รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คู่มือการดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย (Waste Water Treatment Process Description). กรุงเทพมหานคร: อาควา เอ็นจิเนียริ่ง, 1992 .

คู่มือประหยัดพลังงานสำหรับระบบอัดอากาศ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย,2533.

โซเฮ ฮิบิ. คู่มือปฏิบัติการลดต้นทุนในสถานประกอบการกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2540.

ณรงค์ วุทธเสถียร. การปรับสภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2540.

ดรุณี อาชวานันทกุล. การศึกษาการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมหนังเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาดับมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

บัณฑิต วงศ์เดอรี. ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยการปฏิบัติการหม้อไอน้ำอุตสาหกรรมแบบท่อไฟขนาดไม่เกิน 10 ตัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

พรศักดิ์ ทวีมหาเกียรติ. การลดและควบคุมต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

พัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม,กรม. การนำคอนเดนเสตกลับมาใช้ประโยชน์1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2536.

วันชัย ริจิรวนิช. การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม เทคนิคและกรณีศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

วันชัย ริจิรวนิช. การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์. เทคนิคการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2538.

สงวน ตั้งโพธิธรรม. การศึกษาการใช้และการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

30เรื่องน่ารู้เทคนิคการปรับอากาศ. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2535.

สุชัย ศศิวิมลพันธุ์. เทคโนโลยีไอน้ำ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2526.

สุเมธ ชวเดช. การบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

หลักสูตรการใช้ไอน้ำ (Steam Utilization Course). กรุงเทพมหานคร: สไปแร็กซ์ บุญเยี่ยม, 2539.

เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องการปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบน้ำหล่อเย็น. กรุงเทพมหานคร: ไกซูเคมีคอล, 2518.

เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องระบบอัดอากาศ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2538.

เอกสารอบรมหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน. กรุงเทพหมานคร: มิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์, 2541.

ภาษาอังกฤษ

Instruction Manual : KMS – 20A Package Boiler. Ishikawajima-Hariima Heavy Industries, 1921.

Payne,F. William. Efficient Boiler Operation Sourcebook. second Edition, 1924.

Richard Greene and The Staff of Chemical .Engineering . Process Energy Conservation. New York: McGraw-Hill Publication, 1982.

Samuel G.Dukelow. Improving Boiler Efficiency. Instrument Society of America, 1981.

Training Boiler Water Treatment. Nalco Chemical, 1920.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ก1.ความรู้ทั่วไปของขบวนการผลิตพีวีซีของโรงงานตัวอย่าง

ในโรงงานตัวอย่างมีการผลิตพีวีซีอยู่ 2 ประเภท คือ

1 พีวีซีเรซิน (PVC RESIN) 2 พีวีซีคอมเปานด์ (PVC COMPOUND)

พีวีซีเรซินเป็นพีวีซีที่มีลักษณะเป็นผง เกิดจากการทำปฏิกิริยาของน้ำบริสุทธิ์ วีซีเอ็ม (VCM) สารแขวนลอย ตัวเร่งปฏิกิริยา และสารเติมแต่ง ในถังปฏิกิริยา จนออกมาเป็นพีวีซี ส่วนพีวีซีคอมเปานด์จะเกิดจากการนำพีวีซีผงไปผสมกับวัตถุดิบต่าง ๆ จากนั้นจึงถูกส่งไปเข้าเครื่องอัดฉีดจนพีวีซีผงถูกเปลี่ยนสถานออกมาเป็นพีวีซีเม็ด

ขบวนการผลิตพีวีซีเรซิน (PVC RESIN)

ในสายการผลิตพีวีซีเรซินของโรงงานตัวอย่างจะเป็นการผลิตแบบโพลิเมอไรเซชั่นแบบแขวนลอย (Suspension Polymerization Process) ซึ่งสามารถแบ่งการผลิตออกเป็น 2 ส่วนคือ

1.ส่วนของการเกิดปฏิกิริยา (Polymerization Section)
2.ส่วนของการทำให้พีวีซีแห้ง (Drying Section)

1.ขั้นตอนการผลิตในส่วนของการเกิดปฏิกิริยา (Polymerization Section)

การผลิตในส่วนนี้จะมีขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

1.การเตรียม (Preparation)

- เป็นขั้นตอนการตรวจสอบความเรียบร้อยต่าง ๆ ก่อนการผลิต
- ตรวจสอบจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต
- ตรวจสอบตำแหน่งวาล์วต่าง ๆ ถูกปรับไปยังสภาวะที่พร้อมใช้งานในขั้นตอนต่อไป

2.การเคลือบ (Coating)

เป็นขั้นตอนการเคลือบสารป้องกันคราบพีวีซีไม่ให้เกาะผนังกับปฏิกิริยา(Polymerizer) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการให้ความร้อนกับถังปฏิกิริยาโดยใช้ไอน้ำความดันสูงเพื่อให้สารเคลือบเกาะผนังได้ดีขึ้น

3.การป้อนวัตถุดิบเข้ากับปฏิกิริยา (Charge)

เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบสำหรับการผลิต ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา โดยใช้ปั๊มเป็นตัวกำลังขับเคลื่อนวัตถุดิบผ่านท่อไปสู่ถังปฏิกิริยา โดยมีขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

- การป้อนน้ำบริสุทธิ์ (น้ำที่ผ่านการกำจัดแร่ธาตุและสารที่ไม่ต้องการออกแล้ว)
- การไล่อากาศในถังปฏิกิริยาออกโดยใช้ปั๊มสูญญากาศ เพราะออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศจะทำปฏิกิริยากับวีซีเอ็มเมื่อวีซีเอ็มกลายเป็นพีวีซีจะเกิดกรดเกลือ (HCL) ตกค้างในพีวีซี ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดกร่อนในระบบท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่พีวีซีผ่าน
- การป้อนสารแขวนลอย
- การป้อนวีซีเอ็มและตัวเริ่มปฏิกิริยา (Initiation)
- การกวน ภายในถังปฏิกิริยาจะมีใบกวน (Agitator) ทำหน้าที่กวนวัตถุดิบต่าง ๆ เมื่อทำการป้อนนำไปได้ประมาณ 50 %

4.การเกิดปฏิกิริยา (Rection)

เมื่อป้อนวัตถุดิบทั้งหมดเข้าไปในถังปฏิกิริยาเรียบร้อยแล้ว ก็จะเริ่มให้ความร้อนแก่ถังปฏิกิริยาเพื่อกระตุ้นให้ปฏิกิริยาเริ่มเกิด โดยใช้ไอน้ำเป็นแหล่งให้ความร้อน เพื่ออุณหภูมิของน้ำ Jacket (ช่องว่างระหว่างผนังถังปฏิกิริยา จนกระทั่งอุณหภูมิในถังปฏิกิริยาเข้าใกล้ อุณหภูมิ อุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยา (Reaction Temp) จากนั้นจึงหยุดให้ความร้อนเพราะปฏิกิริยาของการเปลี่ยนจากวีซีเอ็มเป็นพีวีซีนั้นเป็นปฏิกิริยาคลายความร้อน(Exothermic Reaction) ความร้อนเหล่านี้จะถูกถ่ายเทออกจากถังปฏิกิริยาโดยอาศัยน้ำหล่อเป็น (Cooling) ผ่านJacket ถังปฏิกิริยา

การเกิดปฏิกิริยาจะดำเนินไปเรื่อย ๆ ภายใต้อุณหภูมิและความดันคงที่จากการควบคุมปฏิกิริยาด้านการใช้น้ำหล่อเย็น (cooling) จนกระทั่งความดันภายในปฏิกิริยาค่อย ๆ ลดลงมาถึงจุดที่กำหนด

5.การแยกวีซีเอ็มกลับคืน (Recovery)

เป็นขั้นตอนการแยกวีซีเอ็ม ที่เหลือจากการทำปฏิริยากลับคืนไปยังหน่วยกลั่นวีซีเอ็มเพื่อทำให้บริสุทธิ์แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ด้วยการผสมกับวีซีเอ็มบริสุทธิ์ในขั้นตอนนี้จะมีการใช้ความร้อนด้วยไอน้ำเพื่อให้พีวีซีเปียก (pvc slurry) อุณหภูมิ 75 ^{o}C ซึ่งจะทำให้วีซีเอ็มที่เหลือจากปฏิกิริยาจะเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สและถูกส่งกลับคืนได้

6.การถ่าย (Discharge)

เป็นขั้นตอนที่ทำพีวีซีผลิตได้ซึ่งจะมีลักษณะเป็นพีวีซีเปียก (pvc slurry) จะถูกถ่ายจากถังปฏิกิริยามาเก็บไว้ที่ถังรองรับพีวีซีเปียก (slurry storage tank) เพื่อรอที่จะป้อนเข้าในส่วนของการทำให้พีวีซีแห้ง (Drying Section) ต่อไป

7.การล้าง (Jet Cleaning)

เป็นขั้นตอนการทำความสะอาดผิวถังปฏิกิริยาหลังจากพีวีซีถูกถ่ายออกจากถังปฏิกิริยาแล้ว โดยใช้น้ำความดันสูงส่งผ่านหัวฉีด เพื่อกำจัดคราบพีวีซีที่เกาะติดผนังถังปฏิกิริยา

2 ขั้นตอนการผลิตในส่วนของการทำให้พีวีซีแห้ง (Drying Section)

1.การแยกวีซีเอ็มที่คงเหลือออก (Aeration)

เป็นขั้นตอนการแยกวีซีเอ็มที่ยังคงเหลืออยู่ โดยเฉพาะตามรูพรุนของพีวีซีออกจากพีวีซีเปียก (pvc slurry)เพื่อให้ปริมาณวีซีเอ็มทลงเหลือมีค่าตามมาตราฐานการผลิต โดยใช้ความร้อนเป็นตัวไล่วีซีเอ็มให้ระเหยออกจาก พีซีวีเปียก (pvc slurry)

2.การสลัดน้ำ (Dewatering)

เป็นขั้นตอนการสลัดน้ำออกจากพีวีซีเปียกโดยอาศัยหลักการเหวียงใบเครื่องเหวี่ยง Decanter เพื่อให้เป็นพีวีซีชื้น (pvc cake) ที่มีความชื้นประมาณ 24 % เพื่อรอการนำไปอบแห้ง

3.การอบแห้ง (Drying)

พีวีซีชื้น (pvc cake) ที่ได้จากเครื่องเหวี่ยง Decanter จะถูกส่งมายังหออบแห้ง (Dryer)เพื่อเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง (Drying) ขบวนการที่เกิดขึ้นในการอบแห้ง (Drying) คือ การใช้ลมเป่าผ่านทางตอนล่าง ทำให้พีวีซีฟุ้งกระจายตลอดเวลาพีวีซีที่ได้จะมีความชื้นไม่เกิน 0.3%

4.การคัดขนาด (Screening)

พีวีซีที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะถูกดูดไปยังเครื่องแยกขนาดเพื่อคัดพีวีซีที่มีเม็ดขนาดใหญ่ออกไปพีวีซีที่มีขนาดความต้องการจะถูกส่งเข้าเก็บในถังเก็บ (Silo) เพื่อรอการบรรจุและส่งขายต่อไป

5.การบรรจุ (Packing)

เป็นขั้นตอนการถ่ายพีวีซีจากถังเก็บบรรจุลงถุงหรือรถส่ง(Tank Car)เพื่อความเข้าใจในระบบการผลิตให้ง่ายขึ้น จะแสดงขั้นตอนการผลิตพีวีซีเรซินเป็น Block Diagram โดยแสดงส่วนที่เกี่ยวข้องกับหน่วยผลิตสาธารณูปการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขบวนการผลิตพีวีซีเม็ด (PVC COMPOUND)

แบ่งการผลติออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1.ระบบชั่งวัตถุดิบ (WEINGHING SYSTEM)

2. การผสม (MIXING)

3. การอัดฉีด (EXTRUSION)

1.ระบบชั่งวัตถุดิบ (WEIGHING SYSTEM)

เป็นการเตรียมวัตถุดิบ ให้ได้ตามสูตร ที่ถูกค้าต้องการซึ่งในขบวนการชั่งจะประกอบด้วย Hopper / silo ต่าง ๆ ที่บรรจุวัตถุดิบหลักคือ PVC RESIN ,FILLER และ PLASTICIZER TANK

ขนวนการชั่งและการเตรียมวัตถุดิบจะถูกควบคุมด้วยระบบควบคุม LOGIC โดยชั่งวัตถุดิบต่าง ๆ ด้วยเครื่องชั่ง (Local Cell) ซึ่งมีความถูกต้องและแม่นยำสูง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอทุกรอบการผลิต (BATCH) การขนถ่ายวัตถุดิบของแข็งจาก SILO ไปสู่เครื่องชั่ง (Local Cell)สามารถทำได้ด้วยการใช้สกรูผลักดัน (SCREW FEEDER) และระบบสูญญากาศ

หลังจากที่ระบบการชั่งวัตถุดิบได้ทำงานจรครบทุกขั้นตอนและได้วัตถุดิบที่มีน้ำหนักตามสูตรแล้ว วัตถุดิบทั้งหมดจะถูกส่งเข้าเครื่องผสม (MIXER) เพื่อทำงานผสมต่อไป

2. การผสม (MIXING)

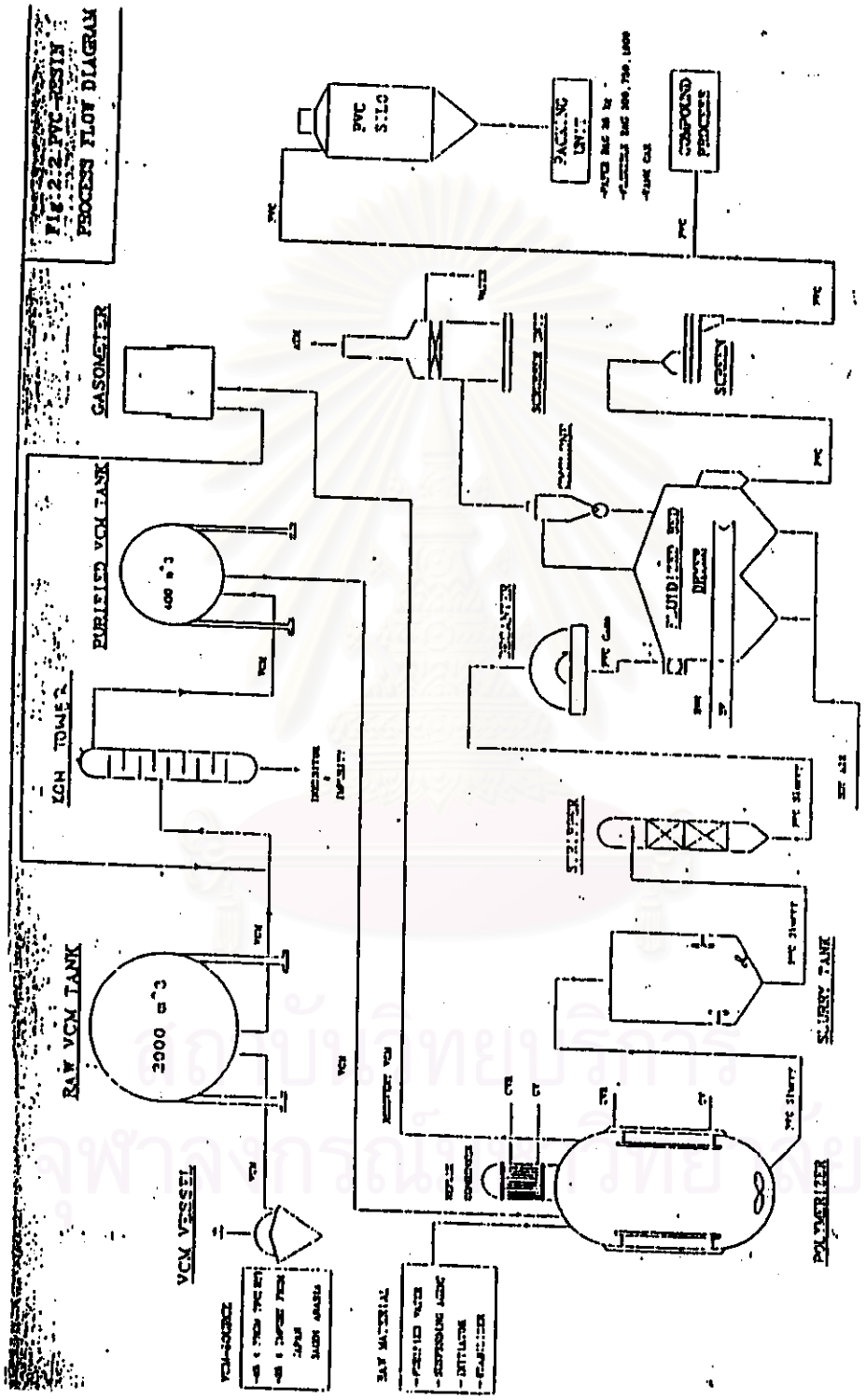
ขบวนการผสมของพีวีซีคอมเปานด์มีวัตถุประสงค์เพื่อให้วัตถุดิบเกิดการคลุกเคล้าอย่างทั่วถึงในระหว่างการผสมจะเกิดความร้อนซึ่งเกิดจากการเสียดสีระหว่างใบพัดกับวัตถุดิบ โดยในขบวนการผสมจะควบคุมให้วัตถุดิบมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 80 องศา – 180 องศา แล้วแต่ผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิของวัตถุดิบสูงถึงจุดที่เหมาะสมแล้วซึ่งเรียกว่า Dry Blend จะถูกปล่อยลง Dry Blend Hopper เพื่อรอการอัดฉีดเป็นพลาสติกต่อไป

3. การอัดฉีด (EXTRUSION)

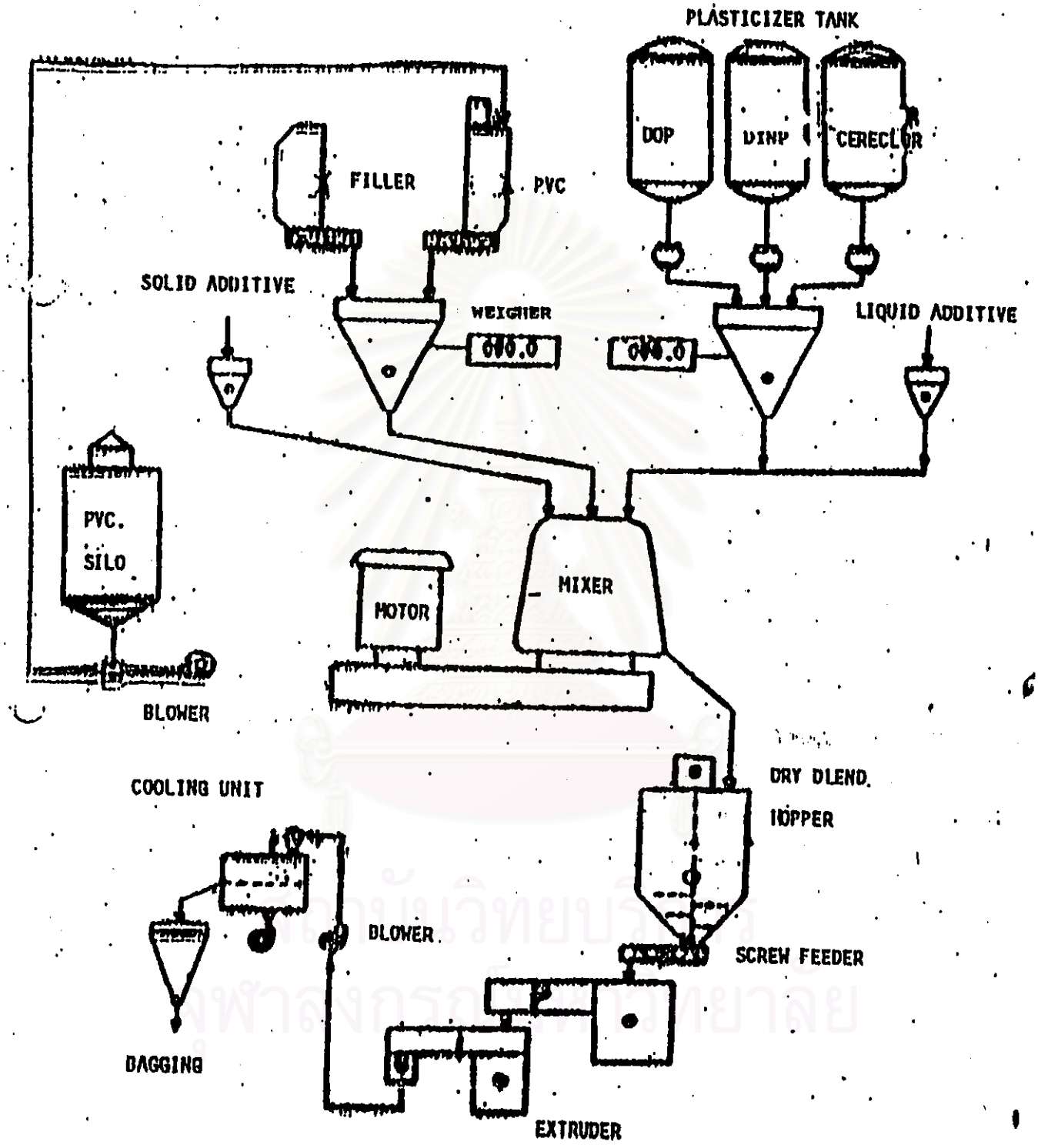
ขบวนการอัดฉีดทำหน้าที่หลอมเหลว Dry Blend ซึ่งมีสภาพเป็นผงเปลี่ยนเป็นเนื้อพลาสติก (PVC COMPOUND) โดยเครื่องจักรที่เรียกว่า Extruder แหล่งความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลวมาจาก Heater และ Mechanical Heatจากแรงเฉือนของ SCREW ของ Extruder เมื่อ Dry Blend หลอมเหลวแล้วจะถูกลำเลียงโดย SCREW ผ่าน Extruder ไปยังส่วนตัด (DIE PLATE) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูกล้ายรังผึ้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูประมาณ 3 –3.2 ซม.ที่ผิวหน้าของส่วนตัด (DIE PLATE) จะมีใบมีดตัดเม็ด เพื่อตัดพลาสติกที่ไหลออกมาจากรูของส่วนตัด (DIE PLATE) ให้กลายเป็นเม็ดพลาสติก หลังจากนั้นเม็ดจะถูกลำเลียงไปหล่อเย็นที่ Cooling Unit โดยที่ใช้ลมในการเป่าเม็ดให้อุณหภูมิลดลงโดยอาศัยหลักการ FLUIDIZED BED เม็ดที่ออกจาก Cooling Unit จะถูกส่งลงไปสู่ Hopper เม็ดเพื่อบรรจุส่งให้ถูกค้าต่อไป

แผงผังแสดงกระบวนการผลิตและคำอธิบายของแต่ละกระบวนการผลิต

ขบวนการผลิต PVC Resin



Flow Diagram For PVC Compound



หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น

หัวเรื่อง	ม.ค. - เม.ย. 2539			ม.ค. - เม.ย. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำหล่อเย็น	7,128,295			6,151,500		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำประปา(ลูกบาศก์เมตร)	75,657	8.92	674,860	59,530	9.45	562,559
ไซเดียมไฮโปรคลอไรด์10% (กก.)	6,656	4.55	30,285	5,720	4.55	26,026
สารเคมีป้องกันตะกรัน (กก.)	462	195.00	90,090	393	195.00	76,635
สารเคมีป้องกันการกัดกร่อน (กก.)	368	100.00	36,800	335	100.00	33,500
สารเคมีฆ่าเชื้อสารจุลชีพ (กก.)	732	120.00	87,840	650	120.00	78,000
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	2,117,847	1.63	3,452,091	1,774,300	1.69	2,998,567
ต้นทุนผันแปรรวม	7,128,295	0.61	4,371,966	6,151,500	0.61	3,775,287
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			504,881			566,100
ค่าซ่อมบำรุง			225,012			203,670
ค่าเสื่อมราคา			81,966			79,210
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			9,667			12,000
ต้นทุนคงที่รวม	7,128,295	0.12	821,526	6,151,500	0.14	860,980
ต้นทุนรวม(บาท)	7,128,295	0.73	5,193,492	6,151,500	0.75	4,636,267

หัวเรื่อง	พ.ค. - ส.ค. 2539			พ.ค. - ส.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำหล่อเย็น	6,727,680			6,104,600		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำประปา(ลูกบาศก์เมตร)	67,341	8.84	595,294	51,200	10.02	513,024
ไซเดียมไฮโปรคลอไรด์10% (กก.)	6,440	4.55	29,302	5,540	4.55	25,207
สารเคมีป้องกันตะกรัน (กก.)	430	195.00	83,850	380	195.00	74,100
สารเคมีป้องกันการกัดกร่อน (กก.)	332	100.00	33,200	320	100.00	32,000
สารเคมีฆ่าเชื้อสารจุลชีพ (กก.)	710	120.00	85,200	570	120.00	68,400
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	1,933,729	1.60	3,093,966	1,862,000	1.69	3,146,780
ต้นทุนผันแปรรวม	6,727,680	0.58	3,928,813	6,104,600	0.63	3,859,511
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			512,000			565,118
ค่าซ่อมบำรุง			221,225			269,620
ค่าเสื่อมราคา			81,966			79,210
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			6,253			10,760
ต้นทุนคงที่รวม	6,727,680	0.12	821,444	6,104,600	0.15	924,708
ต้นทุนรวม(บาท)	6,727,680	0.70	4,742,257	6,104,600	0.78	4,784,219

หัวเรื่อง	ก.ย. - ธ.ค. 2539			ก.ย. - ธ.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำหล่อเย็น	6,507,520			5,374,400		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำประปา(ลูกบาศก์เมตร)	65,348	9.02	589,439	52,570	9.25	486,273
ไซเดียมไฮโปรคลอไรด์10% (กก.)	6,280	4.55	28,574	4,830	4.55	21,977
สารเคมีป้องกันตะกรัน (กก.)	407	195	79,365	335	195.00	65,325
สารเคมีป้องกันการกัดกร่อน (กก.)	317	100	31,700	280	100.00	28,000
สารเคมีฆ่าเชื้อสารจุลชีพ (กก.)	688	120	82,560	560	120.00	67,200
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	1,858,224	1.62	3,010,323	1,534,800	1.68	2,578,464
ต้นทุนผันแปรรวม	6,507,520	0.59	3,821,961	5,374,400	0.60	3,247,238
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			502,000			567,305
ค่าซ่อมบำรุง			205,225			148,130
ค่าเสื่อมราคา			81,966			79,210
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			10,253			9,540
ต้นทุนคงที่รวม	6,507,520	0.12	799,444	5,374,400	0.15	804,185
ต้นทุนรวม(บาท)	6,507,520	0.71	4,621,405	5,374,400	0.75	4,051,423

หน่วยผลิตลมความดันสูง

หัวเรื่อง	ม.ค. - เม.ย. 2539			ม.ค. - เม.ย. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณลมความดันสูง	5,607,725			4,598,625		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำหล่อเย็น(ลูกบาศก์เมตร)	143,704	0.61	87,659	109,000	0.61	66,817
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	905,396	1.63	1,475,795	735,460	1.69	1,242,927
ต้นทุนผันแปรรวม	5,607,725	0.28	1,563,455	4,598,625	0.28	1,309,744
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยงานผลิตน้ำหล่อเย็น	143,704	0.12	17,244	109,000	0.14	15,260
เงินเดือน			515,362			525,137
ค่าซ่อมบำรุง			84,014			157,000
ค่าเสื่อมราคา			175,085			165,330
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			11,006			9,500
ต้นทุนคงที่รวม	5,607,725	0.14	802,711	4,598,625	0.19	872,227
ต้นทุนรวม(บาท)	5,607,725	0.42	2,366,166	4,598,625	0.47	2,181,971

หัวเรื่อง	พ.ค. - ส.ค. 2539			พ.ค. - ส.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณลมความดันสูง	5,291,839			5,279,700		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำหล่อเย็น(ลูกบาศก์เมตร)	151,515	0.58	87,879	122,150	0.63	77,199
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	860,606	1.60	1,376,970	848,500	1.69	1,433,965
ต้นทุนผันแปรรวม	5,291,839	0.28	1,464,848	5,279,700	0.29	1,511,164
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยงานผลิตน้ำหล่อเย็น	151,515	0.12	18,182	122,150	0.15	18,323
เงินเดือน			513,140			525,455
ค่าซ่อมบำรุง			1,712,455			158,800
ค่าเสื่อมราคา			175,084			165,330
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			6,300			7,570
ต้นทุนคงที่รวม	5,291,839	0.46	2,425,161	5,279,700	0.17	875,478
ต้นทุนรวม(บาท)	5,291,839	0.74	3,890,009	5,279,700	0.45	2,386,641

หัวเรื่อง	ก.ย. - ธ.ค. 2539			ก.ย. - ธ.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณลมความดันสูง	5,670,792			4,959,100		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำหล่อเย็น(ลูกบาศก์เมตร)	160,892	0.59	94,926	129,400	0.60	78,158
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	950,186	1.62	1,539,301	801,820	1.68	1,347,058
ต้นทุนผันแปรรวม	5,670,792	0.29	1,634,228	4,959,100	0.29	1,425,215
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยงานผลิตน้ำหล่อเย็น	160,892	0.12	19,307	129,400	0.15	19,410
เงินเดือน			516,535			526,012
ค่าซ่อมบำรุง			1,048,758			287,100
ค่าเสื่อมราคา			175,085			165,330
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			9,712			11,060
ต้นทุนคงที่รวม	5,670,792	0.31	1,769,397	4,959,100	0.20	1,008,912
ต้นทุนรวม(บาท)	5,670,792	0.60	3,403,625	4,959,100	0.49	2,434,127

หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์

หัวเรื่อง	ม.ค. - เม.ย. 2539			ม.ค. - เม.ย. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	111,536			97,650		
ต้นทุนผันแปร						
ลมอัดความดันสูง (ลูกบาศก์เมตร)	150,852	0.28	42,239	118,782	0.28	33,259
น้ำประปา (ลูกบาศก์เมตร)	121,924	8.92	1,087,562	106,539	9.45	1,006,367
โซเดียมไฮดรอกไซด์50% (กก.)	82,700	3.41	282,007	70,567	3.41	240,633
ไฮโดรคลอริก35% (กก.)	102,723	3.17	325,632	95,958	3.17	304,187
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	132,483	1.63	215,947	112,610	1.69	190,311
ต้นทุนผันแปรรวม	111,536	17.51	1,953,387	97,650	18.17	1,774,758
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตลมอัดความดันสูง	150,852	0.14	21,119	118,782	0.19	22,569
เงินเดือน			510,277			529,310
ค่าซ่อมบำรุง			245,766			366,033
ค่าเสื่อมราคา			127,433			120,858
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			10,933			9,900
ต้นทุนคงที่รวม	111,536	8.21	915,528	97,650	10.74	1,048,670
ต้นทุนรวม(บาท)	111,536	25.72	2,868,915	97,650	28.91	2,823,427

หัวเรื่อง	พ.ค. - ส.ค. 2539			พ.ค. - ส.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	96,422			85,600		
ต้นทุนผันแปร						
ลมอัดความดันสูง (ลูกบาศก์เมตร)	124,636	0.28	34,898	107,050	0.29	31,045
น้ำประปา (ลูกบาศก์เมตร)	105,386	8.84	932,034	93,100	10.02	932,397
โซเดียมไฮดรอกไซด์50% (กก.)	72,453	3.41	247,065	62,190	3.41	212,068
ไฮโดรคลอริก35% (กก.)	97,286	3.17	308,397	84,800	3.17	268,816
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	113,244	1.60	181,190	98,800	1.69	166,972
ต้นทุนผันแปรรวม	96,422	17.67	1,703,584	85,600	18.82	1,611,297
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตลมอัดความดันสูง	124,636	0.46	57,831	107,050	0.17	18,199
เงินเดือน			507,565			527,097
ค่าซ่อมบำรุง			246,826			114,400
ค่าเสื่อมราคา			127,433			120,858
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			18,933			13,560
ต้นทุนคงที่รวม	96,422	9.94	958,588	85,600	9.28	794,114
ต้นทุนรวม(บาท)	96,422	27.61	2,662,172	85,600	28.10	2,405,410

หัวเรื่อง	ก.ย. - ธ.ค. 2539			ก.ย. - ธ.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	89,600			85,417		
ต้นทุนผันแปร						
ลมอัดความดันสูง (ลูกบาศก์เมตร)	124,240	0.29	36,030	101,819	0.29	29,528
น้ำประปา (ลูกบาศก์เมตร)	97,884	9.02	883,207	92,923	9.25	859,166
โซเดียมไฮดรอกไซด์50% (กก.)	65,660	3.41	223,901	60,221	3.41	205,354
ไฮโดรคลอริก35% (กก.)	96,461	3.17	305,781	83,742	3.17	265,462
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	109,226	1.62	176,946	101,351	1.68	170,270
ต้นทุนผันแปรรวม	89,600	18.15	1,625,865	85,417	17.91	1,529,779
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตลมอัดความดันสูง	124,240	0.31	39,011	101,819	0.20	20,364
เงินเดือน			512,068			528,397
ค่าซ่อมบำรุง			189,592			104,719
ค่าเสื่อมราคา			127,433			120,858
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			19,320			12,304
ต้นทุนคงที่รวม	89,600	9.90	887,424	85,417	9.21	786,642
ต้นทุนรวม(บาท)	89,600	28.05	2,513,289	85,417	27.12	2,316,421

หน่วยผลิตไอน้ำ

หัวเรื่อง	ม.ค. - เม.ย. 2539			ม.ค. - เม.ย. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณไอน้ำ	26,107			25,669		
(ตัน)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	10,833	17.51	189,686	10,319	18.17	187,496
น้ำมันเตา(ลิตร)	2,117,132	4.44	9,400,066	2,017,566	4.33	8,736,061
สารเคมีป้องการกัดกร่อน(กก.)	88	47.00	4,136	103	47.00	4,841
สารเคมีดออกซิเจนในน้ำป้อน(กก.)	355	155.00	55,025	355	155.00	55,025
สารเคมีปรับpHน้ำคอนเดนเสต(กก.)	162	152.00	24,624	172	152.00	26,144
ค่าเกี๊ยนเอสพีจี(กก.)	241	10.30	2,482	262	10.50	2,751
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	166,588	1.63	271,538	159,599	1.69	269,722
ต้นทุนผันแปรรวม	26,107	381.03	9,947,558	25,669	361.61	9,282,840
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	10,833	8.21	88,939	10,319	10.74	110,826
เงินเดือน			485,874			501,895
ค่าซ่อมบำรุง			239,900			201,512
ค่าเสื่อมราคา			117,466			123,762
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			15,333			11,700
ต้นทุนคงที่รวม	26,107	36.29	947,512	25,669	37.00	949,695
ต้นทุนรวม(บาท)	26,107	417.32	10,895,070	25,669	398.60	10,231,735

หัวเรื่อง	พ.ค. - ส.ค. 2539			พ.ค. - ส.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณไอน้ำ	28,416			24,860		
(ตัน)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	11,521	17.67	203,576	9,830	18.83	185,099
น้ำมันเตา(ลิตร)	2,300,053	4.50	10,350,239	1,964,120	4.38	8,602,846
สารเคมีป้องการกัดกร่อน(กก.)	101	47.00	4,747	90	47.00	4,230
สารเคมีดออกซิเจนในน้ำป้อน(กก.)	367	155.00	56,885	288	155.00	44,640
สารเคมีปรับpHน้ำคอนเดนเสต(กก.)	170	152.00	25,840	135	152.00	20,520
ค่าเกี๊ยนเอสพีจี(กก.)	259	10.30	2,668	224	10.50	2,352
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	181,084	1.60	289,734	158,970	1.69	268,659
ต้นทุนผันแปรรวม	28,416	384.77	10,933,689	24,860	367.19	9,128,346
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	11,521	9.94	114,519	9,830	9.28	91,222
เงินเดือน			484,290			500,143
ค่าซ่อมบำรุง			160,351			316,780
ค่าเสื่อมราคา			117,466			123,762
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			12,060			11,000
ต้นทุนคงที่รวม	28,416	31.27	888,686	24,860	41.95	1,042,907
ต้นทุนรวม(บาท)	28,416	416.05	11,822,374	24,860	409.14	10,171,253

หัวเรื่อง	ก.ย. - ธ.ค. 2539			ก.ย. - ธ.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณไอน้ำ	35,198			24,174		
(ตัน)						
ต้นทุนผันแปร						
น้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	14,174	18.15	257,258	9,633	17.91	172,527
น้ำมันเตา(ลิตร)	2,820,504	4.53	12,776,883	1,855,528	4.25	7,885,994
สารเคมีป้องการกัดกร่อน(กก.)	127	47.00	5,969	85	47.00	3,995
สารเคมีดออกซิเจนในน้ำป้อน(กก.)	478	155.00	74,090	365	155.00	56,575
สารเคมีปรับpHน้ำคอนเดนเสต(กก.)	214	152.00	32,528	162	152.00	24,624
ค่าเกี๊ยนเอสพีจี(กก.)	318	10.30	3,275	256	10.50	2,688
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	222,492	1.62	360,437	153,156	1.68	257,302
ต้นทุนผันแปรรวม	35,198	383.84	13,510,441	24,174	347.63	8,403,705
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์	14,174	9.90	140,323	9,633	9.21	88,720
เงินเดือน			486,012			501,256
ค่าซ่อมบำรุง			239,700			231,123
ค่าเสื่อมราคา			117,466			123,762
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			9,350			19,924
ต้นทุนคงที่รวม	35,198	28.21	992,851	24,174	39.91	964,785
ต้นทุนรวม(บาท)	35,198	412.05	14,503,291	24,174	387.54	9,368,490

หน่วยบำบัดน้ำเสีย

หัวเรื่อง	ม.ค. - เม.ย. 2539			ม.ค. - เม.ย. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำเสีย	199,712			201,046		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
กรดซัลฟูริก50% (กก.)	65,930	3.65	240,645	69,750	3.50	244,125
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	62,228	1.63	101,432	65,805	1.69	111,210
ต้นทุนผันแปรรวม	199,712	1.71	342,076	201,046	1.77	355,335
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			186,892			192,730
ค่าซ่อมบำรุง			137,083			159,040
ค่าเสื่อมราคา			133,701			131,684
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			6,956			6,126
ต้นทุนคงที่รวม	199,712	2.33	464,632	201,046	2.44	489,580
ต้นทุนรวม(บาท)	199,712	4.04	806,708	201,046	4.20	844,915

หัวเรื่อง	พ.ค. - ส.ค. 2539			พ.ค. - ส.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำเสีย	181,494			182,400		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
กรดซัลฟูริก50% (กก.)	61,640	3.65	224,986	63,620	3.50	222,670
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	54,957	1.60	87,931	58,800	1.69	99,372
ต้นทุนผันแปรรวม	181,494	1.72	312,917	182,480	1.77	322,042
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			187,213			191,535
ค่าซ่อมบำรุง			90,846			7,600
ค่าเสื่อมราคา			133,701			131,684
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			2,701			6,130
ต้นทุนคงที่รวม	181,494	2.28	414,461	182,480	1.85	336,949
ต้นทุนรวม(บาท)	181,494	4.81	727,378	182,480	3.61	658,991

หัวเรื่อง	ก.ย. - ธ.ค. 2539			ก.ย. - ธ.ค. 2540		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน
ปริมาณน้ำเสีย	207,930			157,181		
(ลูกบาศก์เมตร)						
ต้นทุนผันแปร						
กรดซัลฟูริก50% (กก.)	70,120	3.65	255,938	55,140	3.50	192,990
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	67,500	1.62	109,350	62,141	1.69	105,018
ต้นทุนผันแปรรวม	207,930	1.76	365,288	157,181	1.90	298,008
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			186,529			191,523
ค่าซ่อมบำรุง			143,320			29,432
ค่าเสื่อมราคา			133,701			131,584
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			11,212			8,954
ต้นทุนคงที่รวม	207,930	2.28	474,762	157,181	2.30	361,493
ต้นทุนรวม(บาท)	207,930	4.04	840,050	157,181	4.20	659,501

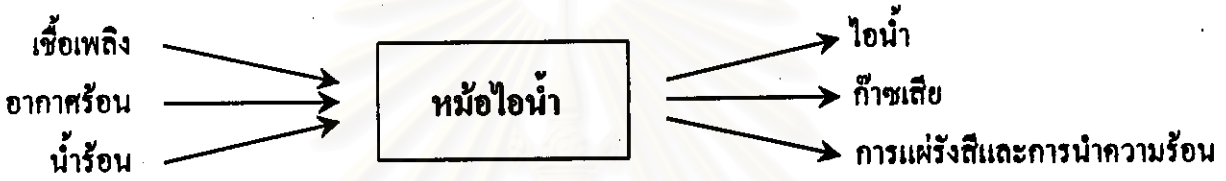
ภาคผนวก ข.

การคำนวณหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

ข.1 หลักการคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำด้วยวิธีทำสมดุลย์ความร้อน

จากกฎของการอนุรักษ์พลังงาน (LAW OF CONSERVATION OF ENERGY)

ความร้อนเข้า (INPUT) = ความร้อนออก (OUT PUT)



แผนผังสมดุลย์ความร้อน (Heat Balance)

วิธีคำนวณความร้อนเข้า

1.1 ความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง

$H_L = Hh - 600 (9h + w)$ kcal / kg เชื้อเพลิง

H_L , Hh : ค่าความร้อนต่ำและค่าความร้อนสูงตามลำดับ (kcal / kg เชื้อเพลิง)

h , w : น้ำหนัก (kg) ของไฮโดรเจนและน้ำในเชื้อเพลิง 1 kg

ที่มา:สูตรจากเอกสารอบรมหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน บริษัทมิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด

1.2 ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง

ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง = (ความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง) x (อุณหภูมิของเชื้อเพลิง - อุณหภูมิมาตรฐาน)

หน่วย kcal / kg เชื้อเพลิง

ความร้อนจำเพาะของน้ำมันเตามีค่าประมาณ 0.45 Kcal/kg ^{o}C

1.3 ความร้อนที่อากาศนำเข้าสำหรับการสันดาป

ความร้อนสัมผัสของอากาศ = (ปริมาณอากาศ) x (ความร้อนจำเพาะเฉลี่ยที่ความดันคงที่) x
(อุณหภูมิอากาศ – อุณหภูมิมาตรฐาน)

ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของอากาศมีค่าประมาณ 0.31 kcal/ $Nm^3{}^oC$

1.4 ความร้อนที่น้ำป้อนเข้า

ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน = ปริมาณน้ำป้อน x (เอนธัลพีของน้ำป้อน – เอนธัลพีของน้ำที่อุณหภูมิมาตรฐาน)

2.วิธีคำนวณความร้อนออก

2.1 ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำที่ผลิตขึ้น

ความร้อนที่อยู่ในไอน้ำ = ปริมาณไอน้ำที่ผลิต x (เอนธัลพีของไอน้ำที่ผลิต – เอนธัลพีของน้ำที่อุณหภูมิน้ำป้อน)

2.2 ความร้อนที่นำออกโดยก๊าซเสีย

ความร้อนที่มีอยู่ในก๊าซสันดาปแห้ง = (ปริมาณก๊าซสันดาปแห้ง x ความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของก๊าซสันดาปแห้ง) x
(อุณหภูมิก๊าซเสียที่ทางออก – อุณหภูมิมาตรฐาน)

ปริมาณก๊าซสันดาปแห้ง = ปริมาณก๊าซโดยทฤษฎี + (อัตราส่วนอากาศ – 1) x ปริมาณอากาศโดยทฤษฎี
หน่วยเป็น Nm^3/kgเชื้อเพลิง

ปริมาณก๊าซโดยทฤษฎี $= \frac{1.11\ H_L}{1000}$ หน่วยเป็น Nm^3/kg

อัตราส่วนอากาศ $= \frac{21}{21 - \%\ O_2}$

ปริมาณอากาศโดยทฤษฎี $= \frac{0.85 H_L}{1000} + 2.0$ หน่วยเป็น Nm^3/kg เชื้อเพลิง

ความร้อนจำเพาะของก๊าซเสีย

อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	200	400	600	800
ความร้อนจำเพาะเฉลี่ย C_p cal/Nm^3°C	0.332	0.340	0.348	0.358

ที่มา : สูตรการคำนวณจากเอกสารการเผาไหม้เชื้อเพลิงของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

2.3 ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำของก๊าซสันดาปที่ทิ้ง

ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำของก๊าซสันดาปที่ทิ้ง
= ปริมาณไอน้ำทั้งหมดในก๊าซสันดาปที่ทิ้ง x ความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของไอน้ำ x (อุณหภูมิของก๊าซที่ทิ้งทางออก – อุณหภูมิมาตรฐาน)
ความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของไอน้ำประมาณ 0.45 kcal/kg °C

2.4 ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอน้ำที่พ่นฝอย

ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่มีอยู่ในไอน้ำที่พ่นเข้าไป
= ปริมาณไอน้ำที่พ่นเข้า x ความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของไอน้ำ x (อุณหภูมิของก๊าซทิ้งทางทางออก – อุณหภูมิมาตรฐาน) + 600 x ปริมาณไอน้ำที่พ่นเข้า

2.5 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยการแผ่รังสี การนำความร้อนและอื่น ๆ

ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยการแผ่รังสี การนำความร้อนและอื่นๆ = ผลรวมความร้อนเข้า – ผลรวมความร้อนออกที่คำนวณได้

ข.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำก่อนปรับปรุง

<u>การคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำชุดที่1</u>

ผลการเก็บข้อมูลเบื้องต้น

เชื้อเพลิงที่ใช้ = น้ำมันเตาเกรด C (ถ.พ. = 0.93 ที่ 80°C)

ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง (% น้ำหนัก)

คาร์บอน (C)	=	86.28 %
ไฮโดรเจน (H)	=	11.93 %
ไนโตรเจน (N)	=	0.43 %
กำมะถัน (S)	=	1.36 %
ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง	=	10,350 (kcal/kg)

ที่มา : จากข้อมูลน้ำมันเตาของบริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย = 488 liter /hr (453.8 kg/hr)
อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ใช้ป้อน = 80 °C
อุณหภูมิของอากาศภายนอก = 33 °C
อุณหภูมิมาตรฐาน = 25 °C
อุณหภูมิของอากาศป้อน = 40 °C
ความดันบรรยากาศ = 760 mmHg
ปริมาณน้ำป้อนเฉลี่ย = 6,133 kg/hr
อุณหภูมิของน้ำป้อน = 58 °C
ไอน้ำที่ผลิตขึ้น = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่ 13.0 kg/cm^2 และอัตราส่วนความแห้งเป็น 1
ไอน้ำสำหรับฉีดฝอยน้ำมันเตา = 4% ของไอน้ำที่ผลิตขึ้นจากหม้อไอน้ำ
อุณหภูมิของก๊าซสันดาปที่ทิ้ง = 228 °C
% ของ O_2ในก๊าซเสีย = 6.2 %
ปริมาณอากาศเข้า = 220Nm^3/min

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ โดยการทำสมดุลย์ความร้อนของการใช้งานต่อเชื้อเพลิง 1 kg

<u>คำนวณปริมาณเข้า</u>

1. ปริมาณเชื้อเพลิง	453.8	kg/hr
2. ปริมาณอากาศที่ใช้สันดาป	29.09	Nm^3/kg เชื้อเพลิง
3. ปริมาณน้ำป้อน	13.51	kg/kg เชื้อเพลิง
4. ปริมาณไอน้ำที่พ่นเข้าไป	0.54	kg/kg เชื้อเพลิง

<u>คำนวณปริมาณออก</u>

1. ปริมาณไอน้ำที่เกิดขึ้น $13.51 - 0.54 = 12.97$ kg/kg เชื้อเพลิง
2. ปริมาณก๊าซสันดาปแห้งที่ทิ้งไป $= \frac{(1.11\,H_L)}{1,000} + \left(\left(\frac{21}{21 - \%O_2} - 1\right) \times \left(\frac{0.85\,H_L + 2.0}{1,000}\right)\right) Nm^3$/kg เชื้อเพลิง
3. ปริมาณไอน้ำในก๊าซสันดาปที่ทิ้ง

(ไอน้ำที่เกิดจากไฮโดรเจนและน้ำในเชื้อเพลิง)= 9 x ไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง +น้ำในเชื้อเพลิง

$= (9 \times 0.1193) + 0$

$= 1.07$ kg/kg เชื้อเพลิง

<u>คำนวนความร้อนเข้า</u>

1. ความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง (H_L)

$= 10,350 - 600\,((9 \times 0.1193) + 0)$

$= 9,705.78$ kcal / kg เชื้อเพลิง

2. ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง

$= 0.45 \times (80 - 25)$

$= 24.75$ kcal / kg เชื้อเพลิง

3. ความร้อนสัมผัสของอากาศ

$= 29.09 \times 0.31\,(40 - 25)$

$= 135.27$ kcal / kg เชื้อเพลิง

4. ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน

= 13.51 x (58 - 25)

= 445.85 kcal / kg เชื้อเพลิง

<u>คำนวณความร้อนออก</u>

1. ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำที่เกิดขึ้น

= 12.97 x (665.8 – 58) (h_g ที่ 13 kg/cm^2 = 665.8 kcal/kg)

= 7,883.17 kcal/kg เชื้อเพลิง

2. ความร้อนที่มีอยู่ในก๊าซสันดาปแห้งที่ทิ้ง

$$= \left(\left(\frac{1.11 \times 9,705.78}{1,000} \right) + \left(\left(\frac{21}{21 - 6.2} - 1 \right) \times \left(\frac{0.85 \times 9,705.78}{1,000} + 2 \right) \right) \right) \times 0.333 \times (228 - 25)$$

= 1,019.07 kcal / kg เชื้อเพลิง

3. ความร้อนที่อยู่ในไอน้ำก๊าซสันดาปที่ทิ้ง

= 1.07 x 0.45 x (228 – 25)

= 97.74 kcal/kg เชื้อเพลิง

4. ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอน้ำที่พ่นฝอย

= ((0.54 x 0.45) x (228 – 25)) + (600 x 0.54)

= 373.33 kcal/kg เชื้อเพลิง

5.ความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อนและอื่น ๆ

= (9,705.78 + 24.75 + 135.27 + 445.85) – (7,883.17 + 1,019.07 + 97.74 + 373.33)

= 938.34 kcal/kg เชื้อเพลิง

ตารางที่ ข.1 สมดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำชุดที่1 ก่อนปรับปรุง

ความร้อนเข้า	Kcal/kg เชื้อเพลิง	%	ความร้อนออก		Kcal/kg เชื้อเพลิง	%
- ปริมาณความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง	9,705.78	94.2	ความร้อนออกยังผล	- ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำที่เกิดขึ้น (ความร้อนที่ตัวหม้อไอน้ำดูดเข้า	7,883.17	76.5
- ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง	24.75	0.2				
- ความร้อนสัมผัสของอากาศ	135.27	1.3				
- ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน	445.85	4.3		รวมย่อย	7,883.17	76.5
			ความร้อนสูญเสีย	- ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ก๊าซสันดาปแห้ง	1019.07	9.9
				- ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอน้ำในก๊าซสันดาป	97.74	0.9
				- ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอน้ำฝอย	373.33	3.6
				- ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนและการนำความร้อน	938.34	9.1
				รวมย่อย	2,428.48	23.5
รวม	10,311.65	100.0	รวม		10,311.65	100

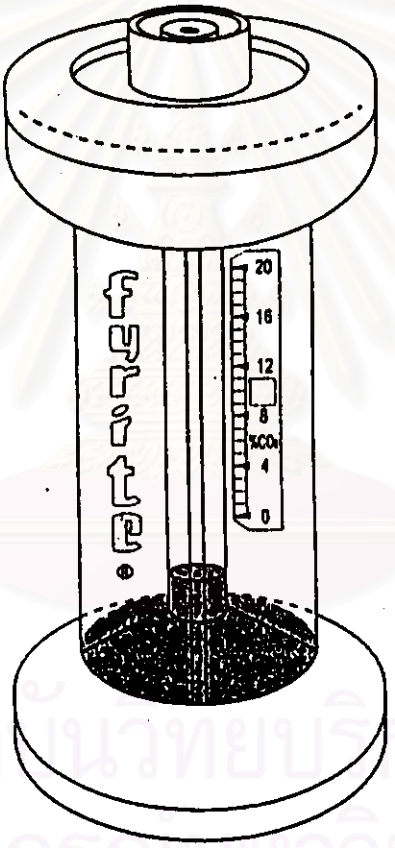
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 สมดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำชุดที่2 ก่อนปรับปรุง

ความร้อนเข้า	Kcal/kg เชื้อเพลิง	%	ความร้อนออก		Kcal/kg เชื้อเพลิง	%
- ปริมาณความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง	9,705.78	94.4	ความร้อนออกยังผล	- ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำที่เกิดขึ้น (ความร้อนที่ตัวหม้อไอน้ำดูดเข้า	7,670.44	74.5
- ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง	24.75	0.2				
- ความร้อนสัมผัสของอากาศ	125.46	1.2		รวมย่อย	7,670.44	74.5
- ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน	433.62	4.2	ความร้อนสูญเสีย	- ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ก๊าซสันดาปแห้ง	1,177.42	11.4
				- ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอน้ำในก๊าซสันดาป	106.41	1.0
				- ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอน้ำฝอย	363.7	3.6
				- ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนและการนำความร้อน	971.62	9.5
				รวมย่อย	2619.16	25.5
รวม	10,289.61	100.0	รวม		10,289.61	100

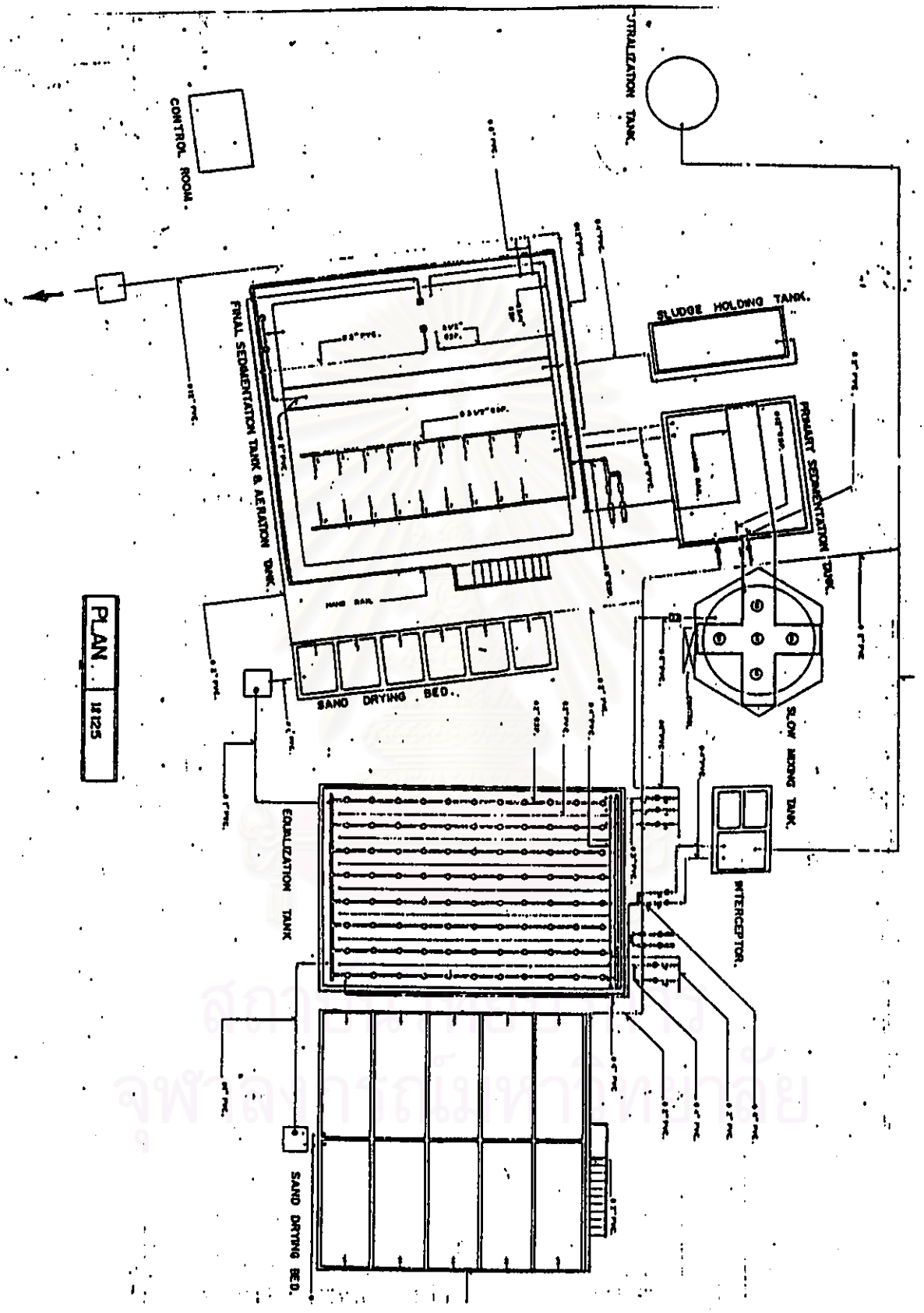
ตารางที่ ข.3 สมดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำชุดที่3 ก่อนปรับปรุง

ความร้อนเข้า	Kcal/kg เชื้อเพลิง	%	ความร้อนออก		Kcal/kg เชื้อเพลิง	%
- ปริมาณความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง	9,705.78	94.0	ความร้อนออกยังผล	- ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำที่เกิดขึ้น (ความร้อนที่ตัวหม้อไอน้ำดูดเข้า	7,840.62	76.0
- ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง	24.75	0.2				
- ความร้อนสัมผัสของอากาศ	148.29	1.4		รวมย่อย	7,840.62	76.0
- ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน	443.52	4.4	ความร้อนสูญเสีย	- ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ก๊าซสันดาปแห้ง	1,071.16	10.4
				- ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอน้ำในก๊าซสันดาป	98.71	1.0
				- ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอน้ำฝอย	373.82	3.6
				- ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนและการนำความร้อน	938.03	9.0
				รวมย่อย	2,481.72	24.0
รวม	10,322.34	100.0	รวม		10,322.34	100



รูปที่ ข.1 รูปอุปกรณ์วัด % ออกซิเจนและปริมาณเขม่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.2 รูปแผงผังระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง

ตารางที่ ข.4 แสดงตารางไอน้ำ

p	t_s	v_f	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
0·006112	0·01	206·1	0†	2375	0*	2501	2501	0†	9·155	9·155
0·010	7·0	129·2	29	2385	29	2485	2514	0·106	8·868	8·974
0·015	13·0	87·98	55	2393	55	2470	2525	0·196	8·631	8·827
0·020	17·5	67·01	73	2399	73	2460	2533	0·261	8·462	8·723
0·025	21·1	54·26	88	2403	88	2451	2539	0·312	8·330	8·642
0·030	24·1	45·67	101	2408	101	2444	2545	0·354	8·222	8·576
0·035	26·7	39·48	112	2412	112	2438	2550	0·391	8·130	8·521
0·040	29·0	34·80	121	2415	121	2433	2554	0·422	8·051	8·473
0·045	31·0	31·14	130	2418	130	2428	2558	0·451	7·980	8·431
0·050	32·9	28·20	138	2420	138	2423	2561	0·476	7·918	8·394
0·055	34·6	25·77	145	2422	145	2419	2564	0·500	7·860	8·360
0·060	36·2	23·74	152	2425	152	2415	2567	0·521	7·808	8·329
0·065	37·7	22·02	158	2427	158	2412	2570	0·541	7·760	8·301
0·070	39·0	20·53	163	2428	163	2409	2572	0·559	7·715	8·274
0·075	40·3	19·24	169	2430	169	2405	2574	0·576	7·674	8·250
0·080	41·5	18·10	174	2432	174	2402	2576	0·593	7·634	8·227
0·085	42·7	17·10	179	2434	179	2400	2579	0·608	7·598	8·206
0·090	43·8	16·20	183	2435	183	2397	2580	0·622	7·564	8·186
0·095	44·8	15·40	188	2436	188	2394	2582	0·636	7·531	8·167
0·100	45·8	14·67	192	2437	192	2392	2584	0·649	7·500	8·149
0·12	49·4	12·36	207	2442	207	2383	2590	0·696	7·389	8·085
0·14	52·6	10·69	220	2446	220	2376	2596	0·737	7·294	8·031
0·16	55·3	9·432	232	2450	232	2369	2601	0·772	7·213	7·985
0·18	57·8	8·444	242	2453	242	2363	2605	0·804	7·140	7·944
0·20	60·1	7·648	251	2456	251	2358	2609	0·832	7·075	7·907
0·22	62·2	6·994	260	2459	260	2353	2613	0·858	7·016	7·874
0·24	64·1	6·445	268	2461	268	2348	2616	0·882	6·962	7·844
0·26	65·9	5·979	276	2464	276	2343	2619	0·904	6·913	7·817
0·28	67·5	5·578	283	2466	283	2339	2622	0·925	6·866	7·791
0·30	69·1	5·228	289	2468	289	2336	2625	0·944	6·823	7·767
0·32	70·6	4·921	295	2470	295	2332	2627	0·962	6·783	7·745
0·34	72·0	4·649	302	2472	302	2328	2630	0·980	6·745	7·725
0·36	73·4	4·407	307	2473	307	2325	2632	0·996	6·709	7·705
0·38	74·7	4·189	312	2475	312	2322	2634	1·011	6·675	7·686
0·40	75·9	3·992	318	2476	318	2318	2636	1·026	6·643	7·669
0·42	77·1	3·814	323	2478	323	2315	2638	1·040	6·612	7·652
0·44	78·2	3·651	327	2479	327	2313	2640	1·054	6·582	7·636
0·46	79·3	3·502	332	2481	332	2310	2642	1·067	6·554	7·621
0·48	80·3	3·366	336	2482	336	2308	2644	1·079	6·528	7·607
0·50	81·3	3·239	340	2483	340	2305	2645	1·091	6·502	7·593
0·55	83·7	2·964	351	2486	351	2298	2649	1·119	6·442	7·561
0·60	86·0	2·731	360	2489	360	2293	2653	1·145	6·386	7·531
0·65	88·0	2·535	369	2492	369	2288	2657	1·169	6·335	7·504
0·70	90·0	2·364	377	2494	377	2283	2660	1·192	6·286	7·478
0·75	91·8	2·217	384	2496	384	2278	2662	1·213	6·243	7·456
0·80	93·5	2·087	392	2498	392	2273	2665	1·233	6·201	7·434
0·85	95·2	1·972	399	2500	399	2269	2668	1·252	6·162	7·414
0·90	96·7	1·869	405	2502	405	2266	2671	1·270	6·124	7·394
0·95	98·2	1·777	411	2504	411	2262	2673	1·287	6·089	7·376
1·00	99·6	1·694	417	2506	417	2258	2675	1·303	6·056	7·359

† u and s are chosen to be zero for saturated liquid at the triple point

* $\frac{h_f}{\text{kJ/kg}} = \frac{pv_f}{\text{kJ/kg}} = \left(\frac{p}{\text{bar}}\right) \times \frac{10^5\text{N}}{\text{m}^2} \times \left(\frac{v_f}{\text{m}^3/\text{kg}}\right) \times \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \times \frac{\text{kJ}}{10^3\text{N m}} \times \frac{1}{\text{kJ/kg}}$

$= \left(\frac{p}{\text{bar}}\right) \times \left(\frac{v_f}{\text{m}^3/\text{kg}}\right) \times 10^2 = 0.006112 \times 0.001000^2 \times 10^2 = 0.0006112$

p	t_s	v_g	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
40	250·3	0·04977	1082	2602	1087	1714	2801	2·797	3·273	6·070
42	253·2	0·04732	1097	2601	1102	1698	2800	2·823	3·226	6·049
44	256·0	0·04509	1109	2600	1115	1683	2798	2·849	3·180	6·029
46	258·8	0·04305	1123	2599	1129	1668	2797	2·874	3·136	6·010
48	261·4	0·04117	1136	2598	1142	1654	2796	2·897	3·094	5·991
50	263·9	0·03944	1149	2597	1155	1639	2794	2·921	3·052	5·973
55	269·9	0·03563	1178	2594	1185	1605	2790	2·976	2·955	5·931
60	275·6	0·03244	1206	2590	1214	1570	2784	3·027	2·863	5·890
65	280·8	0·02972	1232	2586	1241	1538	2779	3·076	2·775	5·851
70	285·8	0·02737	1258	2581	1267	1505	2772	3·122	2·692	5·814
75	290·5	0·02532	1283	2576	1293	1473	2766	3·166	2·613	5·779
80	295·0	0·02352	1306	2570	1317	1441	2758	3·207	2·537	5·744
85	299·2	0·02192	1329	2565	1341	1410	2751	3·248	2·463	5·711
90	303·3	0·02048	1351	2559	1364	1379	2743	3·286	2·393	5·679
95	307·2	0·01919	1372	2552	1386	1348	2734	3·324	2·323	5·647
100	311·0	0·01802	1393	2545	1408	1317	2725	3·360	2·255	5·615
105	314·6	0·01696	1414	2537	1429	1286	2715	3·395	2·189	5·584
110	318·0	0·01598	1434	2529	1450	1255	2705	3·430	2·123	5·553
115	321·4	0·01508	1454	2522	1471	1224	2695	3·463	2·060	5·523
120	324·6	0·01426	1473	2514	1491	1194	2685	3·496	1·997	5·493
125	327·8	0·01349	1492	2505	1511	1163	2674	3·529	1·934	5·463
130	330·8	0·01278	1511	2496	1531	1131	2662	3·561	1·872	5·433
135	333·8	0·01211	1530	2487	1551	1099	2650	3·592	1·811	5·403
140	336·6	0·01149	1548	2477	1571	1067	2638	3·623	1·750	5·373
145	339·4	0·01090	1567	2467	1591	1034	2625	3·654	1·689	5·343
150	342·1	0·01035	1585	2456	1610	1001	2611	3·683	1·627	5·312
155	344·8	0·00982	1604	2445	1630	967	2597	3·715	1·565	5·280
160	347·3	0·00932	1623	2433	1650	932	2582	3·746	1·502	5·248
165	349·8	0·00884	1641	2420	1670	895	2565	3·777	1·437	5·214
170	352·3	0·00838	1660	2406	1690	858	2548	3·808	1·373	5·181
175	354·6	0·00794	1679	2391	1711	819	2530	3·839	1·303	5·144
180	357·0	0·00751	1699	2375	1732	778	2510	3·872	1·236	5·108
185	359·2	0·00709	1719	2358	1754	735	2489	3·905	1·163	5·068
190	361·4	0·00668	1740	2339	1777	689	2466	3·941	1·086	5·027
195	363·6	0·00627	1762	2318	1801	639	2440	3·977	1·004	4·981
200	365·7	0·00585	1786	2294	1827	584	2411	4·014	0·914	4·928
202	366·5	0·00569	1796	2283	1838	560	2398	4·031	0·875	4·906
204	367·4	0·00552	1806	2271	1849	535	2384	4·049	0·835	4·884
206	368·2	0·00534	1817	2259	1861	508	2369	4·067	0·792	4·859
208	369·0	0·00517	1829	2245	1874	479	2353	4·087	0·745	4·832
210	369·8	0·00498	1842	2231	1889	447	2336	4·108	0·693	4·803
212	370·6	0·00479	1856	2214	1904	412	2316	4·131	0·640	4·771
214	371·4	0·00458	1871	2196	1921	373	2294	4·157	0·579	4·736
216	372·1	0·00436	1888	2174	1940	328	2268	4·186	0·508	4·694
218	372·9	0·00409	1911	2146	1965	270	2235	4·224	0·417	4·641
220	373·7	0·00368	1949	2097	2008	170	2178	4·289	0·263	4·552
221·2	374·15	0·00317	2014	2014	2084	0	2084	4·406	0·000	4·406

t °C	p_s bar	v_s m³/kg	h_f kJ/kg	h_{fg} kJ/kg	h_g kJ/kg	s_f kJ/kg K	s_{fg} kJ/kg K	s_g kJ/kg K
0·01	0·006112	206·1	0*	2500·8	2500·8	0†	9·155	9·155
1	0·006566	192·6	4·2	2498·3	2502·5	0·015	9·113	9·128
2	0·007054	179·9	8·4	2495·9	2504·3	0·031	9·071	9·102
3	0·007575	168·2	12·6	2493·6	2506·2	0·046	9·030	9·076
4	0·008129	157·3	16·8	2491·3	2508·1	0·061	8·989	9·050
5	0·008719	147·1	21·0	2488·9	2509·9	0·076	8·948	9·024
6	0·009346	137·8	25·2	2486·6	2511·8	0·091	8·908	8·999
7	0·01001	129·1	29·4	2484·3	2513·7	0·106	8·868	8·974
8	0·01072	121·0	33·6	2481·9	2515·5	0·121	8·828	8·949
9	0·01147	113·4	37·8	2479·6	2517·4	0·136	8·788	8·924
10	0·01227	106·4	42·0	2477·2	2519·2	0·151	8·749	8·900
11	0·01312	99·90	46·2	2474·9	2521·1	0·166	8·710	8·876
12	0·01401	93·83	50·4	2472·5	2522·9	0·180	8·671	8·851
13	0·01497	88·17	54·6	2470·2	2524·8	0·195	8·633	8·828
14	0·01597	82·89	58·8	2467·8	2526·6	0·210	8·594	8·804
15	0·01704	77·97	62·9	2465·5	2528·4	0·224	8·556	8·780
16	0·01817	73·38	67·1	2463·1	2530·2	0·239	8·518	8·757
17	0·01936	69·09	71·3	2460·8	2532·1	0·253	8·481	8·734
18	0·02063	65·08	75·5	2458·4	2533·9	0·268	8·444	8·712
19	0·02196	61·34	79·7	2456·0	2535·7	0·282	8·407	8·689
20	0·02337	57·84	83·9	2453·7	2537·6	0·296	8·370	8·666
21	0·02486	54·56	88·0	2451·4	2539·4	0·310	8·334	8·644
22	0·02642	51·49	92·2	2449·0	2541·2	0·325	8·297	8·622
23	0·02808	48·62	96·4	2446·6	2543·0	0·339	8·261	8·600
24	0·02982	45·92	100·6	2444·2	2544·8	0·353	8·226	8·579
25	0·03166	43·40	104·8	2441·8	2546·6	0·367	8·190	8·557
26	0·03360	41·03	108·9	2439·5	2548·4	0·381	8·155	8·536
27	0·03564	38·81	113·1	2437·2	2550·3	0·395	8·120	8·515
28	0·03778	36·73	117·3	2434·8	2552·1	0·409	8·085	8·494
29	0·04004	34·77	121·5	2432·4	2553·9	0·423	8·050	8·473
30	0·04242	32·93	125·7	2430·0	2555·7	0·436	8·016	8·452
32	0·04754	29·57	134·0	2425·3	2559·3	0·464	7·948	8·412
34	0·05318	26·60	142·4	2420·5	2562·9	0·491	7·881	8·372
36	0·05940	23·97	150·7	2415·8	2566·5	0·518	7·814	8·332
38	0·06624	21·63	159·1	2411·0	2570·1	0·545	7·749	8·294
40	0·07375	19·55	167·5	2406·2	2573·7	0·572	7·684	8·256
42	0·08198	17·69	175·8	2401·4	2577·2	0·599	7·620	8·219
44	0·09100	16·03	184·2	2396·6	2580·8	0·625	7·557	8·183
46	0·1009	14·56	192·5	2391·8	2584·3	0·651	7·494	8·145
48	0·1116	13·23	200·9	2387·0	2587·9	0·678	7·433	8·111
50	0·1233	12·04	209·3	2382·1	2591·4	0·704	7·371	8·075
55	0·1574	9·578	230·2	2370·1	2600·3	0·768	7·223	7·991
60	0·1992	7·678	251·1	2357·9	2609·0	0·831	7·078	7·909
65	0·2501	6·201	272·0	2345·7	2617·7	0·893	6·937	7·830
70	0·3116	5·045	293·0	2333·3	2626·3	0·955	6·800	7·755
75	0·3855	4·133	313·9	2320·8	2634·7	1·015	6·666	7·681
80	0·4736	3·408	334·9	2308·3	2643·2	1·075	6·536	7·611
85	0·5780	2·828	355·9	2295·6	2651·6	1·134	6·410	7·544
90	0·7011	2·361	376·9	2282·8	2659·7	1·192	6·286	7·478
95	0·8453	1·982	398·0	2269·8	2667·8	1·250	6·166	7·416
100	1·01325	1·673	419·1	2256·7	2675·8	1·307	6·048	7·355

ภาคผนวก ค.

การคำนวนหาอัตราการรั่วไหลของฉมความดันสูงภายในโรงงานตัวอย่าง

$$la = \frac{0.001 \times \P(d^2) \times C_D \times C^* \times Pn \times Z \times R \times T1}{4 \times P_1 \times \sqrt{R \times Tn}}$$

ที่มา:สูตรจากเอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องระบบอัดอากาศ,ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย

la = อัตราการรั่วไหลของอากาศอัด (l/s)

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูรั่ว

C_D = Dischange Coefficient มีค่าเท่ากับ 0.65

C* = Critical Flow Factor มีค่าเท่ากับ 0.6852

Z = ตัวประกอบในการอัดอากาศ มีค่าเท่ากับ 1.0

Pn = ความดันอากาศอัดสมบูรณ์ขณะอยู่ใน Nozzle = $P+P_1$ (bar)

P_1 = ความดันอากาศอัดสมบูรณ์อ้างอิง มีค่าเท่ากับ 1.013 (bar)

Tn = อุณหภูมิอากาศสัมบูรณ์ขณะอยู่ใน Nozzle = tn + 273.15 (k)

tn = อุณหภูมิอากาศขณะอยู่ใน Nozzle (k)

= 0 (เมื่อกำหนดให้เป็นอุณหภูมิอากาศสภาพปกติ)

T_1 = อุณหภูมิอากาศสัมบูรณ์ที่สภาพอากาศอ้างอิง = T_1+273.15 (k)

t1 = อุณหภูมิอากาศที่สภาพอ้างอิง (C°)

R = ค่าคงที่ของก๊าซ (อากาศสภาพปกติ) มีค่าเท่ากับ 287.1 j/(kg.k)

เปอร์เซ็นต์การรั่วไหล = $\frac{\text{อัตราการรั่วไหลของอากาศอัด (l/s) x100}}{\text{อัตราการผลิตอากาศรวม (l/s)}}$

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย = อัตราการรั่วไหล x $\frac{\text{อัตราส่วนการใช้พลังงานเฉพาะเฉลี่ย}}{\text{ประสิทธิภาพรวมของเครื่องอัดอากาศ}}$

(ที่มา: เอกสารสัมมาเรื่อง ระบบอัดอากาศโดยศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย)

<u>การคำนวน</u>

ข้อมูลในการคำนวน

* ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรั่ว 1 mm (จากการตรวจพบการรั่ว)
* ความดันอากาศอัด 4.8 kg/cm2 (4.8 bar) ความดันอากาศจุดที่รั่ว)
* อัตราการผลิตอากาศอัดรวม 479.4 l/s

(จากข้อมูลการผลิตเฉลี่ยปี 2540)

* อัตราการใช้พลังงานเฉพาะเฉลี่ย 0.3635 kw/l/s
* ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศรวม 68.02 %

ที่มาจากการตรวจสอบปี 2540 โดยศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย

* อุณหภูมิอากาศอ้างอิง 20 °C
* อุณหภูมิอากาศสภาพปกติ 0 °C

คำนวนหาอัตราการรั่วไหลของอากาศ

จากสูตร

$$la = \frac{0.001 \times \P(d^2) \times C_D \times C^* \times Pn \times ZxRxT1}{4 \times P_1 \times \sqrt{RxTn}}$$

โดย

$d = 1mm$

$C_D = 0.65$

$C^* = 0.6852$

$P_N = 4.8 + 1.013$

$= 5.813$ bar

$Z = 1$

$R = 287.1$ J/(kg.K)

$T_1 = 20+273.15$

$= 293.15$ k

$P_1 = 1.013$ bar

$T_N = 0+273.15$

$= 273.15$ k

$$la = \frac{0.001 \times 3.1416 \times (1)^2 \times 0.65 \times 0.6852 \times 5.813 \times 1 \times 287.1 \times 293.15 \ l/s}{4 \times 1.013 \times \sqrt{287.1 \times 273.15}}$$

$= 0.60$ l/s

ดังนั้นอัตราการรั่วไหลของอากาศขนาดรู 1 mm ที่ความดัน 4.8 kg/cm^2 จะมีค่าเท่ากับ 0.6 l/s

การคำนวนหาเปอร์เซ็นต์การรั่วไหล

$$\text{เปอร์เซ็นต์การรั่วไหล} = \frac{0.6}{479.4} \times 100$$

$= 0.125$ %

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของอากาศขนาดรู 1 mm ที่ความดัน 4.8 kg/cm^2 จะมีค่าเท่ากับ 0.125%

เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของอากาศอัดทั้งหมด $= \frac{112.21}{479.4} \times 100$

$= 23.41\ \%$

การคำนวนหาพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียจากอากาศอัดรั่วทั้งหมด

จากข้อมูลการรั่วไหลของอากาศอัดทั้งหมด = 112.21 l/s

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย $= 112.21 \times \frac{0.3635}{0.6802}$

= 59.97 kwh

= 518,141 kwh/ปี

อัตราการรั่วของอากาศอัดที่ยอมรับได้ที่ 5 % = 0.05 x อัตราการผลิตอากาศรวม

= 0.05 x 479.4

= 23.97 l/s

อัตราการรั่วไหลของอากาศอัดที่ควรปรับปรุงให้ลดลง = อัตราการรั่วทั้งหมด – อัตราการรั่วที่ 5%

= 112.21 – 23.97

= 88.24 l/s

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $= 88.24 \times \frac{0.3635}{0.6802}$

= 47.16 kwh

= 407,462 kwh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 407,462 kwh /ปี x 1.69 บาท/kwh

= 688,611 บาท/ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลการตรวจวัดการรั่วไหลของอากาศอัดภายในโรงงานตัวอย่าง

ตารางที่ ค.1 แสดงข้อมูลการตรวจวัดการรั่วไหลของอากาศอัด ณ วันที่ 18มี. ค. 41 - 24 มี.ค.41

ลำดับ	อุปกรณ์ที่มีรูรั่ว	ตำแหน่ง / บริเวณ	หน่วยผลิต	ขนาดรูรั่วเทียบเท่า	ความดันอากาศอัด	อัตราการรั่วไหลของอากาศอัด		
				(mm)	(kg/cm^2)	l/s	m^3/h	%
1	Man Hold ถังพักลม Tank 1	ใน Air Plant ถังพักลม Tank 1	Utility	1.0	5.5	0.68	2.43	0.14
2	ข้อเนี่ยนเหนือHeader GP	Headerส่งลมไป GP ข้างถังพักลม Tank 1	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
3	ข้อเนี่ยน ท่อ 2 "	เหนือ Flow Meter ลม ไป GP	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
4	คอValve 2"	Headerส่งลมไป GP ข้างถังพักลม Tank 1	Utility	1.0	5.5	0.68	2.43	0.14
5	หน้าแปลน Header ลม	Headerส่งลมไป GP ข้างถังพักลม Tank 1	Utility	2.0	5.5	2.70	9.73	0.56
6	ข้องอท่อ 2"	เหนือ Flow Meter ลม ไป GP	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
7	เกจวัดความดันลม	เกจวัดความดันลม เหนือHeaderส่งลมไป GP	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
8	คอValve 2"	Valve จ่ายลมไปDemin Plant	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
9	Safety Valve	ถังพักลม TANK 2.	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
10	ข้องอท่อ 2"	หลังคอนเดนเซอร์ปั๊มลม No.2	Utility	1.0	5.5	0.68	2.43	0.14
11	คอValve 2"	Valve จ่ายลม บนถังพักลม Tank 2	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
12	Valve 1/2 "	Valve ระบายน้ำใต้ถังพักลม Tank 2	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
13	ข้อเนี่ยน ท่อ 2 "	ท่อก่อนเข้า Dryer No.6	Utility	1.0	5.5	0.68	2.43	0.14
14	หน้าแปลนหลังDryer No.1	Dryer No.5	Utility	1.5	5.5	1.52	5.48	0.32
15	คอValve 2"	Valve ลมเข้าDryer No.6	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
16	กรองอากาศ	กรองอากาศเข้า Dryer No.5	Utility	1.0	5.5	0.68	2.43	0.14
17	คอValve 2"	เหนือ Flow Meter ลม ไปPVC 3	Utility	1.0	5.5	0.68	2.43	0.14
18	คอ Valve 4 "	เหนือ Header ส่งลมไป PVC 3	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
19	ข้อต่อตรง ท่อ 2"	ท่อก่อนเข้า Dryer No.2	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
20	หน้าแปลนท่อ 4"	ท่อลม ออกจากDryer No. 5,6	Utility	2.0	5.5	2.70	9.73	0.56
21	คอ Valve 1"	Valve By Pass ลม Header PVC ไปHeader GP	Utility	1.0	5.5	0.68	2.43	0.14
22	ข้อเนี่ยน ท่อ 3"	เหนือHeader ส่งลมไป PVC4	Utility	1.0	5.5	0.68	2.43	0.14
23	ข้อเนี่ยน ท่อ 3"	ท่อเหนือ Header ส่งลมไปถังพักลม Tank 3.	Utility	0.5	5.5	0.17	0.61	0.04
24	ข้อเนี่ยน ท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
25	ข้องอท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13
26	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
27	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
28	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13
29	ข้อเนี่ยนท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	2.0	5.0	2.50	8.99	0.52
30	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
31	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
32	ข้องอท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03

ลำดับ	อุปกรณ์ที่มีรูรั่ว	ตำแหน่ง / บริเวณ	หน่วยผลิต	ขนาดรูรั่วเทียบเท่า	ความดันอากาศอัด	อัตราการรั่วไหลของอากาศอัด		
				(mm)	(kg/cm^2)	l/s	m^3/h	%
33	ข้อต่อตรงท่อ 4"	บนคานคอนกรีตหลัง Demin Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
34	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
35	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13
36	ยูเนี่ยนท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างAir Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
37	ยูเนี่ยน ท่อ 1/2"	บนคานคอนกรีตข้างบ่อพักน้ำDemin	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
38	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างบ่อพักน้ำDemin	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
39	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างบ่อพักน้ำDemin	Utility	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13
40	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างPVC3	Utility	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13
41	ข้อต่อตรงท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างPVC3	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
42	ข้องอ 45° ท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างPVC3	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
43	ยูเนี่ยน ท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างDemin Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
44	ยูเนี่ยน ท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างDemin Plant	Utility	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13
45	ข้องอ ท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างDemin Plant	Utility	2.0	5.0	2.50	8.99	0.52
46	ข้องอ ท่อ 2"	บนคานคอนกรีตข้างBoiler Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
47	ยูเนี่ยน ท่อ 1/2"	บนคานคอนกรีตข้างBoiler Plant	Utility	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
48	คอ Valve 1/2"	เหนือPump GA 701XX	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
49	ข้อต่อตรง ท่อ 1/2"	ข้าง HEEX 0037	PVC3	0.5	4.0	0.13	0.47	0.03
50	ยูเนี่ยนท่อ 1"	ข้าง Dryer ชั้นที่2	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
51	ยูเนี่ยนท่อ 1/2"	ข้าง Dryer ชั้นที่ 2	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
52	ยูเนี่ยนท่อ 1"	ข้าง Dryer ชั้นที่ 2	PVC3	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
53	ยูเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง Rotary Pump 0020 ชั้นที่ 3	PVC3	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
54	ยูเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง Rotary Pump 0018 ชั้นที่ 3	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
55	ยูเนี่ยนท่อ 1/2"	ข้าง Rotary Pump 0019 ชั้นที่ 3	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
56	ยูเนี่ยนท่อ 1"	ข้าง FD503XX ชั้นที่ 4	PVC3	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
57	ยูเนี่ยนท่อ 3/4"	เหนือ Headerถม PVC3 ชั้นที่ 3	PVC3	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
58	ยูเนี่ยนท่อ 3/4"	เหนือ Headerถม PVC3 ชั้นที่ 3	PVC3	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
59	ยูเนี่ยนท่อ 3/4"	เหนือ Headerถม PVC3 ชั้นที่ 3	PVC3	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
60	ยูเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง RACT 0004 ชั้นที่3	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
61	ยูเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง RACT 0004 ชั้นที่3	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
62	ยูเนี่ยนท่อ 1/2"	ข้าง RACT 0004 ชั้นที่3	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
63	ข้อต่อสามทาง ท่อ 3/4"	ข้าง RACT 0004 ชั้นที่3	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
64	ข้อต่อสามทาง ท่อ 3/4"	ข้าง RACT 0004 ชั้นที่3	PVC3	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
65	ข้อต่อตรง ท่อ 1/2"	ข้าง RACT 0004 ชั้นที่3	PVC3	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
66	ข้อต่อตรง ท่อ 1/2"	ข้าง RACT 0005 ชั้นที่3	PVC3	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13

ลำดับ	อุปกรณ์ที่มีรูรั่ว	ตำแหน่ง / บริเวณ	หน่วยผลิต	ขนาดรูรั่วเทียบเท่า	ความดันอากาศอัด	อัตราการรั่วไหลของอากาศอัด		
				(mm)	(kg/cm^2)	l/s	m^3/h	%
67	ข้อเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง RACT 0005 ชั้นที่3	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
68	ข้อเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง RACT 0005 ชั้นที่3	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
69	ข้อเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง RACT 0020	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
70	ข้อเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง RACT 0019	PVC3	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
71	ข้อเนี่ยนท่อ 3/4"	ข้าง RACT 4006	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
72	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	ข้าง RACT 4006	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
73	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	ข้าง RACT 4006	PVC3	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
74	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	เหนือ Tank 0089	PVC3	1.0	4.0	0.52	1.87	0.11
75	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	ติดกับTank 0095	PVC3	0.5	4.0	0.13	0.47	0.03
76	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	เหนือ Header GB 301XX	PVC3	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
77	คอวาล์วท่อ 1/2"	Header ระหว่าง GA201XX กับGB401XX	PVC4	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13
78	คอวาล์วท่อ 1/2"	Header ติดกับGA202	PVC4	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
79	ข้อเนี่ยน ท่อ 1/2"	GA301BX	PVC4	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
80	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	GA301BX	PVC4	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
81	น้อตยึดท่อลม	GA201XX	PVC4	1.0	4.0	0.52	1.87	0.11
82	ข้องอ ท่อ 1/2"	GA302BX	PVC4	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
83	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Header ตรง EA402XX	PVC4	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
84	น้อตยึดท่อลม	Header ตรงGA301XX	PVC4	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
85	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Header ตรงSurge Tank	PVC4	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
86	คอValve 2"	ใกล้Tank 0022	PVC4	0.5	4.0	0.13	0.47	0.03
87	ประเก็นที่PG ของHC303A	ใกล้HEEX0004	PVC4	0.5	3.8	0.12	0.45	0.03
88	คอValve 1/2"	ท่อลมติดกับHeader FA501	PVC4	1.0	4.0	0.52	1.87	0.11
89	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Header FE501	PVC4	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
90	ข้องอท่อ3/4"	ข้างGB801XX	PVC4	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
91	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Header ติดกับFA111XX	PVC4	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
92	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Header ติดกับGB801XX	PVC4	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
93	ประเก็นที่PG ของHC504	ติดกับGB502XX	PVC4	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
94	ท่อลมControl Valve	GB503XX	PVC4	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
95	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Header ติดกับ GA309XX	PVC4	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13
96	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	DRYER 0001	PVC4	1.0	3.8	0.50	1.80	0.10
97	ท่อยางลมเข้าPG	ที่ TCV 301A1	PVC4	0.5	3.8	0.12	0.45	0.03
98	น้อตยึดท่อลมและประเก็น	ที่ TCV 301A1	PVC4	0.5	4.0	0.13	0.47	0.03
99	ข้อต่อตรง 1/2"	ตรงข้าม FQCS302	PVC4	0.5	4.0	0.13	0.47	0.03
100	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Header FQCS309	PVC4	1.0	5.0	0.62	2.25	0.13

ลำดับ	อุปกรณ์ที่มีรูรั่ว	ตำแหน่ง / บริเวณ	หน่วยผลิต	ขนาดรูรั่วเทียบเท่า	ความดันอากาศอัด	อัตราการรั่วไหลของอากาศอัด		
				(mm)	(kg/cm^2)	l/s	m^3/h	%
101	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	ติดกับSCEW 0001	PVC4	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
102	รอยต่อVALVE กับท่อ	ติดกับSCEW 0001	PVC4	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
103	น็อตยึดPG	ตรงข้าม FQCS302	PVC4	1.0	4.0	0.52	1.87	0.11
104	Reduce 1 " -> 1/2"	ติดกับXSV341B	PVC4	0.5	4.0	0.13	0.47	0.03
105	ข้องอท่อ1"	ติดกับXSV341B	PVC4	0.5	4.0	0.13	0.47	0.03
106	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Header Reactด้านOffice	PVC4	0.5	5.0	0.16	0.56	0.03
107	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	GF501BX	PVC4	0.5	4.8	0.15	0.54	0.03
108	น็อตยึดPG	TCV-301B2	PVC4	0.5	4.0	0.13	0.47	0.03
109	วาล์วControl น้ำมัน	GP1 ชั้น5 Line6	GP	1.5	4.8	1.36	4.89	0.28
110	วาล์วControl น้ำมัน	GP1 ชั้น5 Line6	GP	2.0	4.8	2.41	8.69	0.50
111	วาล์วControl น้ำมัน	GP1 ชั้น5 Line6	GP	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
112	สายยางอ่อนเข้ากระบอกสูบ	เครื่องMXER0008	GP	3.0	4.8	5.43	19.54	1.13
113	สายยางอ่อนเข้าเครื่อง	เครื่องMXER0006	GP	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
114	วาล์วControl Mixer	เครื่องMXER0008 ตรงข้อต่อท่อ 2"	GP	1.5	4.8	1.36	4.89	0.28
115	สายยางอ่อน	เครื่องMXER0004	GP	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
116	สายยางอ่อน	เครื่องMXER0004	GP	3.0	4.8	5.43	19.54	1.13
117	สายยางอ่อน	เครื่องMXER0004	GP	2.0	4.8	2.41	8.69	0.50
118	วาล์วอัตโนมัติ	เครื่องMXER0004	GP	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
119	ข้อเนี่ยนข้างMXER0006	เครื่องMXER0006	GP	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
120	สายยางอ่อน	บริเวณเครื่องชั่ง 250	GP	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
121	วาล์วControl	บริเวณเครื่องชั่ง 250	GP	3.0	4.8	5.43	19.54	1.13
122	วาล์วControl PVC	บริเวณเครื่องชั่ง 350	GP	2.0	4.8	2.41	8.69	0.50
123	Header ท่อ 1/2"	บริเวณเครื่องชั่ง 350	GP	5.0	4.8	15.08	54.29	3.15
124	Auto Drain	บริเวณเครื่องชั่ง 350	GP	3.0	4.8	5.43	19.54	1.13
125	Auto Valve	ท่อBlow No.350 GP2	GP	1.0	4.8	0.60	2.17	0.13
126	ข้อต่อท่อ1/2"	Tank FIL T0043	GP	2.0	4.8	2.41	8.69	0.50
127	ข้อเนี่ยนท่อ 1/2"	Tank FIL T0043	GP	5.0	4.8	15.08	54.29	3.15
					รวม	112.21	403.95	23.41

ภาคผนวก ง.

การศึกษาการทำงาน (WORK STUDY)

การศึกษาการทำงาน (WORK STUDY) คือการศึกษากระบวนการทำงานและองค์ประกอบต่าง ๆ ของการทำงานและเวลาทำงานรวมไปถึงการใช้เครื่องมือในการพัฒนาส่งเสริมจูงใจบุคคลากรนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต ซึ่งมีวิธีการสำคัญดังนี้

1.การวิเคราะห์กระบวนการผลิต

วิธีนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงในรูปของขั้นตอนการผลิตทั้งกระบวนการ โดย

จะเริ่มดูการไหลของงานและวิเคราะห์ความสำคัญและความจำเป็นของกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน การเปลี่ยนลำดับของขั้นตอนการผลิตและความสอดคล้องของแต่ละขั้นตอนการผลิต วิะการนี้เป็นการพิจารณาถึงการวิจัยการเคลื่อนไหวในการทำงานและการวิจัยเวลาอย่างกว้าง ๆ

2.การศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study)

คือการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของพนักงานในการทำงานเพื่อลดการเคลื่อนไหวที่

ไม่มีประโยชน์ไม่สะดวกและไม่แน่นอน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายสูงสุดของงานคือ ถูกต้อง รวดเร็ว สะดวกสบาย ต้นทุนต่ำ วิธีการนี้จะมีผลมากในงานที่ใช้มือทำงานซ้ำ ๆ กันในกระบวนการผลิต

3.การศึกษาเวลา (Time Study)

เป็นการหาเวลาที่แท้จริงที่ใช้ในการทำงานในช่วงใดช่วงหนึ่งของกระบวนการผลิตหรือ

ส่วนที่สำคัญของกระบวนการผลิตโดยการใช้เครื่องมือตับเวลาที่เหมาะสม แล้วบันทึกเวลาเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงการทำงานและกำหนดเวลามาตราฐานในการปฏิบัติงาน

4.การศึกษาการปฏิบัติงาน (Operation Study)

เป็นการวิเคราะห์เวลาของการใช้พนักงานและเครื่องจักรในระยะยาวการศึกษาเวลาตาม

เพื่อนำผลการศึกษามาปรับปรุงการทำงานให้เหมาะสมในด้านการจัดสรรพนักงาน การจัดสรรและติดตั้งเครื่องจักรการกำหนดจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ และการกำหนดเวลามาตราฐาน เป็นต้น วิธีการศึกษาการปฏิบัติงานที่ใช้กันอยู่มี 2 วิธี คือวิธีใช้นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch) และวิธีการสุ่มงาน (Work Sampling Method)

5.วิธีพรีดีเทอร์มีน (Predetermined Time Standard system)

วิธีการนี้จะไม่ใช้นาฬิกาจับเวลาเพื่อนำมาตั้งเวลามาตรฐาน แต่เป็นวิธีการที่รวมเอาเวลามาตรฐานในการทำงานต่าง ๆ เข้ามากำหนดเวลาในการทำงานทั้งหมด

วิธีการศึกษาการทำงานที่เหมาะสมกับลักษณะงานของหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการคือ วิธีการสุ่มงาน (Work Sampting Method) เนื่องจากลักษณะของงานเป็นงานควบคุมที่ไม่สามารถกำหนดให้เด่นชัดว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด โดยเป็นเทคนิคการวัดผลงานและวิเคราะห์งานที่เข้าใจง่าย ที่สามารถใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของการทำงานและใช้ค้นหาเวลาไร้ประสิทธิภาพ โดยถ้ายิ่งสุ่มเก็บข้อมูลมากขึ้นเท่าใด ความแม่นยำจะเพิ่มมากขึ้นตาม

วิธีการสุ่มงานมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์
2. กำหนดเงื่อนไขของการสุ่มงาน
3. กำหนดรูปแบบของข้อมูล
4. ศึกษาเบื้องต้นเพื่อประมาณการค่าเปอร์เซ็นต์ของการว่างงาน
5. หาขนาดตัวอย่างและจัดสุ่มงานตามจังหวะเวลาสุ่ม
6. เก็บข้อมูลการสุ่มงาน
7. สรุปเป็นรายงานการศึกษา

ง.2 การศึกษาการสุ่มงานของพนักงานผลิตสิ่งสาธารณูปการ

1. วัตถุประสงค์

ต้องการทราบประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละตำแหน่งในหน่วยผลิตสิ่งสาธารณูปการ

2. กำหนดเงื่อนไขของการสุ่มงาน

ให้ข้อมูลมีระดับความเชื่อมั่น 95 % และระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5 % ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลเป็นช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2541 กำหนดแผนการสุ่มเก็บข้อมูล 40 ครั้งต่อวัน

3. กำหนดรูปแบบข้อมูล

ข้อมูลที่จะสุ่มงานคือ ข้อมูลเวลาการทำงานและข้อมูลเวลาไม่ทำงาน โดยข้อมูลการทำงานหมายถึง ข้อมูลตามหน้าที่ของแต่ละตำแหน่ง ระบุการทำงานได้ดังนี้

การทำงานของหัวหน้างานคือ

1. การควบคุมดูแลการทำงานของพนักงาน การตรวจสอบการบันทึกข้อมูลในสมุดรายงานพนักงานและในใบบันทึกการผลิต
2. การชี้แนะการปฏิบัติงานให้พนักงานทราบ และฝึกสอนงานให้พนักงาน
3. การแก้ไขระบบการผลิตให้สามารถผลิตได้ตามปกติ และการติดตามงานซ่อม
4. การตรวจสอบการใช้วัตถุดิบต่าง ๆ และการบันทึกการผลิตในสมุดรายงานหัวหน้างาน
5. การปฏิบัติงานพิเศษตามผู้บังคับบัญชาทราบ

การทำงานของพนักงานคือ

1. การควบคุมดูแลการทำงานของระบบผลิตที่ตนรับผิดชอบ ตามวิธีการคู่มือการปฏิบัติงานควบคุมการผลิต
2. ตรวจสอบปริมาณการใช้วัตถุดิบตามปริมาณที่กำหนด
3. จดบันทึกการทำงานในใบตรวจสอบการทำงานของระบบผลิตและลงบันทึกการทำงานในสมุดรายงาน
4. การแก้ไขระบบการผลิตให้สามารถผลิตได้ตามปกติ
5. ดูแลรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยในบริเวณทำงาน
6. การเรียนรู้และการศึกษาระบบการผลิต
7. การปฏิบัติงานตามผู้บังคับบัญชา

ผลการสุ่มเก็บข้อมูลแสดงข้อมูลดังตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 สรุปข้อมูลการสุ่มงานเบื้องต้นก่อนปรับปรุง

จำนวนการบันทึก 120 ครั้ง				วันที่ 14/02/41 – 16/02/			
ตำแหน่ง	หัวหน้างาน	พนักงานผลิตลมความดันสูง	พนักงานผลิตไอน้ำ	พนักงานผลิตน้ำหล่อเย็น	พนักงานผลิตน้ำบริสุทธิ์	พนักงานดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย	เฉลี่ย
กิจกรรม							
เวลาทำงาน	72	55	75	57	63	49	61.8
เวลาไม่ทำงาน	48	65	45	63	57	71	58.2
% ประสิทธิภาพ	60.0	45.8	62.5	47.5	52.5	40.8	51.5
						เวลาว่าง	48.5

1. ศึกษาเบื้องต้นเพื่อประมาณการค่าเปอร์เซ็นต์ของการว่างงาน

จากข้อมูลเบื้องต้นของการสุ่มงาน 120 ครั้ง พบว่าเวลาว่างคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 48.5%

2. หาขนาดตัวอย่างและจัดสุ่มงานตามจังหวะเวลาสุ่ม

ขนาดตัวอย่างเพื่อให้ได้ระดับความเชื่อถือ 95 % และระดับความคิดผิดพลาด 5 % คำนวนได้ดังนี้

$n = 1600 (1 - P) / P$ โดย n = จำนวนขนาดตัวอย่าง

p = เปอร์เซ็นต์เวลาไม่ทำงาน

$= 1600 (1 - 0485) / 0.485$

$= 1,699$ ครั้ง

3. เก็บข้อมูลการสุ่มงาน

ดังนั้นต้องทำการเก็บข้อมูลงานสุ่ม 1,699 ครั้ง โดยจัดเก็บตามเวลาแบบสุ่มวันละ 40 ตัวอย่าง โดยใช้ผู้เก็บข้อมูลทั้งหมด 3 คน เก็บข้อมูลในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2541 ได้ผลของข้อมูลแสดงดังตารางที่ ง.2

ตารางที่ ง.2 สรุปข้อมูลการสุ่มงานตามเวลาสุ่ม

จำนวนการบันทึก 1,699ครั้ง				วันที่ 18/02/41 – 12/03/41			
ตำแหน่ง	หัวหน้างาน	พนักงานผลิตลมความดันสูง	พนักงานผลิตไอน้ำ	พนักงานผลิตน้ำหล่อเย็น	พนักงานผลิตน้ำบริสุทธิ์	พนักงานดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย	เฉลี่ย
กิจกรรม							
เวลาทำงาน	1,086	799	1,042	950	921	653	908.5
เวลาไม่ทำงาน	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

7.สรุปเป็นรายงานการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลการสุ่มงาน 15 วันทำการสุ่มพบว่าพนักงานผลิตสิ่งสาธารณูปการมีประสิทธิภาพการทำงาน เฉลี่ย 53.5 % และมีเวลาว่างคิดเป็น 46.5 %

ง.3 การศึกษาการสุ่มงานของพนักงานผลิตสิ่งสาธารณูปการหลังปรับปรุง

ผลการสุ่มเก็บข้อมูลเบื้องต้น หลังปรับปรุงโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ผลดังตารางที่ ง.3

ตารางที่ 4.3 สรุปข้อมูลการสุ่มงานเบื้องต้นหลังปรับปรุง

จำนวนการบันทึก 120 ครั้ง		วันที่ 10/10/41 - 13/10/41		
ตำแหน่งงาน กิจกรรม	หัวหน้างาน	พนักงานผลิตไอน้ำและผลิตลมความดันสูง	พนักงานผลิตน้ำบริสุทธิ์และผลิตน้ำหล่อเย็น	เฉลี่ย
เวลาทำงาน	102	91	88	93.7
เวลาไม่ทำงาน	18	29	32	26.3
%ประสิทธิภาพ	85.0	75.8	73.3	78.1
			% เวลาว่าง	21.9

หาขนาดตัวอย่างเพื่อให้ได้ระดับความเชื่อถือ 95 % และระดับความผิดพลาด 5 % คำนวนได้ดังนี้

$n = 1600 (1 - p) / p$ โดย n = จำนวนขนาดตัวอย่าง (ครั้ง)

p = เปอร์เซ็นต์เวลาไม่ทำงาน

$= 1600 (1-0.22) / 0.22$

$= 5,673$ ครั้ง

ผลการสุ่มเก็บข้อมูล 5,673 ครั้ง โดยจัดเก็บตามเวลาแบบสุ่ม ใช้ผู้จัดเก็บข้อมูล 4 คน จัดเก็บข้อมูลคนละ 40 ตัวอย่างต่อวัน เก็บข้อมูลในเดือนมิถุนายน 2541 ได้ข้อมูลแสดงตารางที่ ง.3

ตารางที่ ง.3 สรุปข้อมูลการสุ่มตามเวลาสุ่มหลังปรับปรุง

จำนวนการบันทึก 5,673 ครั้ง		วันที่ 16/06/41 - 29/06/41		
ตำแหน่งงาน กิจกรรม	หัวหน้างาน	พนักงานผลิตไอน้ำและผลิตลมความดันสูง	พนักงานผลิตน้ำบริสุทธิ์และผลิตน้ำหล่อเย็น	เฉลี่ย
เวลาทำงาน	4,123	3,858	3,656	3,879.0
เวลาไม่ทำงาน	677	942	1,144	921.0
%ประสิทธิภาพ	85.9	80.3	76.2	80.8
			% เวลาว่าง	19.2

จากการเก็บข้อมูลการสุ่มพบว่าพนักงานผลิตสิ่งสาธารณูปการมีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 80.8 % และมีเวลาว่างคิดเป็น 19.2 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

หน่วยผลิตน้ำหล่อเย็น

หัวเรื่อง	ม.ค. – ธ.ค.2540			ม.ค.- มิ.ย.2542		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณน้ำหล่อเย็น (ลูกบาศก์เมตร)	17,630,500			7,806,150		
ต้นทุนผันแปร						
น้ำประปา(ลูกบาศก์เมตร)	163,300	9.56	1,561,855	48,060	9.56	459,662
โซเดียมไฮโปรคลอไรด์10% (กก.)	16,090	4.55	73,210	4,045	4.55	18,405
สารเคมีป้องกันตะกรัน (กก.)	1,108	195.00	216,060	404	195.00	78,780
สารเคมีป้องกันการกัดกร่อน (กก.)	935	100.00	93,500	318	100.00	31,750
สารเคมีฆ่าเชื้อสารอุลชีพ (กก.)	1,780	120.00	213,600	790	120.00	94,800
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	5,171,100	1.69	8,723,811	2,035,550	1.69	3,434,038
ต้นทุนผันแปรรวม	**17,630,500**	**0.62**	**10,882,036**	**7,806,150**	**0.53**	**4,117,434**
ต้นทุนคงที่						
เงินเดือน			1,698,523			499,262
ค่าซ่อมบำรุง			621,420			321,286
ค่าเสื่อมราคา			237,630			118,815
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			32,300			15,100
ต้นทุนคงที่รวม	**17,630,500**	**0.15**	**2,589,873**	**7,806,150**	**0.12**	**954,463**
ต้นทุนรวม(บาท)	**17,630,500**	**0.76**	**13,471,909**	**7,806,150**	**0.65**	**5,071,897**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยผลิตลมความดันสูง

หัวเรื่อง	ม.ค. – ธ.ค.2540			ม.ค.- มิ.ย.2542		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณลมความดันสูง (ลูกบาศก์เมตร)	14,837,425			6,916,628		
ต้นทุนผันแปร						
น้ำหล่อเย็น(ลูกบาศก์เมตร)	360,550	0.62	222,173	145,275	0.53	76,996
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	2,385,780	1.69	4,023,950	947,250	1.69	1,597,669
ต้นทุนผันแปรรวม	**14,837,425**	**0.29**	**4,246,123**	**6,916,628**	**0.24**	**1,674,665**
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยงานผลิตน้ำหล่อเย็น	360,550	0.15	52,993	145,275	0.12	17,433
เงินเดือน			1,576,604			406,302
ค่าซ่อมบำรุง			602,900			307,300
ค่าเสื่อมราคา			495,990			247,994
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			28,130			12,155
ต้นทุนคงที่รวม	**14,837,425**	**0.19**	**2,756,617**	**6,916,628**	**0.14**	**991,184**
ต้นทุนรวม(บาท)	**14,837,425**	**0.47**	**7,002,740**	**6,916,628**	**0.39**	**2,665,849**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยผลิตน้ำบริสุทธิ์

หัวเรื่อง	ม.ค. - ธ.ค.2540			ม.ค.- มิ.ย.2542		
	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณ	บาทต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ (ลูกบาศก์เมตร)	268,667			109,264		
ต้นทุนผันแปร						
ลมอัดความดันสูง (ลูกบาศก์เมตร)	327,651	0.29	93,831	130,826	0.24	31,398
น้ำประปา (ลูกบาศก์เมตร)	292,562	9.56	2,797,930	118,931	9.56	1,137,402
โซเดียมไฮดรอกไซด์50% (กก.)	192,978	3.41	658,055	75,062	3.41	255,960
ไฮโดรคลอริก35% (กก.)	264,500	3.17	838,465	92,215	3.17	292,320
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	312,761	1.69	527,553	129,911	1.69	219,128
ต้นทุนผันแปรรวม	**268,667**	**18.30**	**4,915,833**	**109,264**	**17.72**	**1,936,208**
ต้นทุนคงที่						
ต้นทุนคงที่จากหน่วยผลิตลมอัดความดันสูง	327,651	0.19	61,131	130,826	0.14	18,316
เงินเดือน			1,584,804			432,402
ค่าซ่อมบำรุง			585,152			297,576
ค่าเสื่อมราคา			362,574			181,287
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			35,764			17,346
ต้นทุนคงที่รวม	**268,667**	**9.79**	**2,629,425**	**109,264**	**8.67**	**946,927**
ต้นทุนรวม(บาท)	**268,667**	**28.08**	**7,545,258**	**109,264**	**26.39**	**2,883,134**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าคงที่ใช้คำนวน หาขอบเขตควบคุมเชิงสถิติ

ตารางที่ ฉ.1 แสดงค่าคงที่เพื่อใช้คำนวณหาขอบเขตควบคุมเชิงสถิติ

X-BAR, R, AND S CONTROL CHART—3-SIGMA LIMIT CONSTANTS*
(Based on Sampling from a Normal Distribution)

Subgroup size n	d_2	d_3	c_4	D_3	D_4	B_3	B_4	A	A_2	A_3
2	1.128	0.8525	0.7979	0.00	3.27	0.00	3.27	2.12	1.88	2.66
3	1.693	0.8884	0.8862	0.00	2.57	0.00	2.57	1.73	1.02	1.95
4	2.059	0.8798	0.9213	0.00	2.28	0.00	2.27	1.50	0.73	1.63
5	2.326	0.8641	0.9400	0.00	2.11	0.00	2.09	1.34	0.58	1.43
6	2.534	0.8480	0.9515	0.00	2.00	0.03	1.97	1.22	0.48	1.29
7	2.704	0.8332	0.9594	0.08	1.92	0.12	1.88	1.13	0.42	1.18
8	2.847	0.8198	0.9650	0.14	1.86	0.19	1.81	1.06	0.37	1.10
9	2.970	0.8078	0.9693	0.18	1.82	0.24	1.76	1.00	0.34	1.03
10	3.078	0.7971	0.9727	0.22	1.78	0.28	1.72	0.95	0.31	0.98
11	3.173	0.7873	0.9754	0.26	1.74	0.32	1.68	0.90	0.29	0.93
12	3.258	0.7785	0.9776	0.28	1.72	0.35	1.65	0.87	0.27	0.89
13	3.336	0.7704	0.9794	0.31	1.69	0.38	1.62	0.83	0.25	0.85
14	3.407	0.7630	0.9810	0.33	1.67	0.41	1.59	0.80	0.24	0.82
15	3.472	0.7562	0.9823	0.35	1.65	0.43	1.57	0.77	0.22	0.79
16	3.532	0.7499	0.9835	0.36	1.64	0.45	1.55	0.75	0.21	0.76
17	3.588	0.7441	0.9845	0.38	1.62	0.47	1.53	0.73	0.20	0.74
18	3.640	0.7386	0.9854	0.39	1.61	0.48	1.52	0.71	0.19	0.72
19	3.689	0.7335	0.9862	0.40	1.60	0.50	1.50	0.69	0.19	0.70
20	3.735	0.7287	0.9869	0.41	1.59	0.51	1.49	0.67	0.18	0.68
30	4.086	0.6926	0.9914			0.60	1.40	0.55		0.55
40	4.322	0.6692	0.9936			0.66	1.34	0.47		0.48
50	4.498	0.6521	0.9949			0.70	1.30	0.42		0.43
60	4.639	0.6389	0.9958			0.72	1.28	0.39		0.39
70	4.755	0.6283	0.9964			0.74	1.26	0.36		0.36
80	4.854	0.6194	0.9968			0.76	1.24	0.34		0.34
90	4.939	0.6118	0.9972			0.77	1.23	0.32		0.32
100	5.015	0.6052	0.9975			0.79	1.21	0.30		0.30

* R-chart factors are given only up to $n = 20$; for larger subgroup sizes the S chart should be used.
Source: Adapted with permission from E. L. Grant and R. S. Leavenworth, *Statistical Quality Control*, 6th ed., New York: McGraw-Hill, pp 669-672, 1988.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นายชเนศร์ โกวิทวัฒนชัย เกิดวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัด ชลบุรี สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย