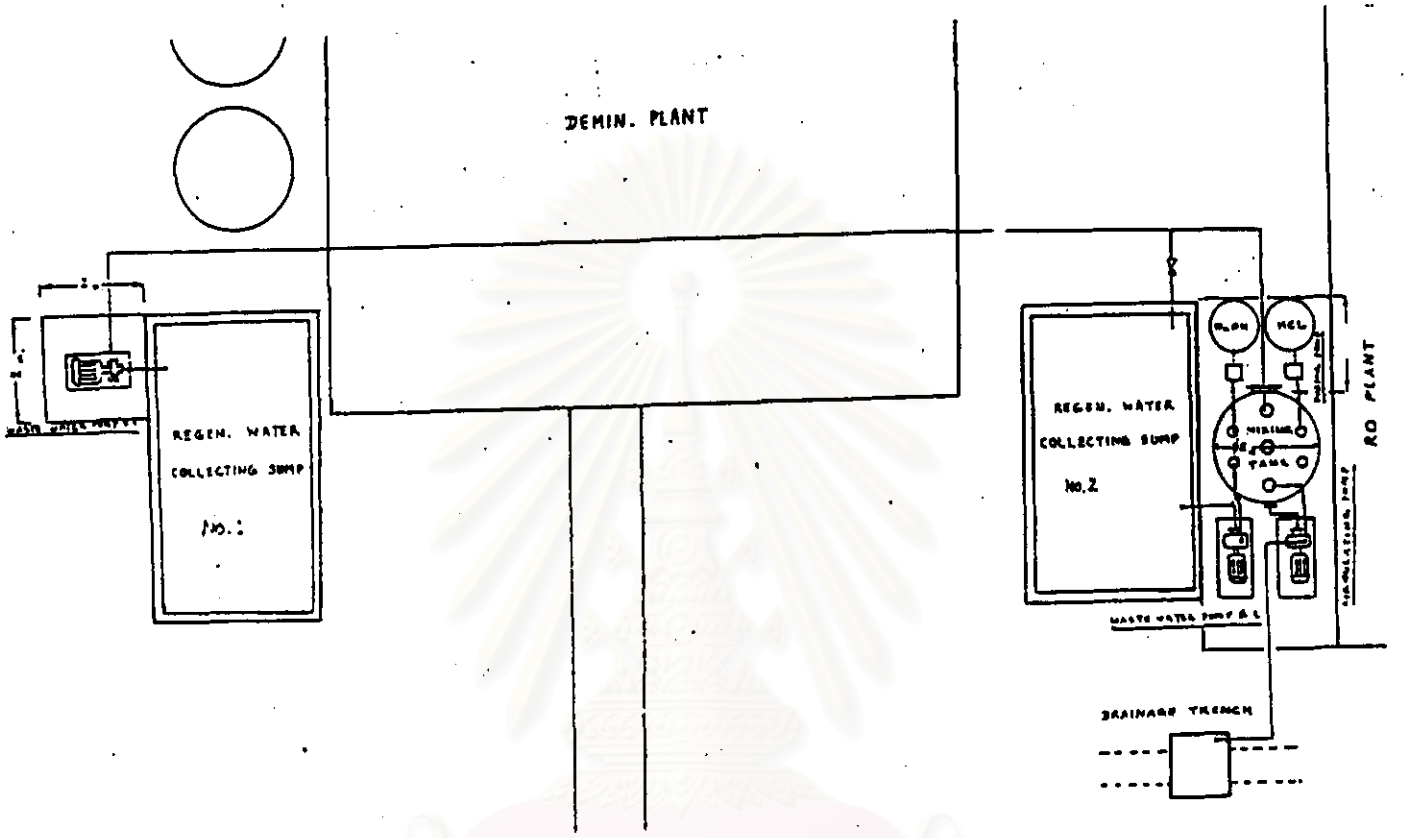
สภาวะของปัญหา

เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดจากระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ จะมีน้ำเสียเกิดขึ้น 2 ประเภทคือ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่นประจุบวก ซึ่งจะใช้กรดไฮโดรคลอริน (HCl) ในการล้างฟื้นฟู ทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีสภาพความเป็นกรด (pH < 7.0)และน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่นประจุลบ ซึ่งจะใช้ด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในการล้างฟื้นฟู ทำให้น้ำเสียที่เกิด มีสภาพเป็นด่าง (pH > 7.0) ปกติน้ำเสียที่เกิดมีสภาพความเป็นกรดในช่วงแรกหลังจากนั้นจะเปลี่ยนสภาพความเป็นด่าง เนื่องจากขั้นตอนการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิน จะทำการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินประจุบวกก่อน จากนั้นจึงล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่นประจุลบ ดังแสดงในรูปที่ 4. 10



รูปที่ 4.10 แสดงการใช้สารเคมีในการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่น

ที่มา: ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ของโรงงานตัวอย่าง



รูปที่ 4.11 แสดงระบบปรับpHน้ำเสียที่หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์ของโรงงานตัวอย่าง

การทำงานของระบบปรับ pH น้ำเสีย

เมื่อระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ทำการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่น น้ำเสียทั้งหมดจะไหลลงมาที่บ่อรวบรวมน้ำเสีย (Regen water collecting sump) ทั้ง 2 บ่อ ตามรูปที่ 4.11 ในบ่อรวมรวบน้ำเสียจะมีลูกลอยควบคุมระดับน้ำสูงและต่ำ เมื่อระดับน้ำในบ่อรวมรวบน้ำเสียบ่อหนึ่งใดหรือทั้ง 2 บ่อสูงถึงระดับควบคุมสูง จะส่งสัญญาณให้ปั๊มสูบน้ำจากบ่อรวบรวมน้ำเสียเข้าถังผสม (Mixing Tank) จนระดับในถังผสมมีระดับน้ำ

90 %ของปริมาตรถังผสม(Mixing Tank)หรือระดับน้ำในบ่อรวบรวมน้ำเสียมีระดับต่ำปั๊มสูบน้ำจากบ่อรวมรวบน้ำเสียจะหยุดทำงานทันที

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

แนวทางในการลดปริมาณการใช้สารเคมีปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียทำได้โดยวิธีการดังนี้

แบ่งแยกการกักเก็บน้ำเสียทั้ง 2 ประเภท ออกจากกันแล้วค่อยนำน้ำเสียแต่ละประเภทมารวมกัน โดย คำนวนอัตราการสูบน้ำแต่ละประเภทเพื่อให้เกิดความสมดุลย์กันตามค่า ความเป็นกรด –ด่าง ซึ่งจะทำให้น้ำเสียทั้ง 2 ประเภทแยกออกจากกันแล้วจึงสูบน้ำเสียแต่ละประเภทมารวมกันตามอัตราส่วนที่ต้องการจะสามารถลดการใช้กรด HCl 35 % และด่าง NaOH 50 % ลงได้ดังนี้

การคำนวณอัตราการใช้น้ำที่มีสภาพเป็นกรดต่อน้ำที่มีสภาพเป็นด่างจากปฏิกิริยาการสะเทินของกรดและด่าง

เนื่องจากน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดนั้น เกิดจากการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรดและน้ำเสียที่มีลักษณะสภาพเป็นด่างจะเกิดจากการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างในกระบวนการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่นประจุบวก ซึ่งสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรดในกระบวนการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซิ่นประจุลบซึ่งสารเคมีที่ใช้คือ โซดาไฟ (NaOH) นอกเหนือจากนี้ยังมีน้ำที่มีสภาพเป็นด่างจากการล้างฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินของถังผสมเรซิน 2 ประเภท (Mix Bed Tank) ซึ่งน้ำเสียที่ออกจากถังนี้จะมีสภาพความเป็นด่างเพียงเล็กน้อยและความถี่ในการล้างถังผสมเรซิ่น 2 ประเภท จะกระทำไม่บ่อยนัก ซึ่งเมื่อนำกรดและด่างข้างต้นมาผสมกัน จะสามารถเขียนเป็นสมการแสดงปฏิกิริยาทางเคมี ได้ดังนี้

$$NaOH\ (\text{ด่าง}) + HCl\ (\text{กรด}) \longrightarrow H_2O + NaCl \quad \text{------- 1}$$

ความหมายของสมการแสดงปฏิกิริยาที่ 1 หมายถึง การตั้งต้นกรดและด่างทำปฏิกิริยากันพอดีในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 (อัตราส่วนโดยโมล) เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะเกิดน้ำ 1 ส่วน และ โซเดียมคลอไรด (NaCl) 1 ส่วน (อัตราส่วนโดยโมล) โดยค่าความเป็นกรด – ด่าง ของสารทั้ง 2 หลังจากปฏิกิริยา แล้วจะได้เท่ากับ 7.0 (pH = 7.0)

ต้นฉบับไม่มีหน้า 118-120
NO PAGE 118-120 IN ORIGINAL

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง หมายความถึงการปล่อยทิ้งน้ำหล่อเย็นโดยไม่ส่งกลับคืนระบบซึ่งการปลอยทิ้งน้ำหล่อเย็นนี้ จะเป็นการปล่อยทิ้งสารเคมีที่เติมเข้าระบบด้วย การสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบสามารถสังเกตได้จากค่าวัฏจักรความเข้มข้น (Cycle of Concentration) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงจำนวนเท่าของความเข้มข้นของสารละลายในน้ำหล่อเย็นหมุนเวียนต่อความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเติม โดยค่านี้จะมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณน้ำระบายทิ้ง (Bleed Off) และปริมาณน้ำเติม (Make up) ถ้าทำให้ค่าวัฏจักรความเข้มข้นสูงขึ้นการสูญเสียน้ำจากการระบายทิ้ง (Bleed off) จะน้อยลงและปริมาณน้ำเติมเพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไปจากการระบายทิ้ง (Bleed Off) มีมากทำให้ปริมาณน้ำเติม (Make up)มากขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.24 จะแสดงให้ทราบถึงคุณภาพของน้ำหล่อเย็นชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ซึ่งจะพบว่าวัฏจักรความเข้มข้นของระบบคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2 จะมีค่าเพียง 1.9 ขณะที่วัฏจักรของความเข้มข้นของระบบคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 3 มีค่า 4.6 แสดงให้เห็นว่าระบบคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2 มีปริมาณการระบายน้ำทิ้ง (Bleed Off) มาก ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในระบบไม่สูงมากขึ้น ซึ่งตามปกติวัฏจักรความเข้มข้นที่ทำให้มีการสูญเสียน้ำในระบบน้อยที่สุดและไม่ก่อให้เกิดปัญหาการสะสมของสารต่าง ๆ ในน้ำหล่อเย็นคือ วัฏจักรความเข้มข้น 5.0

ตารางที่ 4 .24 คุณภาพของน้ำหล่อเย็นในคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2 และชุดที่ 3

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็นคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2	ค่าเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็นคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 3	ค่าควบคุม	ค่าเฉลี่ยของน้ำป้อน
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

ดังนั้นการลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่งของคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2 จะสามารถทำให้ลดปริมาณสารเคมีและปริมาณน้ำเติมลงได้

สาเหตุของการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง

1. ระบบท่อน้ำใช้ในหน่วยผลิตพีวีซีเรซิน 3 มักจะเป็นระบบท่อน้ำเย็นเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่มีระบบท่อน้ำประปาบางบริเวณเท่านั้น ทำให้จำเป็นต้องใช้น้ำหล่อเย็นฉีดล้างพื้น ล้างอุปกรณ์ ในบริเวณที่ไม่มีน้ำประปา
2. ไม่มีการปรับปรุงระบบส่งน้ำหล่อเย็นกลับเข้าคูลลิ่งเทาเวอร์ ทำให้เมื่อน้ำหล่อเย็นที่ไหลเข้าเครื่องจักรบางตัวจะถูกปล่อยทิ้งในทันที
3. พนักงานขาดความเข้าใจถึงข้อแตกต่างระหว่างน้ำหล่อเย็นกับน้ำประปา ทำให้เกิดการใช้น้ำเย็นผิดจุดประสงค์

แนวทางในการลดปริมาณการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง

การลดปริมาณการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในะบบท่อส่งของคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2 สามารถทำได้ด้วยวิธีการดังนี้

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

ผลการลดปริมาณการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่ง

สามารถลดปริมาณน้ำประปาและปริมาณสารเคมีต่อลบ.ม น้ำหล่อเย็นของคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 2 ลงให้มีค่าใกล้เคียงกับคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่ 3 ได้

ตารางที่ 4.25 เปรียบเทียบผลที่คาดไว้ของการลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นที่ระบบคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่2

	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

*หลังปรับปรุงตั้งเป้าหมายให้ปริมาณการใช้น้ำประปาและปริมาณสารเคมีต่อน้ำคูลลิ่งเทาเวอร์เท่ากลับระบบคูลลิ่งเทาเวอร์ชุดที่3

จากตารางที่4.25 จะทำให้ใช้ประปาที่คูลลิ่งเทาวเวอร์ชุดที่ 2 ลดลง

= 0.00067 m^3 ประปา/m^3 น้ำหล่อเย็น x 5,641,720 M^3/ปี

= 37,800 m^3/ปี

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ = 37,800 m^3/ปี x 9.56 บาท/m^3

= 361,368 บาท/ปี

จะทำให้ใช้สารเคมีลดลง = 0.0002 กก/m^3น้ำหล่อเย็น x5,641,720 m^3/ปี

= 1,128 ก.ก

ราคาต่อหน่วยของสารเคมีทั้งหมด = 29.95 บาท/ก.ก

ที่มา: หาจากราคาของสารเคมีทั้งหมดปี 2540 หารด้วยผลรวมน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ทั้งหมดปี 2540 ตารางที่3.2

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

= 33,784 บาท/ปี

ผลการลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่งสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

จะทำให้ใช้สารเคมีลดลง = 361,368 + 33,784

= 395,152 บาท

<u>การลงทุน</u>

ประเมินจากการเปลี่ยนระบบท่อน้ำหล่อเย็นเป็นระบบท่อน้ำประปาในหน่วยผลิตพีวีซีเรซิ่น 3 ทั้งหมดเท่ากับ 100,000 บาท (ประเมินโดยบริษัท ไทเทิลแพลน์เซอร์วิส จำกัด)

<u>คำนวณระยะเวลาคืนทุน</u>

ระยะเวลาคืนทุน = <u>100,000</u> บาท

395,152 บาท/ปี

= 0.25 ปี

ตารางที่ 4 .26 สรุปผลการลดการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในระบบท่อส่งน้ำหล่อเย็น

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

4.3.2<u>การลดปริมาณสารเคมีในระบบบำบัดน้ำเสีย</u>

<u>สภาวะปัญหา</u>

จากการศึกษาถึงคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากกระบานการผลิต ที่มีผลต่อการใช้ปริมาณกรดซัลฟูริก 50% ในระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นผลมาจากการปล่อยทิ้งน้ำด่างจากขบวนการกลั่นวีซีเอ็มให้บริสุทธิ์ก่อนส่งเข้าผลิตเป็นวัตถุดิบของขบวนการผลิตพีวีซี น้ำทิ้งที่มีสภาพเป็นด่างเข้มข้นมากขึ้นจะถูกปล่อยทิ้ง 1 ครั้ง/วัน ครั้งละประมาณ 100 ลิตร/ครั้ง ในช่วงเช้า 9.00 น ถึง 10.00 น. การปล่อยทิ้งน้ำเสียประเภทนี้จะถูกดำเนินการโดยหน่วยผลิตพีวีซีที่มีหน้าที่ดูแลขบวนการกลั่นวีซีเอ็ม

การปล่อยน้ำด่างเข้มข้นที่มีค่า pH > 14 จากขบวนการกลั่นวีซีเอ็มนี้ แม้ว่าจะมีปริมาณน้อยเพียง 100 ลิตรต่อวันแต่เป็นน้ำด่างที่เข้มข้นมาก ซึ่งเมื่อน้ำทิ้งส่วนนี้ไหลเข้าผสมกับน้ำทิ้งของโรงงานทั้งหมด จะทำให้ค่า pH ของน้ำเสียก่อนไหลเข้าระบบบำบัดมีค่า pH สูงขึ้นมาก (pH > 11) หลังจากนั้น pHของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบจะมีค่าค่อย ๆ ลดลงจนมีค่า pH ประมาณ 9.4 ในช่วงเย็น จากการทดลองจับเวลาทีทำให้คุณภาพน้ำในบ่อปรับสภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมีค่า pH >11 หลังจากเริ่มปล่อยน้ำด่างทิ้งจากขบวนการกลั่นวีซีเอ็ม พบว่าใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงจึงจะส่งผลให้ค่า pHในบ่อปรับสภาพมีค่า pH>11 ซึ่งทำให้การใช้ปริมาณกรดซัลฟูริก 50% เป็นจำนวนมากเพื่อปรับค่า pHให้มีค่าอยู่ในช่วง (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. เป็นผลมาจากน้ำเสียที่pH สูงมากจากน้ำทิ้งของขบวนการ กลั่นวีซีเอ็มเริ่มไหลเข้าบ่อสะเทิน และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3-4 ชั่วโมง อัตราการใช้กรดเริ่มลดลงเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำด่างเริ่มเจือจางลงจากน้ำทิ้งของโรงงานที่ไหลเข้าระบบบำบัดตลอดเวลา

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

เวลา	ปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50 %เฉลี่ย (ลิตร)	pHปรับสภาพเฉลี่ย
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:ใบบันทึกการตรวจจับการใช้กรดซัลฟูริก50% ช่วงเวลาต่างๆที่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง

แนวทางการลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50% ในระบบบำบัดน้ำเสีย

แนวทางในการลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50% จะสามารถกระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงวิธีการปล่อยน้ำด่างเข้มข้นจากขบวนการกลั่นวีซีเอ็มลงระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบค่อย ๆ ปล่อยให้น้ำด่างเข้มข้นค่อย ๆ ผสมที่ละน้อยตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้ความเข้มข้นของน้ำด่างที่ทิ้งถูกเจือจางให้มากที่สุด โดยใช้วิธีการทดลองหาอัตราการปล่อยทิ้งที่เหมาะสม จะทำให้สามารถลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก 50 % ในการปรับค่า pH ช่วงที่น้ำเสียมีค่า pH สูงลงได้

ผลจากการปรับปรุงวิธีการควบคุมการปล่อยทิ้งน้ำด่างเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย คาดว่าจะสามารถลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริก50% ลงได้ โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

4.4 พิจารณาการลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน

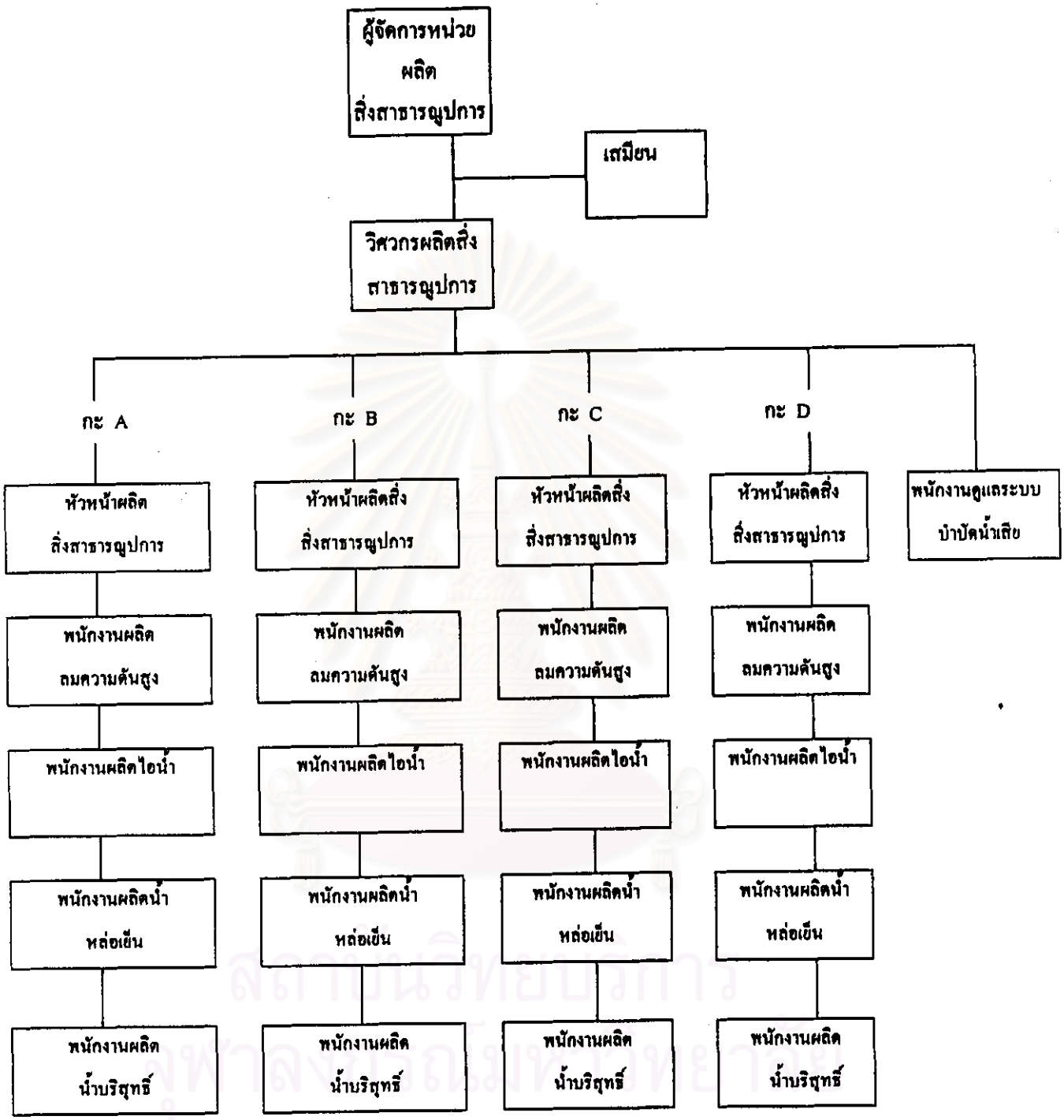
ลักษณะการทำงานภายในหน่วยงานผลิตสาธารณูปการของโรงงานตัวอย่าง มีลักษณะการทำงานแบบกะเป็นส่วนใหญ่ การทำงานใน 1 วัน จะแบ่งกะทำงานเป็น 4 กะ โดยมีกะทำงาน 3 กะและกะไม่ทำงาน 1 กะ การหมุนเวียนกะทำงานเป็น กะเช้า กะบ่ายกะดึกและกะไม่ทำงานซึ่งจะหมุนเวียนทุก ๆ 2 วัน เนื่องจากหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการมีเวลาทำงานตลอด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



รูปที่4.12 แสดงผังการจัดองค์กรของหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการ (โรงงานตัวอย่าง)

สภาวะการทำงานในปัจจุบัน

จากการวิเคราะห์สภาพการทำงานในเบื้องต้น พบว่าการทำงานภายในหน่วยงานผลิตสิ่งสาธารณูปการจะแบ่งแยกความรับผิดชอบควบคุมแต่ละระบบการผลิตอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น พนักงานควบคุมการผลิตลมความดันสูงจะมีหน้าที่ควบคุมดูแลระบบผลิตลมความดันสูงเพียงระบบเดียว โดยมีหัวหน้างานทำหน้าที่ควบคุมดูแลการทำงานของพนักงานและชี้แนะพนักงาน.ให้สามารถควบคุมการทำงานตามวิธีที่กำหนดไว้ในคู่มือการควบคุมการผลิตสิ่งสาธารณูปการต่าง ๆ และปฏิบัติหน้าที่พิเศษอื่น ๆ ตามที่ผู้บังคับบัญชามอบหมาย

ภาระงานของพนักงานในสภาวะการผลิตปกติ จะมีหน้าที่ดูแลระบบให้ผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการของหน่วยผลิตพีวีซีตลอดเวลา โดยจะตรวจสอบสภาวะการทำงานของระบบตามเวลาที่ระบุไว้ในบันทึกการผลิต ในกรณีที่ระบบผลิตมีปัญหาจะรายงานปัญหาที่เกิดขึ้นให้หัวหน้างานทราบและทำการแก้ไขให้ระบบผลิตได้ตามปกติ ซึ่งพบว่าพนักงานในระบบอื่นๆ จะไม่สามารถร่วมแก้ไขปัญหาหรือดูแลระบบการผลิตที่นอกเหนือจากระบบผลิตที่ตนรับผิดชอบได้ เนื่องจากไม่มีความรู้ความเข้าใจเพียงพอ

จากการวิเคราะห์การทำงานในเบื้องต้น พบว่าควรจะทำการปรับปรุงการทำงานดังนี้

1. ควรมีการอบรมและฝึกสอนให้พนักงานทุกคนในหน่วยงานสามารถควบคุมดูแลได้ทุกระบบผลิตสิ่งสาธารณูปการเพื่อให้พนักงานสามารถช่วยควบคุมดูแลระบบแทนกันได้
2. ควรทำการจัดสรรจำนวนพนักงานควบคุมภายในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการใหม่ เนื่องจากพบว่าพนักงานมีเวลาว่างจากการทำงานอยู่มาก โดยการลดจำนวนพนักงานลงให้เหมาะสมกับสภาพการทำงาน

<u>แนวทางในการลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน</u>

การลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานสามารถกระทำได้โดยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของพนักงานให้สูงขึ้น เพื่อลดจำนวนพนักงานลงให้เหมาะสมกับภาระงานปัจจุบัน วิธีในการดำเนินการจะใช้วิธีการศึกษาการทำงาน (WORK STUDY) ในสภาวะปัจจุบัน จากนั้นปรับปรุงการทำงานของพนักงานให้สามารถปฏิบัติหน้าที่อย่างเต็มกำลังความสามารถซึ่งจะทำให้สามารถลดและประหยัดค่าแรงงานลงได้

การศึกษาการทำงานของพนักงานผลิตสิ่งสาธารณูปการ

การศึกษาการทำงานของพนักงานผลิตสิ่งสาธารณูปการ โดยใช้วิธีการสุ่มงาน (Work Sampling Method) หาประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละตำแหน่งงาน ในช่วงเวลา 8:00 น. ถึง 16:00 น. ในช่วงเดือนธันวาคม 2540 ด้วยระดับความเชื่อมั่น 95 % และระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5 % ตามรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก 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

จากผลการสุ่มงานเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานควบคุมการผลิตสิ่งสาธารณูปการ พบว่า มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 53.5 % และมีเวลาว่างคิดเป็น 46.5 % โดยประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งปฏิบัติแบบเวลาปกติ (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 คนตามตารางที่4.28 ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นสูงกว่า 100% แต่ถ้าติดตั้งอุปกรณ์ช่วยควบคุมต่างๆและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการทำงานจะทำให้สามารถลดภาระงานให้ต่ำกว่า100% ได้ โดยมีแนวทางในการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงการทำงานดังนี้

ตารางที่4.28แสดงประสิทธิภาพที่คาดว่าจะเป็นหลังปรับปรุง

ตำแหน่งงาน	หัวหน้างาน และดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย	พนังงานผลิตลมความดันสูงและไอน้ำ	พนักงานผลิตน้ำบริสุทธิ์และน้ำหล่อเย็น
%ประสิทธิภาพ	102.3	108.3	110.1

แนวทางในการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงการทำงาน

1.อบรมฝึกสอนให้พนักงานทุกคนในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการให้สามารถควบคุมดูแลได้ทุกระบบผลิต
2.เปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานให้เป็นการดูแลควบคุมระบบผลิตแบบร่วมกันดูแลและช่วยเหลือกัน
3.จัดหาอุปกรณ์และติดตั้งอุปกรณ์ช่วยควบคุมทดแทนจำนวนพนักงานที่ลดลง
4.ปรับลดการจดบันทึกการทำงานของระบบผลิตต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับระบบการทำงานมากยิ่งขึ้น
5.ปรับลดจำนวนพนักงานดูแลควบคุมระบบผลิตจากกะ ละ 5 คน เหลือ กะ ละ 3 คน
6.ลดตำแหน่งพนักงานควบคุมดูแบระบบบำบัดน้ำเสีย โดยให้หัวหน้างานดูแลระบบแทน

ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานโดยจัดสรรจำนวนพนักงานใหม่ และเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงานด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1.ทำการอบรมฝึกสอนให้พนักงานทุกคนในหน่วยงานสามารถควบคุมดูแลระบบผลิตสิ่งสาธารณูปการได้ทุกระบบผลิต โดยมีขั้นตอนการอบรมฝึกสอนดังนี้

1.1 ฝึกสอนอบรมด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติเป็นระยะเวลา 1 เดือน และสลับเปลี่ยนการควบคุมระบบผลิตเป็นระยะเวลา 2 เดือน รวมระยะเวลาในการอบรมและปฏิบัติงานจริง 3 เดือน
1.2 ทุก ๆ 3 เดือน ให้ทำการหมุนเวียนการรับผิดชอบควบคุมระบบผลิตจนกระทั่งพนักงานทุกคนสามารถดูแลระบบผลิตแทนกันได้หมดทุกระบบผลิตสิ่งสาธารณูปการ
1.3 ระยะเวลาในการหมุนเวียนเรียนรู้งานทุกระบบผลิตใช้ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 9 เดือน

2.เปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานจากต่างคนต่างรับผิดชอบเฉพาะระบบผลิตของตน ปรับการทำงานเป็นพนักงานทุกคนต้องร่วมกันรับผิดชอบดูแลและช่วยเหลืองานควบคุม เพื่อให้การฝึกเรียนรู้งานสัมฤทธิ์ผลได้รวดเร็วขึ้นโดยมีหัวหน้างานร่วมรับผิดชอบควบคุมดูแลงานของทุกระบบ

3.จัดหาอุปกรณ์ช่วยควบคุมดูแลการทำงานของเครื่องจักรเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความสะดวกในการดูแลระบบผลิตซึ่งจะทำให้ระบบการผลิตสามารถผลิตได้ตามปกติในช่วงที่ลดกำลังแรงงานผู้ควบคุมลง ดังต่อไปนี้

3.1 เปลี่ยนแปลงห้องหัวหน้างานเป็นห้องศูนย์กลางควบคุมการผลิต เพื่อให้พนักงานทุกคนอยู่ร่วมกันภายในศูนย์กลางควบคุมการผลิต ทดแทนการอยู่ประจำเฉพาะระบบผลิตของตนเอง

3.2 ติดตั้งแผงแสดงสภาวะการทำงานของระบบผลิตต่าง ๆ และสัญญาณเตือนเมื่อระบบผลิตมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น โดยติดตั้งภายในศูนย์กลางควบคุมการผลิต

3.3 จัดหาวิทยุติดตามตัวให้พนักงานภายในกะใช้ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการแก้ปัญหาการผลิต

4.ปรับลดการจดบันทึกการทำงานของระบบผลิตต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับจำนวนพนักงาน หลังจากลดจำนวนพนักงานลงโดยที่ยังคงควบคุมระบบให้ผลิตได้ตามปกติได้ ตัวอย่างเช่น ลดหัวข้อการบันทึกที่ไม่จำเป็นและไม่ได้ใช้ประโยชน์ลง ลดความถี่ในการจดบันทึกการทำงานของระบบลงจากการจดบันทึกทุก ๆ 1 ชั่วโมง เป็นการจดบันทึกทุก ๆ 3 ชั่วโมง ลดใบบันทึกการทำงานที่ซ้ำซ้อนลง

5.ปรับลดจำนวนพนักงานลงหลังจากฝึกสอนพนักงานให้สามารถดูแลและควบคุมระบบผลิตได้ทุกระบบผลิตโดยการโอนย้ายพนักงานให้หน่วยงานอื่นทดแทนการรับพนักงานใหม่เข้ามาทำงาน และเปิดโอกาสให้พนักงานเข้ารับข้อเสนอการเกษียนงานก่อนครบอายุตามนโยบายของบริษัท โดยมีเป้าหมายลดพนักงานภายในกะจากจำนวน 5 คนต่อกะเหลือ 3 คนต่อ กะ (หัวหน้างาน 1 คน พนังกานควบคุมระบบผลิต 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

<u>หมายเหตุ</u> ค่าแรงงานของพนักงานทั้งหมดเฉลี่ยต่อคน = 15,864 บาท / เดือน

ที่มา:ข้อมูลจากฝ่ายบัญชี2540

<u>ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ</u>

1. ค่าติดตั้งและจัดหาอุปกรณ์เพื่อช่วยควบคุมดูแลการทำงานของเครื่องจักร มีรายการดังนี้

1.1 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแผงแสดงสภาวะการทำงานในห้องศูนย์กลางควบคุมการผลิตมีค่าใช้จ่ายประมาณ 410,000 บาท

1.2 ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อวิทยุติดตามตัว 3 เครื่อง เป็นเงินเท่ากับ 18,000 บาท

รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 416,000 บาท

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

รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมด = 410,000 + 18,000 +36,000 บาท

= 464,000 บาท

คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = 464,000 (บาท)/บาท/1,713,312 (บาท/ปี)

= 0.26 ปี

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 โทเทิลแพลท์เซอร์วิส จำกัด)

4.4 พิจารณาการลดต้นทุนค่าซ่อมบำรุง

สภาวะของปัญหา

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

1 มีเครื่องจักรและอุปกรณ์หลายเครื่องที่ไม่เข้าระบบการบำรุงเชิงป้องกัน ทำให้เครื่องจักรเหล่านี้เสียบ่อย

2 ไม่มีแผนการสลับการเดินเครื่องจักร สำหรับเครื่องจักรที่มีเครื่องจักรสำรอง ทำให้เมื่อจำเป็นต้อง ใช้เครื่องสำรอง มักจะพบว่า เครื่องจักรสำรองไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากมีสภาพไม่พร้อมในการเดินส่งผลให้ต้องดำเนินการเร่งซ่อมด่วน ทำให้มีค่าซ่อมล่วงเวลาสูง

3.ตรวจพบว่ามีงานซ่อมจำนวนมากที่หน่วยผลิตสามารถดำเนินการเองได้ แทนที่จะออกเป็นใบสั่งซ่อมให้แผนกซ่อมบำรุง

4. ไม่มีการบันทึกประวัติการซ่อมของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ทำให้ต้องเสียเวลาในการซ่อมมากขึ้น

5. พบว่าเครื่องจักรบางเครื่องเก่ามากทำให้จำนวนครั้งในการซ่อมมากครั้ง

แนวทางในการลดต้นทุนค่าซ่อมบำรุงสามารถกระทำได้ดังนี้

1. นำเครื่องจักรและอุปกรณ์ทุกเครื่องเข้าระบบการบำรุงเชิงป้องกัน
2. จัดทำแผนสลับการเดินเครื่องจักรสำหรับเครื่องจักรที่มีเครื่องจักรสำรอง เพื่อให้มีอายุการใช้ งานใกล้เคียงกัน 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.การนำคอนเดนเสตส่งกลับเพิ่มให้มากที่สุด	44,000	471,999
4.การปรับลดความดันในการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน	ไม่มี	48,408
5.การจัดทำแผนทำความสะอาดท่อไฟ และ ตรวจสอบหัวฉีด	ไม่มี	ไม่มี
การลดค่าไฟฟ้า		
1.การซ่อมจุดรูรั่วของอากาศอัด	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 โดยแก้ไขการใช้น้ำหล่อเย็นผิดประสงค์	100,000	395,152
3.การปรับเปลี่ยนวิธีการปล่อยน้ำด่างเข้มข้น โดยใช้วิธีการเจือจางให้มากที่สุด	ไม่มี	ต้องทดลอง
การลดเงินเดือนค่าจ้าง		
1.การลดจำนวนพนักงานโดยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน	452,000	1,713,312
การลดค่าซ่อมบำรุง		
1.การปรับปรุงระบบPM.	ไม่มี	ต้องทดลอง