บทที่ ๔

แนวทางการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมหนังเทียม

ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หนังเทียมนั้นมีทั้งหมด ๑๑ แห่งด้วยกันดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่แล้ว และเมื่อทำการศึกษาและพิจารณาโรงงานแต่ละแห่งแล้วจะพบว่า โรงงานอุตสาหกรรมประเภทนี้มีโครงสร้างการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากโรงงานแต่ละแห่งมีกรรมวิธีการผลิตและอุปกรณ์การผลิตที่คล้ายคลึงกัน แต่จะแตกต่างกันก็เฉพาะปริมาณพลังงานที่ใช้ ซึ่งความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

(๑) ขนาดพื้นที่ของโรงงาน

(๒) กำลังการผลิต

(๓) ประสิทธิภาพของคนและเครื่องจักร

(๔) เทคนิคและเทคโนโลยีที่ใช้

(๕) ความรู้ทางด้านวิชาการ

(๖) นโยบายของระดับผู้บริหารเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน ฯลฯ

เมื่อโรงงานแต่ละแห่งมีโครงสร้างการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นเพื่อให้มองเห็นการประหยัดพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมหนังเทียมได้เด่นชัด ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาโรงงานประเภทนี้หนึ่งแห่งเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์และการวางแนวทางการประหยัดพลังงาน เพื่อเป็นแนวทางให้อุตสาหกรรมประเภทนี้หรืออุตสาหกรรมอื่น ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลดอัตราส่วนการใช้พลังงานของโรงงานนั้น ๆ ได้อย่างเหมาะสม

โรงงานตัวอย่าง

ชื่อและสถานที่ตั้งโรงงาน :

ผลิตภัณฑ์ : ประเภทหนังเทียม เช่น หนังฟองน้ำ หนัง POLY แผ่นฟิล์ม PVC และเม็ดพลาสติก แผ่นพลาสติกใส

เวลาทำงาน : ทำงาน ๒ กะ คือ

(๑) เวลา ๘.๐๐ - ๑๗.๐๐ น. และ

(๒) เวลา ๑๗.๐๐ - ๒๔.๓๐ น.

คนงาน : ประมาณ ๑๗๐ คน

กำลังการผลิต : ประมาณ ๓,๔๘๐,๐๐๐ เมตร/ปี

พลังงานที่ใช้ทั้งหมด : (๑) น้ำมันเตา - ซื้อจากบริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด

จำนวนเฉลี่ย ๔๓๘,๐๐๐ ลิตร/ปี

คิดเป็นเงิน ๑,๖๓๔,๖๑๖ บาท/ปี

(๒) ไฟฟ้า - ซื้อจากการไฟฟ้านครหลวง

จำนวน ๓,๘๒๔,๐๐๐ หน่วย/ปี

คิดเป็นเงิน ๖,๗๙๙,๐๔๐ บาท/ปี

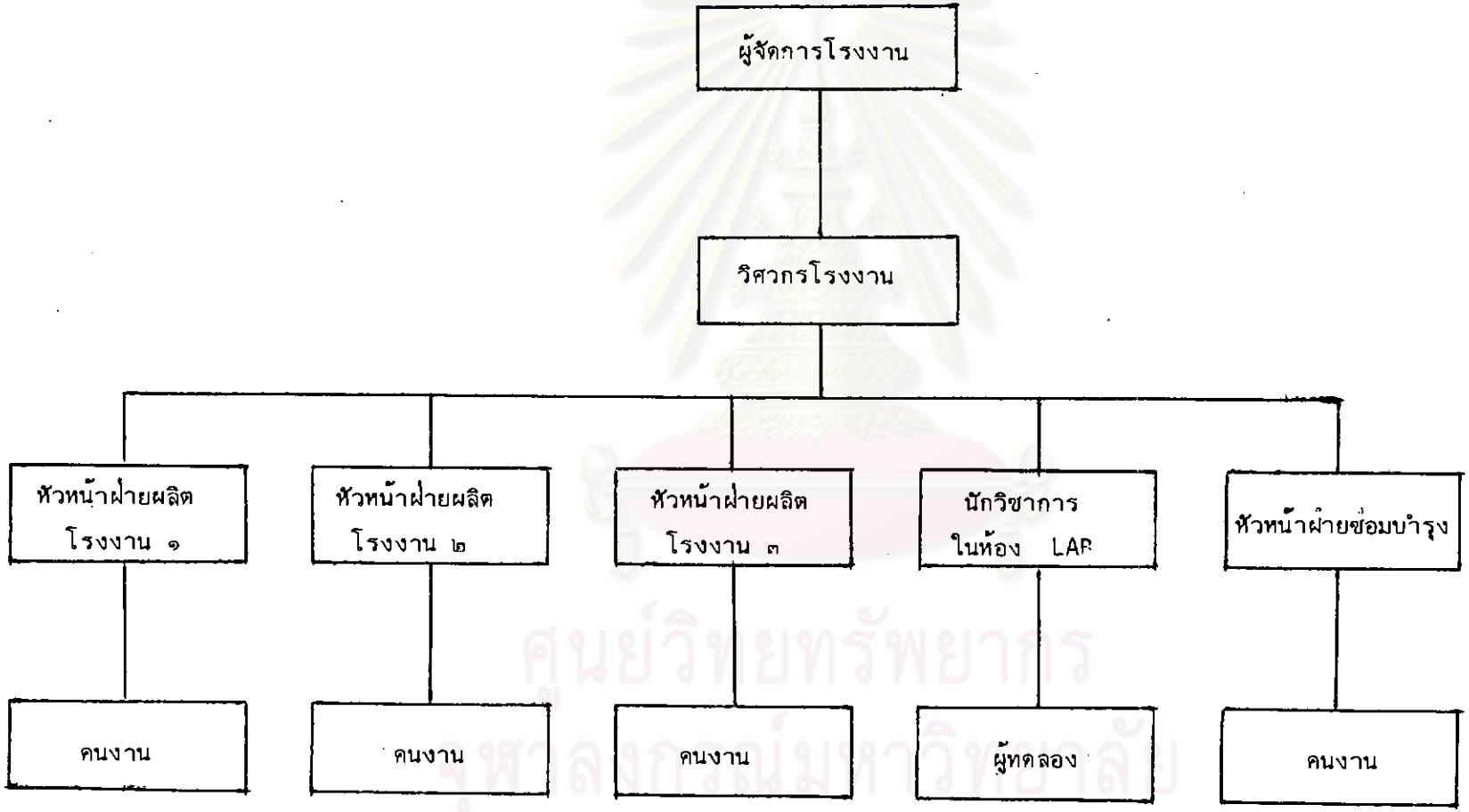
การจัดองค์การ (ORGANIZATION)

การจัดองค์การเป็นการกำหนดความรับผิดชอบของสมาชิกและส่วนย่อยขององค์การ เพื่อให้ส่วนต่าง ๆ สามารถสัมพันธ์กันและรวมกันเป็นหน่วยที่มีประสิทธิภาพในการทำงานให้บรรลุเป้าหมาย โครงสร้างขององค์การที่จัดขึ้นจะต้องสอดคล้องกับแผนงานที่วางไว้ และจะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้เข้ากับสภาพแวดล้อมอยู่เสมอ

ในที่นี้ โรงงานมีการจัดองค์การรายละเอียดดังผังรูปที่ ๔.๑

รูปที่ ๔.๑

ORGANIZATION CHART



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวางผังโรงงาน (PLANT LAYOUT)

การวางผังโรงงาน คือ การวางแผนเพื่อจัดสถานที่ อุปกรณ์เครื่องจักร วัสดุ และบุคคล เพื่อให้การผลิตในโรงงานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

ในที่นี้ ภายในบริเวณสถานที่ที่ตั้งของโรงงานตัวอย่างจะประกอบด้วยโรงงานผลิต ๓ โรงงาน คือ โรงงานที่ ๑ โรงงานที่ ๒ และโรงงานที่ ๓ โดยแต่ละโรงงานจะผลิตผลิตภัณฑ์ดังนี้

โรงงานที่ ๑ : หนังฟองน้ำ
หนังโพลี่ (POLY)

โรงงานที่ ๒ : แผ่นฟิลม์ PVC

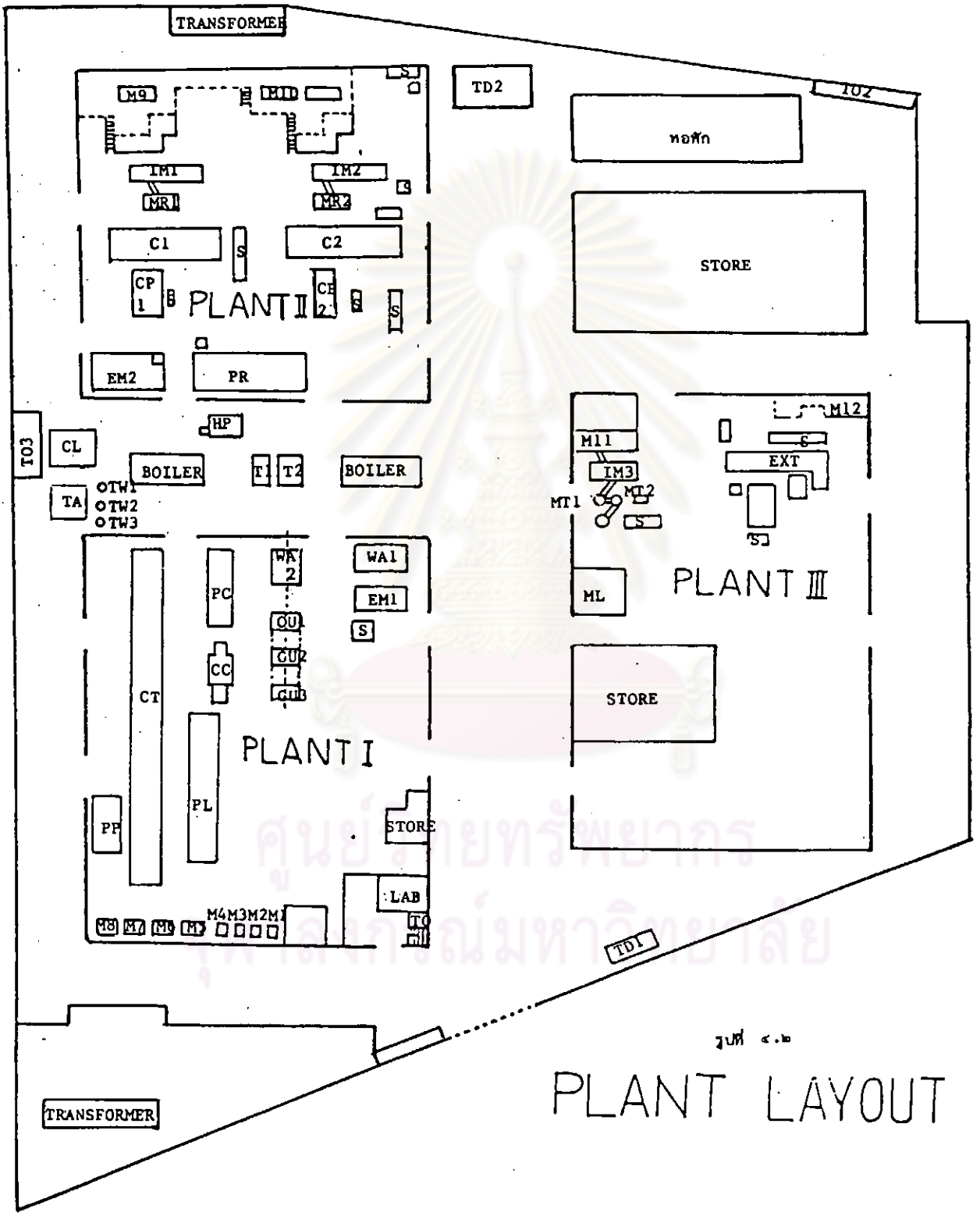
โรงงานที่ ๓ : เม็ดพลาสติก
แผ่นพลาสติกใส

จากการสำรวจโรงงานปรากฏว่า การวางผังของโรงงานแห่งนี้มีแบบ

(๑) ผังแบบผลิต (PRODUCT LAYOUT OR LINE LAYOUT) กล่าวคือ เป็นการจัดเครื่องจักร คน และวัสดุ หรือหน่วยผลิตให้เรียงตามลำดับขั้นในการผลิต และ

(๒) ผังแบบกระบวนการผลิต (PROCESS LAYOUT) กล่าวคือ เป็นการจัดเครื่องมือหรือหน่วยผลิตที่มีลักษณะกระบวนการผลิตอย่างเดียวกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน รายละเอียดของการวางผังโรงงานดังรูปที่ ๔.๒

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๔.๒

PLANT LAYOUT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหมายของสัญญลักษณ์ในรูปที่ ๔.๒ : PLANT LAYOUT

M1-12	=	เครื่องผสม
CT	=	เครื่องทำหนังฟองน้ำ
PL	=	เครื่องทำหนัง POLY
PP	=	เครื่องดึงกระดาษ
CC	=	เครื่องผ่าผ้า
PC	=	เครื่องดึงผ้า
WA1,2	=	เครื่องขัดเงา
CU1-3	=	เครื่องตัดหนัง
EM1,2	=	เครื่องอัดลาย
PR	=	เครื่องพิมพ์สี
IM1-3	=	INTENSIVE MIXING
MR1,2	=	MIXING ROLLER
C1,2	=	CALENDER
CP1,2	=	เครื่องตัดขอบหนัง
MT1,2	=	MIXING TANK
ML	=	เครื่องขูดหนังให้ขึ้นฟู
EXT	=	EXTRUDER
TO1-3	=	ห้องน้ำ - ห้องสุขา
T1,2	=	แทงค์น้ำมันเตา
TD1,2	=	แทงค์น้ำมัน DOP
CL	=	COOLING TOWER
TA	=	แทงค์น้ำดื่ม
TW1-3	=	แทงค์ปรับคุณภาพของน้ำ
HP	=	บ่อน้ำพัก
S	=	SWITCH BOARD

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุดิบ (RAW MATERIAL)

วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต ได้แก่ พลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ หรือพีวีซี (POLYVINYL CHLORIDE OR PVC) และสารเคมีต่าง ๆ เช่น DOP (DI-ISO-OCTYL PHTHALATE) SILICA GEL, $CaCO_3$, เม็ดสี (PIGMENT) Na_2CO_3 เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดในข้อ ๑ ของบทที่ ๓

วัตถุดิบดังกล่าวข้างต้น โรงงานจำเป็นต้องสั่งซื้อจากแหล่งผลิตทั้งในประเทศและนอกประเทศ ทั้งนี้ เนื่องจากโรงงานไม่สามารถผลิตขึ้นเองได้

ขบวนการผลิต (PROCESS)

เนื่องจากโรงงานที่ ๓ เป็นโรงงานที่ผลิตเม็ดพลาสติกและแผ่นพลาสติกใส ซึ่งมิใช่หนังเทียม ดังนั้น ในที่นี้จึงจะกล่าวเฉพาะขั้นตอนการผลิตที่สำคัญในโรงงานที่ ๑ และ ๒ ดังต่อไปนี้

๑. ขั้นตอนการทำหนังฟองน้ำ

นำกระดาษผ่านเข้าเครื่องเคลือบผิว (COATING MACHINE) โดยมีคนงานเป็นผู้คอยตักส่วนผสมฉาบหน้าเข้าเครื่อง จากนั้นอบให้แห้งโดยผ่านเข้าตู้อบที่ประกอบด้วยหลอดอินฟาเรด ขนาด 2 KW จำนวน ๓๖ ตัว ต่อจากนั้นผ่านไปยังลูกกลิ้ง ๒ ลูก เพื่อ COATING อีกครั้ง โดยมีคนงานคอยตักโฟม PVC เข้าเครื่องเคลือบผิว อบให้แห้ง โดยผ่านเข้าตู้อบที่มี HEATER ขนาด 2 KW จำนวน ๔๔ ตัว เสร็จแล้วทำให้เย็นลง โดยผ่านไปยังลูกกลิ้งหล่อเย็น จำนวน ๒ ลูก ฉาบกาวแล้วประกบติดกับผ้า แล้วอบอีกครั้งเพื่อให้โฟม PVC สุก โดยผ่านเข้าไปยังตู้อบ ๒ ช่วง ที่มี HEATER ขนาด 3 KW จำนวน ๖๔ ตัว และไอน้ำประมาณ ๑๐.๐๐ กก./ซม^2 อุณหภูมิในตู้สูงสุดประมาณ 250^oC ในช่วงนี้จะมีพัดลมคอยเป่าให้อุณหภูมิในตู้อบคงที่ เมื่อโฟม PVC สุกแล้ว จะทำให้เย็นลงโดยผ่านไปยังลูกกลิ้งน้ำเย็น จำนวน ๗ ลูก ต่อจากนั้นดึงกระดาษออกจากหนังฟองน้ำ แล้วม้วนหนังฟองน้ำเก็บไว้เพื่อรอนำไปฮัดลายและขัดเงาต่อไป รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๓

๒. ขั้นตอนการทำหนัง POLY

นำแผ่นกระดาษผ่านเข้าเครื่องเคลือบผิว (COATING MACHINE) โดยมีคนงานตักส่วนผสมฉาบหน้าเข้าเครื่อง จากนั้นอบให้แห้งโดยผ่านเข้าตู้อบแห้ง ซึ่งประกอบด้วย HEATER ขนาด 3 KW จำนวน ๖๔ ตัว และไอน้ำประมาณ ๕ กก./ซม^2 ต่อจากนั้นทำให้เย็นลงโดยผ่านไปยังลูกกลิ้ง ๒ ลูก แล้วฉาบกาวเพื่อประกอบติดกับผ้า จากนั้นดึงกระดาษออก แล้วม้วนหนัง POLY เก็บไว้เพื่อนำไปดำเนินการต่อไป รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๔

๓. ขั้นตอนการทำแผ่นฟิลม์ PVC

นำวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น DOP, PVC และสารเคมีต่าง ๆ เข้าเครื่องผสมแบบนวดผสมซึ่งมีทั้งหมด ๔ เครื่อง จากนั้นเทส่วนผสมดังกล่าวพร้อมทั้งสีและเศษแผ่นฟิลม์ PVC ที่เหลือจากการตัดขอบ ซึ่งถูกดึงกลับขึ้นมาเข้าเครื่องผสมแบบรีดผสมอีกครั้ง จากนั้นผ่านเข้า EXTRUDER ซึ่งทำหน้าที่ส่งพลาสติกเข้าไปอัดเพื่อให้หลอมเหลว (PLASTICISING) และทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (HOMOGENISING) แล้วผ่านไปยัง CALENDER ทำการอัดลายโดยผ่านเข้าไปยังลูกกลิ้ง EMBOSS จำนวน ๒ ลูก และจากนั้นทำให้เย็นลงโดยผ่านลูกกลิ้งน้ำเย็นลูกใหญ่ จำนวน ๖ ลูก และลูกกลิ้งน้ำเย็นลูกเล็ก จำนวน ๓ ลูก แล้วตัดขอบให้มีความกว้างตามที่ต้องการ ส่วนเศษที่เหลือจากการตัดจะมีเครื่องดึงกลับขึ้นไปเข้าเครื่องผสมช่วงที่ ๒ อีกครั้ง เสร็จแล้วจะม้วนเก็บไว้เพื่อรอการนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นต่อไป รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๕

๔. ขั้นตอนการทำส่วนผสมฉาบหน้าและโฟม PVC

นำวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น PVC สี และสารเคมีมาชั่งน้ำหนักตามสูตรจากนั้นเทเข้าเครื่องผสมแบบนวดผสม ซึ่งมีทั้งหมด ๔ เครื่อง เมื่อผสมเสร็จแล้วจะขนถ่ายเข้าเครื่องผสมแบบรีดผสม ซึ่งมีทั้งหมด ๔ เครื่อง จากนั้นเทใส่ถังผสมเพื่อนำไปใช้งานต่อไป (ส่วนผสมฉาบหน้า)

สำหรับโฟม PVC ก็มีวิธีการทำคล้ายกับการทำส่วนผสมฉาบหน้า กล่าวคือ หลังจากรีดผสมเข้าด้วยกันแล้ว จะนำมาผสมในถังใหญ่อีกครั้ง โดยให้คนงานใช้ไม้พายคอยกวนอย่างสม่ำเสมอ เสร็จแล้วเตรียมนำไปใช้งานต่อไป (โฟม PVC) รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๖

๕. ขั้นตอนการผ่าผ้า

นำแต่ละปลายของม้วนผ้ามาเย็บติดกันเป็นผืนยาว จากนั้นเข้าเครื่องผ่าผ้าโดยทากาวที่ริมปลายผ้าด้านข้างทั้งสองข้าง อบให้แห้งโดยใช้ HEATER ขนาด ๒ KW จำนวน ๖ ตัว จากนั้นม้วนเก็บไว้เพื่อนำไปใช้งานต่อไป รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๗

๖. ขั้นตอนการอัดลาย

นำหนังเทียมที่ยังไม่อัดลายมาเข้าเครื่องอัดลาย เริ่มจากทำหนังเทียมให้เรียบและอ่อนตัวโดยใช้ HEATER ขนาด 2 KW จำนวน ๖ ตัว และไอน้ำประมาณ ๕ กก./ชม^{2} จากนั้นผ่านเข้าไปในลูกกลิ้งอัดลาย (EMBOSS) เมื่ออัดลายเสร็จแล้ว ทำให้เย็นลงโดยผ่านไปยังลูกกลิ้งน้ำเย็น ๒ ลูก จากนั้นม้วนเก็บไว้เพื่อนำไปขัดเงาต่อไป รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๘

๗. ขั้นตอนการพิมพ์สี

นำหนังเทียมที่ได้ทำให้เรียบโดยใช้ HEATER ขนาด 2 KW จำนวน ๓-๖ ตัว (แล้วแต่ความหนา) จากนั้นทำให้เย็นลงโดยผ่านไปยังลูกกลิ้งเพื่อพิมพ์สี ซึ่งช่วงพิมพ์สีนี้มี ๔ ช่วง (จะพิมพ์กี่ช่วงก็แล้วแต่ลายที่ต้องการ) ต่อจากนั้นอบให้แห้ง โดยใช้ HEATER ขนาด 2 KW ซึ่งมี ๓ ช่วง ๆ ละ ๓ ตัว (จะอบกี่ช่วงนั้นขึ้นอยู่กับพิมพ์สี) จากนั้นใช้พัดลมช่วยเป่าให้แห้ง เมื่อแห้งแล้วม้วนเก็บไว้รอการนำไปบรรจุหีบห่อต่อไป รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๙

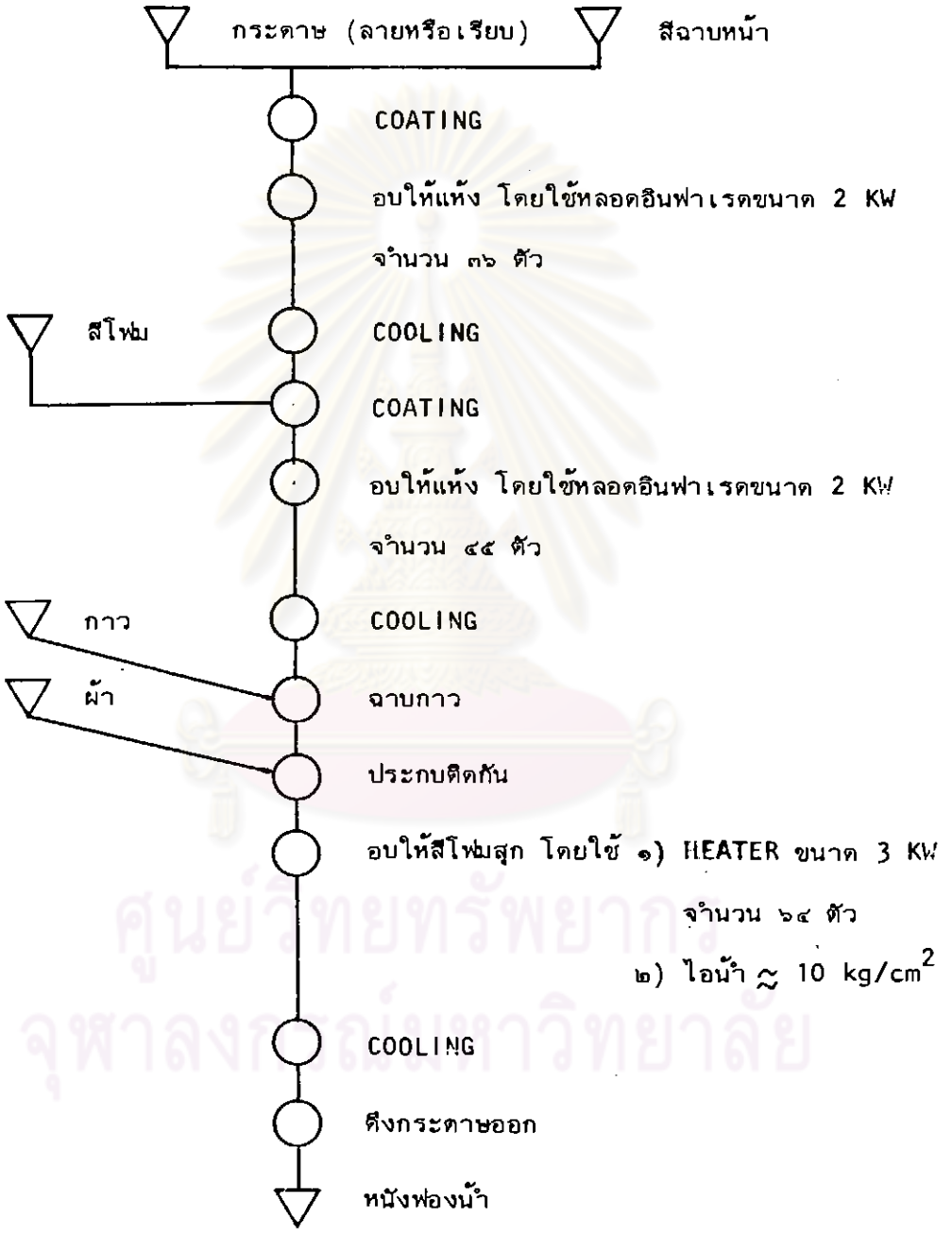
๘. ขั้นตอนการขัดเงา

นำหนังเทียมมาผ่านน้ำยาขัดด้าน แล้วอบให้แห้งด้วย HEATER ขนาด 2 KW จำนวน ๘ ตัว ใช้พัดลมช่วยเป่าให้แห้ง เสร็จแล้วม้วนเก็บไว้เพื่อรอนำไปดำเนินการต่อไป รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๑๐

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๔.๓

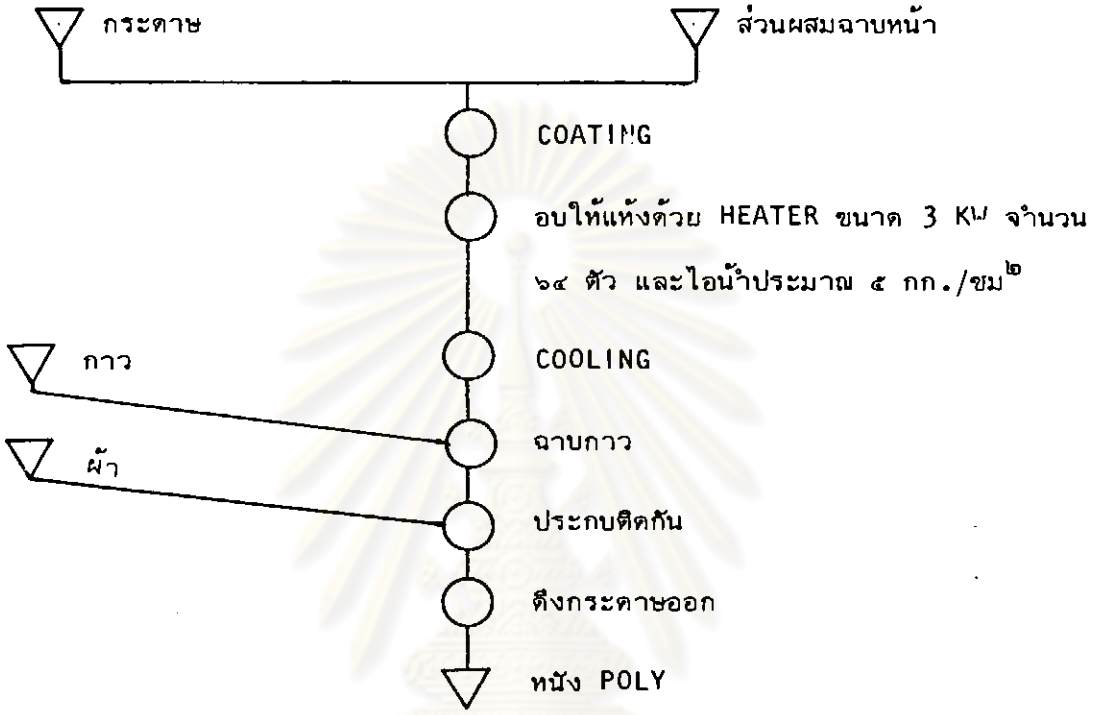
ขั้นตอนการทำหนังฟองน้ำ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๔.๔

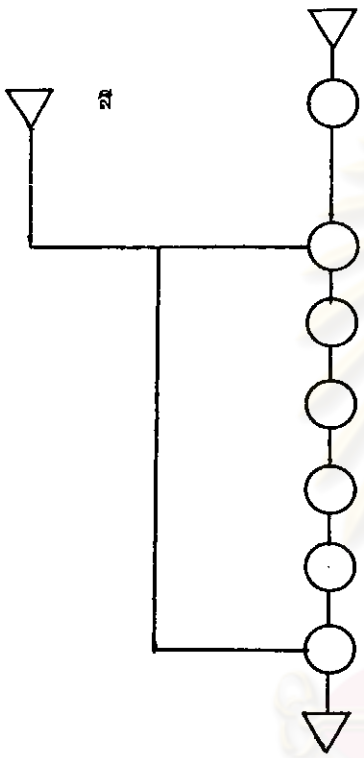
ขั้นตอนการทำหนัง POLY



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๔.๕

ขั้นตอนการทำแผ่นฟิล์ม PVC



วัตถุดิบ

ผสมตามสูตร บางครั้งอาจใช้ไอน้ำประมาณ 5 kg/cm^2 ใน

บางสูตร

รีดผสมและใช้ไอน้ำประมาณ ๑๐.๕ กก./ซม^2

EXTRUDER เพื่อหลอมเหลวและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

CALENDER แบบ L และใช้ไอน้ำประมาณ 11.5 kg/cm^2

อัดลาย

COOLING

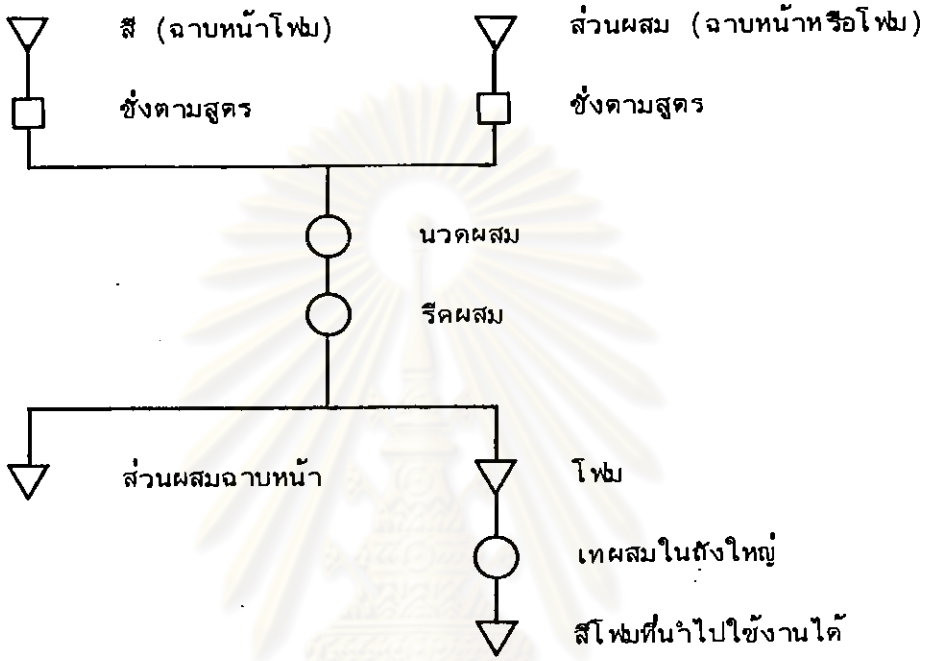
ตัดขอบ

ม้วนเก็บ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๔.๖

ขั้นตอนการทำส่วนผสมฉาบหน้าและโฟม PVC



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๔.๗

ขั้นตอนการผ่าผ้า

ผ้า

ทากาวที่ริมปลายข้างทั้ง ๒

อบให้แห้งโดยใช้ HEATER ขนาด 2 KW จำนวน ๖ ตัว

ม้วนเก็บ

รูปที่ ๔.๘

ขั้นตอนการอัดลาย

หนังที่ยังไม่อัดลาย

ทำหนังให้เรียบและอ่อนตัวโดยใช้ HEATER ขนาด 2KW จำนวน ๖ ตัว และไอน้ำประมาณ ๕ kg/Cm^2

อัดลาย (ลูกกลิ้งอัดลาย)

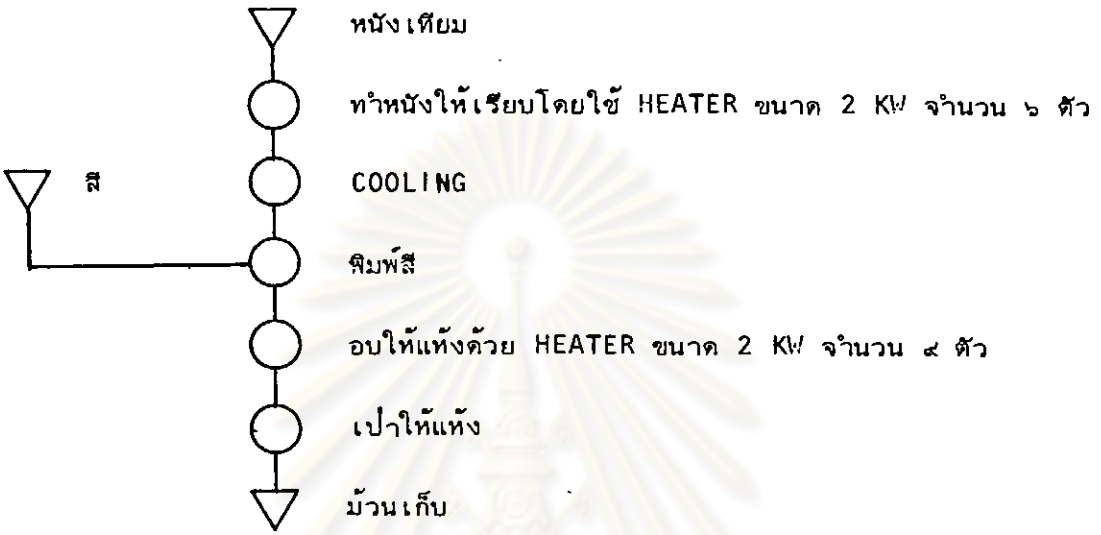
COOLING

ม้วนเก็บ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

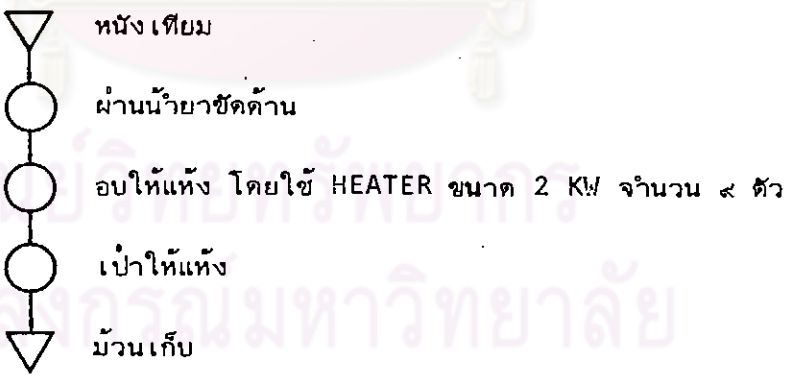
รูปที่ ๔.๙

ขั้นตอนการพิมพ์สี



รูปที่ ๔.๑๐

ขั้นตอนการขัดเงา



สัญลักษณ์

= STORAGE

= OPERATING

= INSPECTION

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้พลังงานทั้งหมด (TOTAL ENERGY CONSUMPTION)

โรงงานจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าไฟฟ้าทั้งสิ้นเป็นจำนวนดังนี้

๑. น้ำมันเชื้อเพลิง (DIRECT FUEL) โรงงานได้สั่งซื้อน้ำมันเตา Redwood I. 600 SEC (เกรด A) จากบริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด ซึ่งมีราคา ๓.๖๔ บาท/ลิตร และค่าขนส่ง ๐.๐๔๒ บาท/ลิตร โดยเสียค่าใช้จ่ายดังตารางที่ ๔.๑

ตารางที่ ๔.๑

ค่าน้ำมันเตาประจำปี ๒๕๒๗

เดือน ปี	จำนวนที่ใช้ (ลิตร)	จำนวนเงิน (บาท)
ม.ค. ๒๗	๔๘,๐๐๐	๒๐๔,๓๗๖
ก.พ. ๒๗	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
มี.ค. ๒๗	๔๘,๐๐๐	๒๐๔,๓๗๖
เม.ย.๒๗	๔๘,๐๐๐	๒๐๔,๓๗๖
พ.ค. ๒๗	๔๘,๐๐๐	๒๐๔,๓๗๖
มิ.ย. ๒๗	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
ก.ค. ๒๗	๒๔,๐๐๐	๑๐๔,๖๘๘
ส.ค. ๒๗	๒๔,๐๐๐	๑๐๔,๖๘๘
ก.ย. ๒๗	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
ต.ค. ๒๗	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
พ.ย. ๒๗	๒๔,๐๐๐	๑๐๔,๖๘๘
ธ.ค. ๒๗	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒

ตารางที่ ๔.๑ (ต่อ)

ค่าน้ำมันเตา ประจำปี ๒๕๒๘

เดือน ปี	จำนวนที่ใช้ (ลิตร)	จำนวนเงิน (บาท)
ม.ค. ๒๘	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
ก.พ. ๒๘	๔๘,๐๐๐	๒๐๙,๓๗๖
มี.ค. ๒๘	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
เม.ย.๒๘	๔๘,๐๐๐	๒๐๙,๓๗๖
พ.ค. ๒๘	๔๘,๐๐๐	๒๐๙,๓๗๖
มิ.ย. ๒๘	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
ก.ค. ๒๘	๒๔,๐๐๐	๑๐๔,๖๘๘
ส.ค. ๒๘	๒๔,๐๐๐	๑๐๔,๖๘๘
ก.ย. ๒๘	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
ต.ค. ๒๘	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒
พ.ย. ๒๘	๒๔,๐๐๐	๑๐๔,๖๘๘
ธ.ค. ๒๘	๓๖,๐๐๐	๑๕๗,๐๓๒

ที่มา : ข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง

ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จะได้ว่า

ม.ค. ๒๗ - ธ.ค. ๒๗ น้ำมันที่ใช้ = ๔๔๔,๐๐๐ ลิตร

ม.ค. ๒๘ - ธ.ค. ๒๘ น้ำมันที่ใช้ = ๔๓๒,๐๐๐ ลิตร

∴ น้ำมันที่ใช้โดยเฉลี่ย = ๔๓๘,๐๐๐ ลิตร

คิดเป็นเงิน = ๑,๖๓๔,๖๑๖ บาท

๒. ไฟฟ้า (ELECTRICITY) โรงงานมิได้ผลิตไฟฟ้าใช้เอง แต่ได้ซื้อจากการไฟฟ้านครหลวง โดยโรงงานได้จัดอยู่ในประเภทอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งโรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายดังนี้

ตารางที่ ๔.๒

ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

เดือน ปี	ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (KW)	ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (KVAR)	63%KW	KVAR ที่คิดเงิน	ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (บาท)
ม.ค. ๒๗	๑,๒๐๐	๑,๐๐๐	๗๕๖	๒๔๔	๓,๖๖๐
ก.พ. ๒๗	๑,๑๖๐	๙๒๐	๗๓๑	๑๘๙	๒,๘๓๕
มี.ค. ๒๗	๑,๑๒๐	๑,๑๖๐	๗๐๖	๔๕๔	๖,๘๑๐
เม.ย.๒๗	๑,๒๐๐	๑,๑๖๐	๗๕๖	๔๐๔	๖,๐๖๐
พ.ค. ๒๗	๑,๒๘๐	๑,๑๒๐	๘๐๖	๓๑๔	๔,๗๑๐
มิ.ย. ๒๗	๑,๑๒๐	๑,๐๔๐	๗๐๖	๓๓๔	๕,๐๑๐
ก.ค. ๒๗	๑,๒๔๐	๑,๑๖๐	๗๘๑	๓๗๙	๕,๖๐๕
ส.ค. ๒๗	๙๖๐	๗๒๐	๖๐๕	๑๑๕	๑,๗๒๕
ก.ย. ๒๗	๑,๐๘๐	๑,๑๒๐	๖๘๐	๔๔๐	๖,๖๐๐
ต.ค. ๒๗	๑,๑๒๐	๘๐๐	๗๐๖	๙๔	๑,๔๑๐
พ.ย. ๒๗	๑,๑๒๐	๑,๐๐๐	๗๐๖	๒๙๔	๔,๔๑๐
ธ.ค. ๒๗	๑,๑๒๐	๙๒๐	๗๐๖	๒๑๔	๓,๒๑๐
ม.ค. ๒๘	๑,๑๒๐	๑,๐๔๐	๗๐๖	๓๓๔	๕,๐๑๐
ก.พ. ๒๘	๙๖๐	๗๖๐	๖๐๕	๑๕๕	๒,๓๒๕
มี.ค. ๒๘	๙๖๐	๗๒๐	๖๐๕	๑๑๕	๑,๗๒๕
เม.ย.๒๘	๑,๒๐๐	๑,๐๘๐	๗๕๖	๓๒๔	๔,๘๖๐
พ.ค. ๒๘	๙๒๐	๘๐๐	๕๘๐	๒๒๐	๓,๓๐๐
มิ.ย. ๒๘	๙๖๐	๘๘๐	๖๐๕	๒๗๕	๔,๑๒๕
ก.ค. ๒๘	๘๘๐	๗๖๐	๕๕๔	๒๐๖	๓,๐๙๐

ที่มา : ข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง

ตารางที่ ๔.๓

ค่าธรรมเนียมความต้องการไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ใช้

เดือน ปี	ความต้องการพลังงานสูงสุด (KW)	ค่าธรรมเนียมความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท)	จำนวนหน่วยที่ใช้	จำนวนเงินค่าไฟฟ้า (บาท)
ม.ค. ๒๗	๑,๒๐๐	๑๑๔,๐๐๐	๓๘๔,๐๐๐	๖๖๕,๕๒๐
ก.พ. ๒๗	๑,๑๖๐	๑๑๐,๒๐๐	๒๘๔,๐๐๐	๕๑๘,๖๕๐
มี.ค. ๒๗	๑,๑๒๐	๑๐๖,๔๐๐	๔๓๒,๐๐๐	๗๒๖,๔๐๐
เม.ย.๒๗	๑,๒๐๐	๑๑๔,๐๐๐	๓๔๘,๐๐๐	๖๑๔,๐๔๐
พ.ค. ๒๗	๑,๒๘๐	๑๒๑,๖๐๐	๔๐๘,๐๐๐	๗๐๗,๖๐๐
มิ.ย. ๒๗	๑,๑๒๐	๑๐๖,๔๐๐	๓๗๖,๐๐๐	๖๔๖,๓๒๐
ก.ค. ๒๗	๑,๒๔๐	๑๑๗,๘๐๐	๒๓๖,๐๐๐	๔๕๗,๖๔๐
ส.ค. ๒๗	๙๖๐	๙๑,๒๐๐	๒๐๘,๐๐๐	๓๙๐,๕๖๐
ก.ย. ๒๗	๑,๐๘๐	๑๐๒,๖๐๐	๒๒๘,๐๐๐	๔๓๐,๘๐๐
ต.ค. ๒๗	๑,๑๒๐	๑๐๖,๔๐๐	๒๖๐,๐๐๐	๔๘๐,๔๔๐
พ.ย. ๒๗	๑,๑๒๐	๑๐๖,๔๐๐	๒๙๒,๐๐๐	๕๒๖,๒๐๐
ธ.ค. ๒๗	๑,๑๒๐	๑๐๖,๔๐๐	๓๖๘,๐๐๐	๖๓๔,๘๘๐
ม.ค. ๒๘	๑,๑๒๐	๑๐๖,๔๐๐	๒๔๐,๐๐๐	๔๕๑,๘๔๐
ก.พ. ๒๘	๙๖๐	๙๑,๒๐๐	๑๔๘,๐๐๐	๓๐๔,๓๒๐
มี.ค. ๒๘	๙๖๐	๙๑,๒๐๐	๒๒๐,๐๐๐	๔๐๗,๗๒๐
เม.ย.๒๘	๑,๒๐๐	๑๑๔,๐๐๐	๒๐๘,๐๐๐	๔๑๓,๕๒๐
พ.ค. ๒๘	๘๒๐	๘๗,๔๐๐	๒๔๘,๐๐๐	๔๔๓,๘๘๐
มิ.ย. ๒๘	๙๖๐	๙๑,๒๐๐	๒๔๔,๐๐๐	๔๔๒,๐๔๐
ก.ค. ๒๘	๘๘๐	๘๓,๖๐๐	๒๖๘,๐๐๐	๔๖๘,๖๐๐

ที่มา : ข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อการประหยัดพลังงานในโรงงาน

การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

โรงงานมีหม้อไอน้ำ (BOILER) สำเร็จรูป ๑ ชุดที่สั่งซื้อจากประเทศไต้หวัน เมื่อปี ค.ศ. ๑๙๖๘ เพื่อผลิตไอน้ำใช้ในขบวนการผลิต และยังมีหม้อไอน้ำเก่าสำรองไว้อีก ๑ ชุด

จากการอ่าน NAME PLATE ของหม้อไอน้ำได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

HEATING SURFACE	=	69.8 m^2
EQUIVALENT EVAPORATING	=	4,800 kg/hr
MAX ALLOWANCE PRESSURE	=	14 kg/cm^2
NORMAL OPERATING PRESSURE	=	12 kg/cm^2

และจากการตรวจวัดปรากฏว่า

OPERATING PRESSURE	=	11.5 kg/cm^2
ปริมาณ O_2 ใน FLUE GAS ที่ปล่องประมาณ	=	9.30 % ของปริมาณก๊าซที่ปล่อง
อุณหภูมิของ FLUE GAS ประมาณ	=	240^oC
ปริมาณน้ำป้อนประมาณ	=	1200 kg/hr
ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้โดยเฉลี่ย	=	70.60 lit/hr

ดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำ (HEAT BALANCE OF BOILER)

DATA			
ปริมาณเชื้อเพลิง (F)	=	70.60	lit/hr
ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (He)	=	9,700	Kcal/kg
ความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง (Cp)	=	1.918	Kcal/kg^oC
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (D)	=	0.985	kg/lit
อุณหภูมิของเชื้อเพลิง (Tf)	=	70	^oC
อุณหภูมิของอากาศภายนอก (To)	=	30	^oC
เปอร์เซนต์ออกซิเจนในก๊าซร้อน	=	9.30	%
อุณหภูมิของก๊าซร้อน (Tg)	=	240	^oC

ปริมาณน้ำทิ้ง (B) = -

ความดันไอน้ำ = 11.5 kg/cm^2

อุณหภูมิของอากาศที่ใช้สันดาป (Ta) = 30 ^oC

อุณหภูมิน้ำป้อน (Tw) = 68 ^oC

ปริมาณน้ำป้อน (Fw) = 1200 kg/hr

อุณหภูมิของน้ำทิ้ง (Tb) = -

จากกฎของการอนุรักษ์พลังงาน (LAW OF CONSERVATION OF ENERGY)

ความร้อนเข้า (INPUT) = ความร้อนออก (OUTPUT)

<u>ความร้อนเข้า</u> (INPUT) ประกอบด้วย

(๑) ความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง (Qc) Kcal/hr

$$Qc = F \times D \times He$$

(๒) ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง Kcal/hr

$$Q_F = F \times D \times Cp\ (Tf-To)$$

(๓) ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน Kcal/hr

$$Qw = Fw \times (Tw-To)$$

<u>ความร้อนออก</u> (OUTPUT) ประกอบด้วย

(๑) ความร้อนที่สูญเสียไปกับก๊าซร้อน (Qe) Kcal/hr

ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎีของเชื้อเพลิง (Ao) Nm^3/kg

$$Ao = 2 + \frac{0.85 \times He}{1000}$$

ปริมาณก๊าซเสียขั้นโดยทฤษฎี (Go) Nm^3/kg

$$Go = \frac{1.11 \times He}{1000}$$

อัตราส่วนอากาศ (m) $= 21/(21 - O_2)$

ปริมาณอากาศที่ใช้จริง ๆ (G) Nm^3/kg

$$G = Go + Ao\ (m - 1)$$

$$\therefore Qe = F \times D \times G \times 0.33 \times (Tg-To)$$

(๒) ความร้อนที่สูญเสียโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน (Qr) Kcal/hr

$$Qr = 0.02 \times (He + Q_F + Qw)$$

(๓) ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำที่เกิดขึ้น Kcal/hr

$$Qs = Qc + Q_F + Qw - Qe - Qr$$

ที่มา : หนังสือคู่มือประหยัดพลังงาน สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

การคำนวณ

$Qc = 70.60 \times 9,700/0.985 = 695,248.72$ Kcal/hr

$Q_F = 70.60 \times 1.918(70-30)/0.985 = 5,498.92$ Kcal/hr

$Qw = 1200 \times (68 - 30) = 45,600$ Kcal/hr

$Ao = 2 + \frac{0.85 \times 9,700}{1,000} = 10.25$ Nm^3/kg

$Go = \frac{1.11 \times 9,700}{1,000} = 10.77$ Nm^3/kg

$m = \frac{21}{21 - 9.30} = 1.79$

$G = 10.77+10.25 (1.79-1) = 18.87$ Nm^3/kg

$Qc = 70.60 \times 18.87 \times 0.33 \times (240-30) = 93,728.92$ Kcal/hr

$Qr = 0.02 \times (9,700+5498.92+45,600) = 1,215.98$ Kcal/hr

$Qs = 695,248.72+5,498.92+45,600 -93,728.92-1,215.98$

$= 651,402.74$ Kcal/hr

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๔

ดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำก่อนปรับปรุง

ความร้อนเข้า	Kcal/hr	%	ความร้อนออก		Kcal/hr	%
ความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง	๖๙๕,๒๔๘.๗๒	๙๓.๑๕	ความร้อนออกยังผล	ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำที่เกิดขึ้น	๖๕๑,๔๐๒.๗๔	๘๗.๒๘
ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง	๕,๔๙๘.๙๒	๐.๗๔	ความร้อนสูญเสีย	ความร้อนสูญเสียไปกับก๊าซร้อน	๙๓,๗๒๘.๙๒	๑๒.๕๕
ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน	๔๕,๖๐๐	๖.๑๑		ความร้อนสูญเสียโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน	๑,๒๑๕.๙๘	๐.๑๗
รวม	๗๔๖,๓๔๗,๖๔	๑๐๐	รวม		๗๔๖,๓๔๗.๖๔	๑๐๐

∴ ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ = ๘๗.๒๘ %

จากการทำดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำ ปรากฏว่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำของโรงงาน มีค่า ๘๗.๒๘ % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่ถ้าหากโรงงานต้องการให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำให้สูงขึ้น เพื่อประหยัดพลังงานก็โดยปรับอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงเป็น ๑.๓[๑๒] ซึ่งจะให้ค่าปริมาณ O_2 ใน FLUE GAS ที่ออกจากปล่องเป็น ๕ % ของปริมาณก๊าซที่ออกจากปล่อง ดังนั้น เมื่อทำดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำใหม่อีกครั้ง จะได้ว่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจะสูงขึ้นเป็น ๙๐.๔๖ % รายละเอียดดังนี้

ดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำหลังปรับปรุง

DATA ปริมาณเชื้อเพลิง (F)	=	70.60	lit/hr
ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (He)	=	9,700	Kcal/kg
ความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง (Cp)	=	1.918	Kcal/kg ^{o}C
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (D)	=	0.985	kg/lit
อุณหภูมิของอากาศภายนอก (To)	=	30	^{o}C
อุณหภูมิของเชื้อเพลิง (Tf)	=	70	^{o}C
% ออกซิเจนใน FLUE GAS	=	5 %	
อุณหภูมิของ FLUE GAS (Tg)	=	240	^{o}C
ปริมาณน้ำทิ้ง (P)	=	-	
ความดันไอน้ำ	=	11.5	kg/cm^2
อุณหภูมิของอากาศที่ใช้สันดาป (Ta)	=	30	^{o}C
อุณหภูมิน้ำป้อน (Tw)	=	68	^{o}C
ปริมาณน้ำป้อน (Fw)	=	1,200	kg/hr
อุณหภูมิของน้ำทิ้ง (TB)	=	-	

จากกฎของการอนุรักษ์ E (LAW OF CONSERVATION OF ENERGY)

ความร้อนเข้า (INPUT) = ความร้อนออก (OUTPUT)

การคำนวณ

Qc = 70.60 x 9,700 / 0.985 = 695,248.72 Kcal/hr

QF = 70.60 x 1.918(70-30)/0.985 = 5,498.92 Kcal/hr

Qw = 1,200 x (68-30) = 45,600 Kcal/hr

$Ao = 2 + \frac{0.85 \times 9,700}{1,000} = 10.25$ Nm^2/kg

$Go = \frac{1.11 \times 9,700}{1,000} = 10.77$ Nm^2/kg

$m = \frac{21}{21 - 5} = 1.31$ Nm^2/kg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

G = 10.77 + 10.25 (1.31-1) . = 13.95 Nm^3/kg

Qe = 70.60 x 13.95 x 0.33(240-30)/0.985 = 69,290.85 Kcal/hr

Qr = 0.02 x (9,700 + 5,498.92 + 45,600) = 1,215.98 Kcal/hr

Qs = 695,248.72 + 5,498.92 + 45,600 - 69,290.85 - 1,215.98

= 675,840.81 Kcal/hr

ตารางที่ ๔.๕

ดุลย์ความร้อนของหม้อไอน้ำหลังปรับปรุง

ความร้อนเข้า	Kcal/hr	%	ความร้อนออก		Kcal/hr	%
ความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง	๖๙๕,๒๔๘.๗๒	๙๓.๑๔	ความร้อนออกยังผล	ความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำที่เกิดขึ้น	๖๗๕,๘๔๐.๘๑	๙๐.๕๖
ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง	๕,๔๔๘.๙๒	๐.๗๔	ความร้อนสูญเสีย	ความร้อนสูญเสียไปกับ FLUE GAS	๖๙,๒๙๐.๘๕	๙.๒๗
ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน	๔๕,๖๐๐	๖.๑๑		ความร้อนสูญเสียโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน	๑,๒๑๘.๗๐	๐.๑๗
รวม	๗๔๖,๓๔๗.๖๔	๑๐๐	รวม		๗๔๖,๓๔๗.๖๔	๑๐๐

∴ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำหลังปรับปรุงแล้ว = ๙๐.๕๖ %

ดังนั้น เมื่อปรับอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมแล้ว โรงงานจะเสียค่าใช้จ่ายลดลง ดังนี้

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงลดลง} = \text{ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง} \times \frac{\text{ประสิทธิภาพใหม่-ประสิทธิภาพเก่า}}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}}$$

$$= ๔๓๘,๐๐๐ \times \frac{๙๐.๕๖ - ๘๗.๒๘}{๙๐.๕๖}$$

∴ น้ำมันเตาที่ลดลง = ๑๕,๘๖๓.๙๖ lit/Year

คิดเป็นเงิน = ๑๕,๘๖๓.๙๖ x ๓.๗๓๒ = ๕๙,๒๐๕ บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

โรงงานจำเป็นต้องจัดซื้ออุปกรณ์วัดปริมาณ O_2 และอุณหภูมิที่ FLUE GAS ที่ออกจากปล่อง ราคาเครื่องมือประมาณ ๔๐,๐๐๐ * บาท

<u>ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับปรุงการเผาไหม้</u>

การปรับปรุงการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพสูง มีหลักการปฏิบัติในการดูแลอุปกรณ์ที่มีอยู่ดังนี้

(๑) ระวังดูแลเชื้อเพลิงก่อนที่จะส่งเข้าหัวฉีดให้สะอาด

(๒) รักษาความดันของน้ำมันเตาที่จะเข้าหัวเผาให้ถูกต้องตามที่ต้องการ

(๓) รักษาความหนืดของน้ำมันเตาให้ได้ตามที่ต้องการ โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันเตา

(๔) ทำความสะอาดหัวฉีดและหม้อกรองเป็นประจำ

(๕) ตั้งช่องบังคับ ควบคุมอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้พอเหมาะโดยพยายามลดอากาศส่วนเกินให้ได้มากที่สุด

ตารางที่ ๔.๖

สรุปผลการประหยัดพลังงานด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)
การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	๔๐,๐๐๐	๕๙,๒๐๕

* ข้อมูลจากบริษัท ทาแอนด์โก จำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปลี่ยนเกรดน้ำมัน

เนื่องจากปัจจุบันโรงงานใช้น้ำเตา Redwood I600 SEC (เกรด A) ซึ่งมีราคา ๓.๗๓๒ บาท/ลิตร ในขณะที่น้ำมันเตา Redwood I 1,500 SEC (เกรด C) มีราคา ๓.๓๔๒ บาท/ลิตร ซึ่งน้ำมันเตาทั้ง ๒ ชนิดมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน รายละเอียดดังตารางที่ ๔.๗ ดังนั้น โรงงานควรพิจารณาเปลี่ยนเกรดน้ำมันเตาเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานเชื้อเพลิง โดยโรงงานจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

๑. การอุ่นน้ำมันเตา

ปัจจุบันโรงงานจำเป็นต้องอุ่นน้ำมันเตา Redwood I 600 SEC ที่อุณหภูมิ ๗๐°C แต่จากตารางที่ ๔.๘ ปรากฏว่าเมื่อเปลี่ยนเป็นน้ำมันเตา Redwood I 1,500 SEC แล้ว จะต้องอุ่นน้ำมันเตาที่อุณหภูมิประมาณ ๙๐° C เพื่อให้ได้ค่าความหนืดเท่าเดิม ซึ่งสามารถนำไปใช้กับหัวฉีดตัวเดิมได้

แต่เนื่องจากขณะนี้โรงงานมี HEATER ขนาด 0.9 KW จำนวน ๒ ชุด เพื่อใช้ในการอุ่นน้ำมันเตา ดังนั้น ก่อนที่จะเปลี่ยนเกรดน้ำมันเตา จำเป็นต้องศึกษาว่า HEATER ที่มีอยู่มีขนาดเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่ ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาด HEATER ที่เหมาะสมได้ดังนี้

ตารางที่ ๔.๗

คุณสมบัติน้ำมันเตา

รายการ	น้ำมันเตา	
	Redwood I 600 SEC	Redwood I 1,500 SEC
ความหนาแน่นที่ ๑๕° C , kg/lit	max 0.985	max 0.990
ความหนืด : Redwood I at 100°F SEC	max 600	max 1,500
	min 50	min 1,100
จุดสันดาป PM cc, °C	min 68	min 68

ตารางที่ ๔.๗ (ต่อ)

คุณสมบัติน้ำมันเตา

รายการ	น้ำมันเตา	
	Redwood I 600 SEC	Redwood I 1,500 SEC
POUR POINT, ^{o}C	max 21	max 24
SULPHUR CONTENT, % m	max 3.0	max 3.5
WATER & SEDIMENT , % V	max 1.0	max 1.5
GROSS HEAT COMBUSTION Cal/gm	min 10,000	min 9,900
SPECIFIC HEAT Kj/kg ^{o}C	min 1.918	min 1.908

ที่มา : บริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด

<u>การคำนวณ</u>

น้ำมันเตาเกรด A

ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้โดยเฉลี่ย = 70.60 lit/hr

∴ อัตราการไหลเชิงปริมาตร (VOLUME FLOW RATE) = $\frac{70.60}{60 \times 60}$ lit/sec

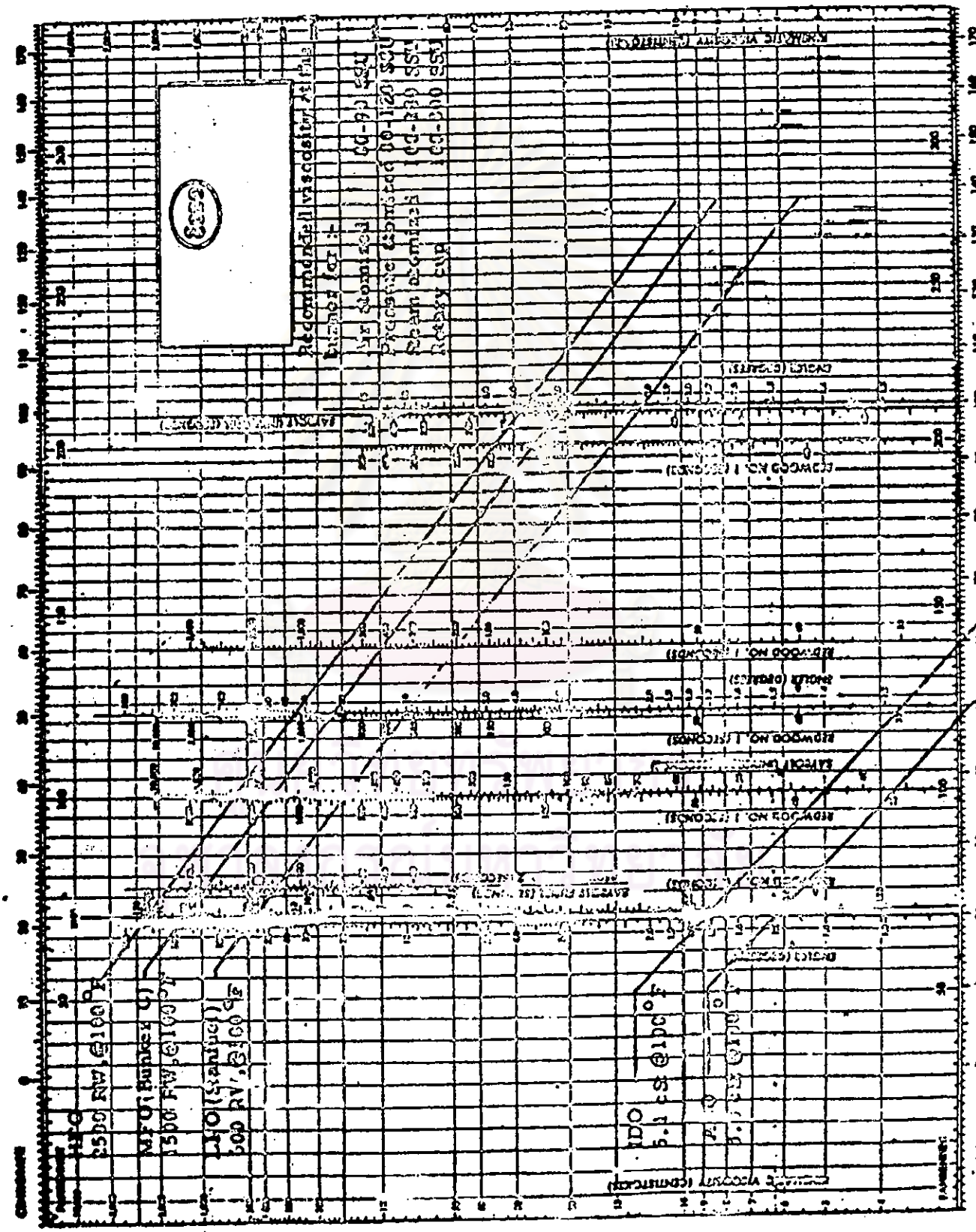
= 0.01961 lit/sec

จาก $\rho = \frac{V}{m}$

หรือ $m = \frac{V}{\rho}$

ตารางที่ ๔.๘

ตารางความหนืดของน้ำมัน



ที่มา : บริษัท เอสโซ่แสตนดาร์ด จำกัด

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น = 0.985 kg/lit

V = ปริมาตรของน้ำมัน = 0.01961 lit/sec

m = มวลของน้ำมัน

แทนค่า m = 0.01961 x 0.985 kg/sec.

= 0.0193158 kg/sec.

จากตารางที่ ๔.๗ ปรากฏว่า

น้ำมัน 1 kg ให้ปริมาณความร้อน = 10,000 Kcal

และ 0.0193158 kg/sec " = 0.0193158 x 10,000 Kcal/sec

= 193.158 Kcal/sec

∴ ปริมาณความร้อนที่ได้จากน้ำมันเตาเกรด A = 193.16 Kcal/sec

น้ำมันเตาเกรด C

จากตารางที่ ๔.๗ ปรากฏว่า

ปริมาณความร้อน 9,900 Kcal ใช้น้ำมัน = 1 kg

ปริมาณความร้อน 193.16 Kcal/sec ใช้น้ำมัน = $\frac{193.16}{9,900}$ kg/sec

∴ ต้องใช้น้ำมันเตาเกรด C จำนวน = 0.0195109 kg/sec

ปริมาณความร้อนที่จำเป็นในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมัน หาได้จากสมการดังนี้

$$Q = mC\ \Delta T$$

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมัน

C = ความร้อนจำเพาะของน้ำมัน

ΔT = อุณหภูมิที่แตกต่าง

ในที่นี้ C = 1.908 kj/kg ^{o}C

ΔT = 90 - 30 = 60 ^{o}C

m = 0.0195109 kg/sec

∴ แทนค่า Q = 0.0195109 x 1.908 x 60 kg/sec

∴ ต้องใช้ความร้อนอุ่นน้ำมัน = 2.234 kj/sec (KW)

ดังนั้น โรงงานจำเป็นต้องซื้อ HEATER ขนาด 0.9 KW อีก ๑ ตัว เพื่อใช้อุ่นน้ำมันเตาเกรด C

๒. <u>ปริมาณน้ำมันที่ต้องใช้เพิ่ม</u>

น้ำมันเตาเกรด A จากตารางที่ ๔.๗ จะได้ว่า

น้ำมัน ๑ ลิตร	=	0.985	kg
ถ้าน้ำมัน ๔๓๘,๐๐๐ ลิตร/ปี	=	438,000x0.985	kg/Y
	=	431,430	kg/Y
และน้ำมัน 1 kg ให้ปริมาตรความร้อน	=	10,000	Kcal
431430 kg/Y	=	10,000x431,430	Kcal/Y
∴ ปริมาณความร้อนที่ได้จากน้ำมันเตาเกรด A	=	$431,430 \times 10^4$	Kcal/Y

น้ำมันเตาเกรด C จากตารางที่ ๔.๗

ปริมาณความร้อน 9,900 Kcal	=	1.01	lit
" $431,430 \times 10^4$ Kcal	=	$\frac{1.01 \times 431,430 \times 10^4}{9,900}$	lit/Y
จะได้ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้	=	440,146	lit/Y
∴ ใช้น้ำมันเตาเพิ่มมากขึ้น	=	440,146-438,000	lit/Y
	=	2,146	lit/Y
คิดเป็นเงิน	=	2,146x3.342	บาท
	=	7,172	บาท

๓. <u>ค่าใช้จ่าย</u>

เมื่อเปลี่ยนเกรดน้ำมันเตาแล้ว โรงงานจำเป็นต้องติดตั้ง HEATER ขนาด 0.9 KW เพิ่มขึ้นอีก ๑ ตัว ซึ่งมีราคาประมาณ ๕,๐๐๐ บาท *และต้องเสียค่าไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นอีก รายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

---

* ข้อมูลจากบริษัท แสงชัยฮีทเตอร์ จำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำมันเตาเกรด A จากตารางที่ ๔.๗ จะได้ว่า

น้ำมันเตา ๑ lit	=	0.985	kg
ถ้าน้ำมันเตา ๔๓๘,๐๐๐ lit/Y	=	438,000x0.985	kg
	=	431,430	kg/Y
จาก Q	=	$mC\Delta T$	
เมื่อ m	=	431,430	kg/Y
C	=	1.918	kj/kg^{o}C
T	=	70-30 - 40^{o}C	
แทนค่า Q	=	431,430x1.918x40	kj/Y
	=	33,099.309	kj/Y
ปริมาณความร้อนที่ใช้อุ่นน้ำมันเตาเกรด A	=	33,099.309	Mj/Y
จาก 3.6 Mj	=	1	KWh/Y
ถ้า 33,099.309 Mj/Y	=	33,099.309/36	KWh/Y
∴ จำนวนไฟฟ้าที่ใช้อุ่นน้ำมันเตาเกรด	=	9,194.25	KWh/Y

น้ำมันเตาเกรด C จากตารางที่ ๔.๗ จะได้ว่า

น้ำมันเตา 1 lit	=	0.990	kg
ถ้าน้ำมันเตา 440,146 lit/Y	=	440,146x0.99	kg
	=	435,745	kg/Y
จาก Q = $mC\Delta T$			
เมื่อ m	=	435,745	kg/Y
C	=	1.908	kj/kg^{o}C
T	=	90-30 = 60^{o}C	
แทนค่า Q	=	435,745x1.908x60	kj/Y
	=	49,884,087	kj/Y
∴ ปริมาณความร้อนที่ใช้อุ่นน้ำมันเตาเกรดC	=	49,884	Mj/Y

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จาก 3.6 Mj = 1 Kwh.

ถ้า 49,884 Mj/Y = 449,884/3.6 Kwh/Y

∴ จำนวนไฟฟ้าที่ใช้อุ่นน้ำมันเตาเกรด C = 13,856.66 Kwh/Y

ดังนั้น ต้องเสียค่าไฟฟ้าเพิ่ม = 138,856.66-9,194.25 Kwh/Y

= 4,663 Kwh/Y

ค่าใช้จ่ายเมื่อใช้น้ำมันเตาเกรด A = (438,000x3.732)+(9,194x1.8*) บาท/ปี

= 1,651,166 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายเมื่อใช้น้ำมันเตาเกรด C = (440,146x3.342)+(13,856.66x1.8) บาท/ปี

= 1,495,910 บาท/ปี

∴ โรงงานสามารถประหยัดเงินได้ = 155,256 บาท/ปี

ตารางที่ ๔.๙

สรุปเปรียบเทียบการใช้น้ำมันเตา

รายการ	น้ำมันเตา	
	Redwood I 600 sec	Redwood I 1500 sec
อุณหภูมิการอุ่นน้ำมัน (^{o}C)	70	90
ขนาด (KW)	1.8	2.7
ปริมาณน้ำมันเตา (ลิตร/ปี)	438,000	440,146
จำนวนไฟฟ้าที่ใช้อุ่นน้ำมันเตา (Kwh/ปี)	9,194	13,856
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/ปี)	1,651,166	1,495,910

ที่มา : จากการคำนวณของผู้วิจัย

* เนื่องจากตัวประกอบโหลดของโรงงานมีค่าเท่ากับ 35.94 %

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๑๐

สรุปผลการประหยัดพลังงานด้วยการเปลี่ยนเกรดน้ำมัน

รายการ	เงินลงทุน	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)
การเปลี่ยนเกรดน้ำมันเตา	5,000	155,256

<u>การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ทางความร้อน</u>

จากการสำรวจและการตรวจวัดอุปกรณ์ทางความร้อน ปรากฏว่ามีการสูญเสียความร้อนดังนี้

(ก) <u>ท่อส่งไอน้ำ</u> (PIPE)

ท่อส่งไอน้ำภายในโรงงาน ๒ ที่เป็นท่อ main จะมีบริเวณที่ไม่ได้หุ้มฉนวนดังนี้

ความยาวท่อเปลือย = ๑๖.๔ ฟุต

ขนาดท่อส่งไอน้ำ = ๓ นิ้ว

อุณหภูมิผิวท่อ = ๑๒๐ ^{o}C

จากตารางที่ ๔.๑๑ จะได้ว่าที่อุณหภูมิ ๑๒๐^{o}C ขนาดท่อ ๓ นิ้ว จะมีการสูญเสียความร้อนจากท่อเปลือย = 324 BTU/hr/ft

ปริมาณการสูญเสียความร้อนของท่อเปลือยยาว ๑๖.๔ ฟุต

= 324x16.4 = 5,313.6 BTU/hr

= 1,338.87 Kcal/hr

ปริมาณความร้อน 10,000 Kcal = 1 kg

ปริมาณความร้อน 1,338.87 Kcal/hr = $\frac{1,338.87}{10,000}$ kg/hr

= $1,338.87 \times 10^{-4}$ kg/hr

น้ำมันเตา 0.985 kg = 1 lit

น้ำมันเตา $1,338.87 \times 10^{-4}$ kg/hr = $1,388.87 \times 10^{-4}$ /0.985 lit/hr

= 626.35 lit/Y

(ข) <u>ลิ้น</u> (VALVE)

ลิ้นที่ใช้ภายในโรงงานที่ไม่หุ้มฉนวนมีดังนี้

- ลิ้นสำหรับท่อขนาด ๑ นิ้ว จำนวน ๑๐ ตัว
- ลิ้นสำหรับท่อขนาด ๒ นิ้ว จำนวน ๕ ตัว
- ลิ้นสำหรับท่อขนาด ๓ นิ้ว จำนวน ๔ ตัว
- ลิ้นสำหรับท่อขนาด ๕ นิ้ว จำนวน ๓ ตัว
- ลิ้นสำหรับท่อขนาด ๖ นิ้ว จำนวน ๒ ตัว

อุณหภูมิที่ผิวลิ้น ๑๐๐°C และขนาดของลิ้นสามารถเทียบเป็นความยาวท่อได้ ๑.๒ เมตร/ตัวหรือ ๓.๙๔ ฟุต/ตัว ดังนั้น ปริมาณความร้อนสูญเสียของลิ้นสามารถเทียบเป็นปริมาณความร้อนสูญเสียจากท่อเปลือยได้ดังนี้

ลิ้นสำหรับท่อขนาด (นิ้ว)	จำนวนลิ้น (ตัว)	เทียบเป็นความยาวท่อ (ฟุต)	ปริมาณความร้อนที่สูญเสีย (Kcal/hr) จากท่อเปลือย	ปริมาณน้ำมันที่สูญเสีย (lit/Year)
๑	๑๐	๓๙.๓๗	๑,๓๗๒.๙๙	๖๙๒.๒๙
๒	๕	๑๙.๖๙	๑,๑๓๙.๐๗	๕๓๒.๘๘
๓	๔	๑๕.๗๕	๑,๒๘๖.๙๘	๖๐๑.๘๙
๕	๓	๑๑.๘๑	๑,๙๙๖.๙๙	๖๗๖.๖๗
๖	๒	๗.๘๘	๑,๑๒๑.๙๙	๕๒๔.๖๕
			รวมทั้งหมด	๒,๙๗๘.๓๓

ที่มา : จากการคำนวณของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๑๑

ตารางการถ่ายเทความร้อน

MicroCover (MICROFIBER PIPE COVER INSULATION)
HEAT TRANSMISSION TABLES (STILL AIR)*

Pipe Surface Temp.	PIPE DIA.	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2'	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"
180°F 82°C	BARE	67	87	97	120	134	164	196	231	291	352	415	514	652	770	880
	THICK	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1½"	1½"	1½"	1½"
	LOSS	11	13	15	17	18	21	26	29	35	42	48	44	53	62	68
	EFF. %	83.6	85.0	84.5	85.8	86.5	87.1	86.7	87.4	87.9	88.0	88.4	91.4	91.8	91.9	92.3
200°F 93°C	BARE	80	98	120"	146	163	199	245	281	351	421	489	556	754	884	980
	THICK	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1½"	1½"	1½"	1½"
	LOSS	13	15	18	20	22	26	31	35	43	50	58	53	64	74	82
	EFF. %	83.7	84.6	85.0	86.3	86.5	86.9	87.3	87.5	87.7	88.1	88.1	90.5	91.5	91.6	91.6
300°F 147°C	BARE	173	212	262	319	356	435	535	614	770	923	1074	1224	1663	1950	2164
	THICK	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1½"	1½"	1½"	1½"
	LOSS	27	30	35	41	44	52	61	69	85	100	115	106	127	148	163
	EFF. %	84.4	85.8	86.6	87.1	87.6	88.4	88.5	88.7	89.0	89.1	89.2	91.3	92.4	92.4	92.5
400°F 204°C	BARE	295	363	447	548	612	749	924	1062	1335	1603	1868	2129	2902	3409	3786
	THICK	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"
	LOSS	43	49	56	65	71	83	99	84	101	119	136	170	204	238	263
	EFF. %	85.4	86.5	87.4	88.1	88.4	88.9	89.3	92.0	92.4	92.6	92.7	92.0	93.0	93.0	93.0
500°F 260°C	BARE	452	557	688	844	944	1158	1431	1648	2076	2498	2915	3328	4549	5350	5949
	THICK	1"	1"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	2"	2"	2"	2"	2"	2"
	LOSS	62	71	66	75	81	94	110	123	149	140	160	198	236	274	303
	EFF. %	86.3	87.2	90.4	91.1	91.4	91.8	92.3	92.5	92.8	94.3	94.5	94.0	94.8	94.8	94.9

BARE = BARE SURFACE HEAT LOSS BTU/hr. per Lin. Ft.
THICK = INSULATION THICKNESS
LOSS = HEAT LOSS BTU/hr. per Lin. Ft.
EFF. = EFFICIENCY OF INSULATION.
*Above figures are based on minimum wall thicknes recommendation. For better insulation value or stir air working, thicker wall product is suggested.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มา : บริษัท ไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม จำกัด

ตัวอย่างการคำนวณ

จากตารางที่ ๔.๑๑ จะได้ว่าที่อุณหภูมิ ๑๐๐° ขนาดท่อ ๑ นิ้ว จะมีการสูญเสียความร้อนจาก

ท่อเปลือย = 138.4 BTU/hr/ft

∴ ปริมาณความร้อนสูญเสียจากท่อเปลือยยาว ๓๙.๓๗ = 5,448.8 BUT/hr

= 1,372.94 Kcal/hr

ปริมาณความร้อน 10,000 Kcal ต้องใช้น้ำมันเตา = 1 kg

ปริมาณความร้อน 1,372.94 Kcal/hr " = $1,372.94 \times 10^{-4}$ kg/hr

น้ำมันเตา 0.985 kg = 1 lit

น้ำมันเตา $1,372.94 \times 10^{-4}$ kg = $1,372.94 \times 10^{-4} / 0.985$ lit/hr

= 642.29 lit/Y

ดังนั้น ปริมาณน้ำมันที่สูญเสียจากการไม่หุ้มฉนวนทั้งสิ้น

= 626.35 + 2,978.33 lit/Y

= 3,604.68 lit/Y

วิธีการลดปริมาณการสูญเสียความร้อนของท่อเปลือยและลิ้นที่ไม่หุ้มฉนวน โดยการหุ้มฉนวนใยแก้ว ฉนวนใยแก้วเป็นวัสดุฉนวนที่นิยมใช้กันมากที่สุด สภาพการนำความร้อนต่ำ และความสามารถในการรักษาอุณหภูมิดี

จากตารางที่ ๔.๑๑ ปรากฏว่าความหนาต่ำสุดที่ใช้หุ้มท่อเปลือย ขนาด ๑, ๒, ๓, ๕ และ ๖ นิ้ว คือ ๑ นิ้ว ซึ่งเมื่อหุ้มฉนวนแล้ว ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจะลดลงเหลือดังนี้

ที่อุณหภูมิ ๑๒๐° ขนาดท่อ ๓ นิ้ว ปริมาณความร้อนสูญเสีย = 852.80 BTU/hr

∴ ปริมาณความร้อนที่สูญเสีย = 214.88 Kcal/hr

ปริมาณน้ำมันที่สูญเสีย = 100.53 lit/Year

ในทำนองเดียวกัน จะได้ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากการหุ้มฉนวนของลิ้นดังตารางที่ ๔.๑๒

ตารางที่ ๔.๑๒

ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากการหุ้มฉนวน

ลิ้นสำหรับท่อขนาด (นิ้ว)	จำนวนลิ้น	เทียบเป็นความยาวท่อ (ฟุต)	ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากการหุ้นฉนวน (Kcal/hr)	ปริมาณน้ำมันที่สูญเสีย (lit/Year)
๑	๑๐	๓๙.๓๗	๒๐๐.๔๒	๙๓.๗๖
๒	๕	๑๙.๖๙	๑๔๕.๗๒	๖๘.๑๗
๓	๔	๑๕.๗๕	๑๕๖.๓๙	๗๓.๑๖
๕	๓	๑๑.๘๑	๑๖๘.๐๘	๗๘.๖๓
๖	๒	๗.๘๘	๑๒๙.๙๓	๖๐.๗๘
			รวมทั้งหมด	๓๗๔.๕๐

ปริมาณน้ำมันที่สูญเสียจากการหุ้มฉนวนทั้งลิ้น = ๑๐๐.๕๓ + ๓๗๔.๕๐ lit/Year

= ๔๗๕.๐๓ lit/Year

∴ ปริมาณน้ำมันที่สามารถประหยัดได้ = ๓,๖๐๔.๖๘-๔๗๕.๐๓ lit/Year

= ๓,๑๒๙.๖๕ lit/Year

คิดเป็นเงิน = ๓,๑๒๙.๖๕ X ๓.๗๓๒ บาท/ปี

= ๑๑,๖๘๐ บาท/ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๑๓

ราคาฉนวน

บริษัท ไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม จำกัด
MICROFIBER INDUSTRIES LIMITED

ชั้น 3 อาคารไทยสมุทร (ด้านหลัง) เลขที่ 75 ซอยวัฒนา ถนนสุขุมวิท 19 กรุงเทพ 11 โทรเลข "ไมโครไฟเบอ" โทร. 3921013-4, 3922838-9, 3925215

ใบแจ้งราคา
List Price

ผลิตภัณฑ์ ฉนวนใยแก้วหุ้มท่อ "ไมโครโคเวอร์"
Product Line : ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยล์
"Microcover" Fiberglass Pipe Insulation, with Al - Foil, Available in 1 metre preformed section.

ราคาต่อ 1 เมตร Price per section

ขนาดท่อเหล็ก I.P.S.(Inches)	Ø ภายนอก O.D.(mm.)	ความหนา WALL THICKNESS			
		1" (25 mm)	1½" (38 mm)	2" (50 mm)	2½" (63 mm)
1/2	21.7	Bht. 76.-	Bht. –	Bht. –	Bht. –
3/4	27.2	81.-	132.-	–	–
1	34.0	92.-	138.-	–	–
$1\frac{1}{4}$	42.7	97.-	148.-	–	–
$1\frac{1}{2}$	48.6	108.-	159.-	211.-	–
2	60.5	118.-	169.-	231.-	–
$2\frac{1}{2}$	76.3	129.-	191.-	261.-	–
3	89.1	139.-	211.-	302.-	352.-*
$3\frac{1}{2}$	101.6	161.-*	241.-*	332.-*	404.-*
4	114.3	171.-	252.-	354.-	456.-*
5	139.8	232.-	294.-	416.-	577.-*
6	168.3	264.-	356.-	488.-	639.-*
8	219.1	–	459.-	671.-	792.-*
10	273.0	–	552.-	773.-	924.-*
12	323.8	–	654.-	874.-	1,046.-*
14	355.6	–	776.-	977.-	1,178.-*

REMARKS : 1. PRICE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.
2. *SPECIAL SPECIFICATIONS ARE AVAILABLE ON REQUEST.

3rd Floor, Ocean Insurance Rear Bldg., No.75 Soi Wattana, Sukhumvit 19, Bangkok 11, Thailand Cable "MICROFIBER" Tel 3921013-4 3922838-9, 3925215
Telex : 84226 MICROF TH

การลงทุนการหุ้มฉนวน

จากตารางที่ ๔.๑๑ ปรากฏว่าความหนาต่ำสุดที่ใช้หุ้มเป็นฉนวนคือ ๑ นิ้ว ซึ่งมีราคาตามตารางที่ ๔.๑๓

ขนาดท่อ ๑ นิ้ว ความหนา ๑ นิ้ว ราคา = ๙๒ บาท/เมตร

ขนาดท่อ ๒ นิ้ว ความหนา ๑ นิ้ว ราคา = ๑๑๘ บาท/เมตร

ขนาดท่อ ๓ นิ้ว ความหนา ๑ นิ้ว ราคา = ๑๓๙ บาท/เมตร

ขนาดท่อ ๕ นิ้ว ความหนา ๑ นิ้ว ราคา = ๒๓๒ บาท/เมตร

ขนาดท่อ ๖ นิ้ว ความหนา ๑ นิ้ว ราคา = ๒๖๔ บาท/เมตร

ดังนั้น เมื่อโรงงานดำเนินการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำและลิ้นแล้ว จะต้องเสียค่าใช้จ่ายดังนี้

ขนาดท่อ ๑ นิ้ว ความยาวทั้งหมด ๑๒ เมตร เงินลงทุน = ๑,๑๐๔ บาท

ขนาดท่อ ๒ นิ้ว ความยาวทั้งหมด ๖ เมตร เงินลงทุน = ๗๐๘ บาท

ขนาดท่อ ๓ นิ้ว ความยาวทั้งหมด ๙.๘ เมตร เงินลงทุน = ๑,๓๖๒ บาท

ขนาดท่อ ๕ นิ้ว ความยาวทั้งหมด ๓.๖ เมตร เงินลงทุน = ๘๓๕ บาท

ขนาดท่อ ๖ นิ้ว ความยาวทั้งหมด ๒.๔ เมตร เงินลงทุน = ๖๓๔ บาท

จำนวนเงินลงทุนทั้งหมด = ๔,๖๔๓ บาท

ตารางที่ ๔.๑๔

สรุปผลการประหยัดพลังงานด้วยวิธีหุ้มฉนวน

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)
ท่อส่งไอน้ำและลิ้น	๔,๖๔๓	๑๑,๖๘๐

ที่มา : จากการคำนวณของผู้วิจัย

การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้

จากการศึกษาและสำรวจโรงงานปรากฏว่า โรงงานนำคอนเดนเสทที่ได้จากโรงงานผลิตที่ ๒ กลับมาใช้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำแบบระบบเปิด ทำให้เกิดการสูญเสียของแฟลชสตีม ดังนั้น โรงงานควรนำคอนเดนเสทที่ได้จากโรงงานดังกล่าวกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำแบบระบบปิด เพื่อประหยัดค่าพลังงานเชื้อเพลิง โดยโรงงานจำเป็นต้องติดตั้ง CONDENSATE RECOVERY PUMP * รายละเอียดการคำนวณดังนี้

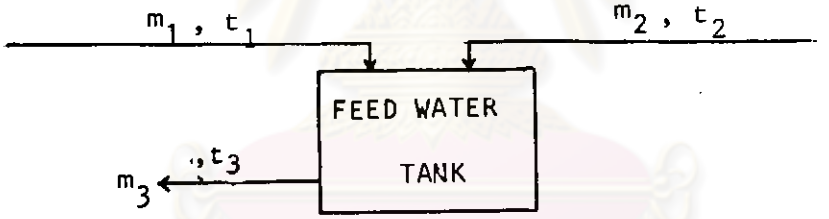
DATA ปริมาณน้ำป้อน (m_3) = 1,200 kg/hr

อุณหภูมิ make-up water (t_1) = 30 ^{o}C

อุณหภูมิคอนเดนเสท (t_2) = 80 ^{o}C

อุณหภูมิน้ำป้อน = 68 ^{o}C

PRESSURE ต่ำสุดที่ STEAM TRAP = 5 kg/cm^2



เมื่อ m_1 คือ ปริมาณ MAKE-UP WATER

m_2 คือ ปริมาณคอนเดนเสท

m_3 คือ ปริมาณคอนเดนเสททั้งหมด

สมดุลย์ปริมาณน้ำ

$$m_3 = m_1 + m_2$$

หรือ $$m_1 = m_3 - m_2$$

---

* ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข

สมดุลย์ความร้อน

$m_3 C_p t_3 = m_1 C_p t_1 + m_2 C_p t_2$

แทนค่า $68\ m_3 = 30\ (m_3-m_2) + 80\ m_2$

$(68-30)\ m_3 = (80-30)\ m_2$

$m_2 = \frac{38}{50}\ m_3 = \frac{38 \times 1,200}{50} = 912$ kg/hr

ปริมาณคอนเดนเสทที่นำกลับเติม = 912 kg/hr

อุณหภูมิคอนเดนเสทเติม = 80 ^oC

ENTHALPY ของคอนเดนเสทเติม = 334.96 kj/kg

เมื่อนำคอนเดนเสทกลับแบบปิด อุณหภูมิคอนเดนเสทกลับที่ความดัน 5 kg/cm^2

จะมีค่า = 151.11^oC (ค่าจากตารางในภาคผนวก ค)

ENTHALPY ของคอนเดนเสทที่ 151.11^oC = 632.69 kj/kg

ดังนั้น ปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นเนื่องจากการนำคอนเดนเสทกลับแบบปิด จะให้ความร้อนของคอนเดนเสทเพิ่มขึ้น

= 912 (632.69-334.96) kj/hr

= 271,529.76 kj/hr

= 64,850.67 Kcal/hr

∴ เทียบความร้อนของคอนเดนเสทเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้

$= \frac{64,850.67 \times 0.985 \times 4,608}{10,000 \times 0.8\ 728} = 33,724.73$ lit/Y

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 33,724.73 x 3.732 บาท/ปี

= 125,861 บาท/ปี

การลงทุน

- ค่า CONDENSATE RECOVERY PUMP	=	๓๑๕,๗๒๐	บาท
- ค่าท่อคอนเดนเสท	=	๒,๗๐๐	บาท
- ค่าฉนวนหุ้มท่อคอนเดนเสท	=	๖,๔๒๐	บาท
รวมเงินลงทุน	=	๓๒๔,๘๔๐	บาท

(ค่าที่ได้ข้างต้นรวมค่าติดตั้งแล้ว) รายละเอียดการคำนวณดังนี้

ค่า CONDENSATE RECOVERY PUMP และค่าติดตั้ง	=	$ ๑๐,๐๐๐
ค่าภาษี ๒๐ %	=	$ ๒,๐๐๐
รวมทั้งหมด	=	$ ๑๒,๐๐๐*
คิดเป็นเงินไทย	=	$ ๑๒,๐๐ x ๒๖.๓๑**
	=	๓๑๕,๗๒๐ บาท

ตารางที่ ๔.๑๕

ปริมาณคอนเดนเสทที่ทำให้เกิดแรงต้านในท่อขนาดต่าง ๆ กัน

(Starting load i.e. Running load x2)

Approximate Frictional Resistance in mbar per m of Travel – Heavy Steel Tube

	0·3 (30 Pa)	0·5 (50 Pa)	0·6 (60 Pa)	0·8 (80 Pa)	1·0 (100 Pa)	1·4 (140 Pa)
15 mm	95	130	140	160	180	220
20 mm	220	290	320	370	420	500
25 mm	410	540	600	690	790	940
32 mm	890	1180	1300	1500	1700	2040
40 mm	1360	1790	2000	2290	2690	3100
50 mm	2630	3450	3810	4390	4990	6000
65 mm	5360	6950	7730	8900	10150	12100
80 mm	8320	10900	12000	13800	15650	18700
100 mm	17000	22200	24500	28200	31900	38000

ที่มา : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, "การทำคอนเดนเสทและแฟลชสตีมกลับมาใช้ประโยชน์" , หน้า ๙

จากตารางที่ ๔.๑๕ จะได้ว่าขนาดท่อคอนเดนเสทเท่ากับ ๔๐*** มม.

---

* ข้อมูลบริษัท เจตาแบค จำกัด

** อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราเมื่อ ๑๙ พ.ค. ๒๕๒๙

*** เนื่องจาก STARTING LOAD = 1,800 kg/hr.

ราคาท่อคอนเดนเสท ๔๐ มม. = ๖๐* บาท/เมตร

ท่อคอนเดนเสทที่ใช้ยาวประมาณ = ๔๕ เมตร

∴ ค่าท่อคอนเดนเสทคิดเป็นเงิน = ๒,๗๐๐ บาท

จากตารางที่ ๔.๑๑ จะได้ว่าความหนาฉนวนที่ใช้หุ้มท่อคอนเดนเสทที่อุณหภูมิผิวท่อ ๑๔๑.๑๑ ^{o}C คือ ๑ นิ้ว และจากตารางที่ ๔.๑๓ จะได้ว่าค่าฉนวนหุ้มท่อคอนเดนเสทคือ ๑๐๘ บาท/เมตร

∴ คิดเป็นเงิน ๑๐๘ x ๔๕ = ๔,๘๐๐ บาท

พื้นที่ผิวแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้หุ้มฉนวนอีกชั้น = $\pi d^{**} x\ l$

$$= \frac{๒๒}{๗} \times ๐.๐๔๐๘ \times ๔๕ \text{ ตร.เมตร}$$

= ๑๓ ตร.เมตร

คิดเป็นเงิน = ๑๓ x ๑๒๐*** บาท

= ๑,๕๖๐ บาท

∴ รวมค่าหุ้มฉนวนทั้งหมด = ๖,๔๒๐ บาท

ค่าไฟฟ้าประมาณ = ๒,๐๐๐**** บาท/เดือน

= ๒๔,๐๐๐ บาท/ปี

ค่าซ่อมบำรุงรักษาประมาณ = ๑,๐๐๐**** บาท/เดือน

= ๑๒,๐๐๐ บาท/ปี

∴ ค่าไฟฟ้าและค่าซ่อมบำรุงรักษา = ๓๖,๐๐๐ บาท/ปี

---

* ข้อมูลบริษัท สีลาวิศวโลหะการ จำกัด

** เส้นผ่าศูนย์กลางท่อบวกกับความหนาฉนวน

*** ข้อมูลบริษัท ไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม จำกัด

**** ข้อมูลบริษัท เจตาแบค จำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์หาผลตอบแทนการลงทุน

๑. มูลค่าปัจจุบัน (NET PRESENT VALUE)

๒. อัตราผลตอบแทนการลงทุน (INTERNAL RATE OF RETURN OR IRR)

เนื่องจากอายุการใช้งานของอุปกรณ์เท่ากับ ๑๐ ปี (n = 10) และมูลค่าซากเท่ากับ ๐ ดังนั้นจะได้ NET CASH FLOW ดังนี้

ปีที่	๐	๑	๒	๓	๔	๕	๖	๗	๘	๙	๑๐
OUTFLOW	-๓๒๔,๘๔๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐	-๓๖,๐๐๐
INFLOW	-	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑	๑๒๕,๘๖๑
NET CASH FLOW	-๓๒๔,๘๔๐	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑

ตารางที่ ๔.๑๖

แสดงการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ปีที่	๐	๑	๒	๓	๔	๕	๖	๗	๘	๙	๑๐
กระแสเงินสดรับหรือจ่ายสุทธิ	-๓๒๔,๘๔๐	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑	๘๙,๘๖๑
อัตราส่วนลด ๑๕	-	๐.๘๖๙๖	๐.๗๕๑๑	๐.๖๕๗๕	๐.๕๗๑๘	๐.๕๙๗๒	๐.๔๓๒๓	๐.๓๗๕๔	๐.๓๒๖๔	๐.๒๘๔๓	๐.๒๔๗๒
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	-๓๒๔,๘๔๐	+๗๘,๑๔๔	+๖๗,๔๔๔	+๕๔,๐๘๔	+๔๑,๓๘๓	+๔๔,๖๗๔	+๓๘,๘๔๗	+๓๗,๓๗๔	+๒๔,๓๗๖	+๒๕,๔๔๘	+๒๒,๒๑๔

∴ มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ ๑๓๐,๑๔๘ บาท

ที่มา : จากการคำนวณของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๑๗

แสดงการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน

ปีที่	กระแสเงินสดรับหรือจ่ายสุทธิ (บาท)	อัตราส่วนลด ๒๐ %	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราส่วนลด ๓๐ %	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
๐	-๓๒๔,๘๔๐	-	-๓๒๔,๘๔๐	-	-๓๒๔,๘๔๐
๑	+๘๔,๘๖๑	๐.๘๓๓๓	+๗๔,๘๘๑	๐.๗๖๙๒	+๖๙,๑๒๑
๒	+๘๔,๘๖๑	๐.๖๙๔๔	+๖๒,๔๐๐	๐.๕๙๑๗	+๕๓,๑๗๑
๓	+๘๔,๘๖๑	๐.๕๗๘๗	+๕๒,๐๐๓	๐.๔๕๕๒	+๔๐,๙๐๕
๔	+๘๔,๘๖๑	๐.๔๘๒๓	+๔๓,๓๔๐	๐.๓๕๐๑	+๓๑,๕๖๑
๕	+๘๔,๘๖๑	๐.๔๐๑๙	+๓๖,๑๑๕	๐.๒๖๙๓	+๒๔,๒๐๐
๖	+๘๔,๘๖๑	๐.๓๓๔๙	+๓๐,๓๙๕	๐.๒๐๗๒	+๑๘,๖๑๙
๗	+๘๔,๘๖๑	๐.๒๗๙๑	+๒๕,๐๘๑	๐.๑๕๙๕	+๑๔,๓๒๔
๘	+๘๔,๘๖๑	๐.๒๓๒๖	+๒๐,๙๐๒	๐.๑๒๒๖	+๑๑,๐๑๗
๙	+๘๔,๘๖๑	๐.๑๙๓๘	+๑๗,๔๑๕	๐.๐๙๕๓	+๘,๔๗๔
๑๐	+๘๔,๘๖๑	๐.๑๖๑๕	+๑๔,๕๑๓	๐.๐๗๒๕	+๖,๕๑๕
			+๕๒,๒๐๕		-๔๗,๐๓๓

ที่มา : จากการคำนวณของผู้วิจัย

มูลค่าปัจจุบันสุทธิเมื่อใช้อัตราส่วนลด ๒๐ % = +๕๒,๒๐๕ บาท

มูลค่าปัจจุบันสุทธิเมื่อใช้อัตราส่วนลด ๓๐ % = -๔๗,๐๓๓ บาท

∴ ความแตกต่างของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ = [๕๒,๒๐๕-(-๔๗,๐๓๓)] บาท

= ๙๙,๒๓๘ บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

∴ อัตราผลตอบแทนการลงทุน $= ๒๐ + \frac{๕๒,๒๐๕ \times ๑๐๐}{๔๔,๒๓๘(๓๐-๒๐)}$

$= ๒๕.๒๖ \%$

<u>การตัดสินใจ</u> เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่า ๐ และอัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าเท่ากับ ๒๕.๒๖ % ซึ่งสูงกว่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุด (๑๕ %) ดังนั้น โครงการการนำคอนเดนเสทกลับแบบปิด ควรได้รับการพิจารณาดำเนินการต่อไป

ตารางที่ ๔.๑๘

สรุปผลการประหยัดพลังงานทางด้านพลังงานความร้อน

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	พลังงานที่ประหยัดได้ * (%)
๑. การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	๔๐,๐๐๐	๕๔,๒๐๕	๓.๖๓
๒. การเปลี่ยนเกรดน้ำมันเตา	๕,๐๐๐	๑๕๕,๒๕๖	๙.๕๐
๓. การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ทางความร้อน	๔,๖๔๓	๑๑,๖๘๐	๐.๗๒
	๔,๖๔๓	๑๑,๖๘๐	๐.๗๒
๔. การปรับปรุงการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้	๓๒๔,๘๔๐	๑๒๔,๘๖๑	๗.๗๐

ที่มา : จากการคำนวณของผู้วิจัย

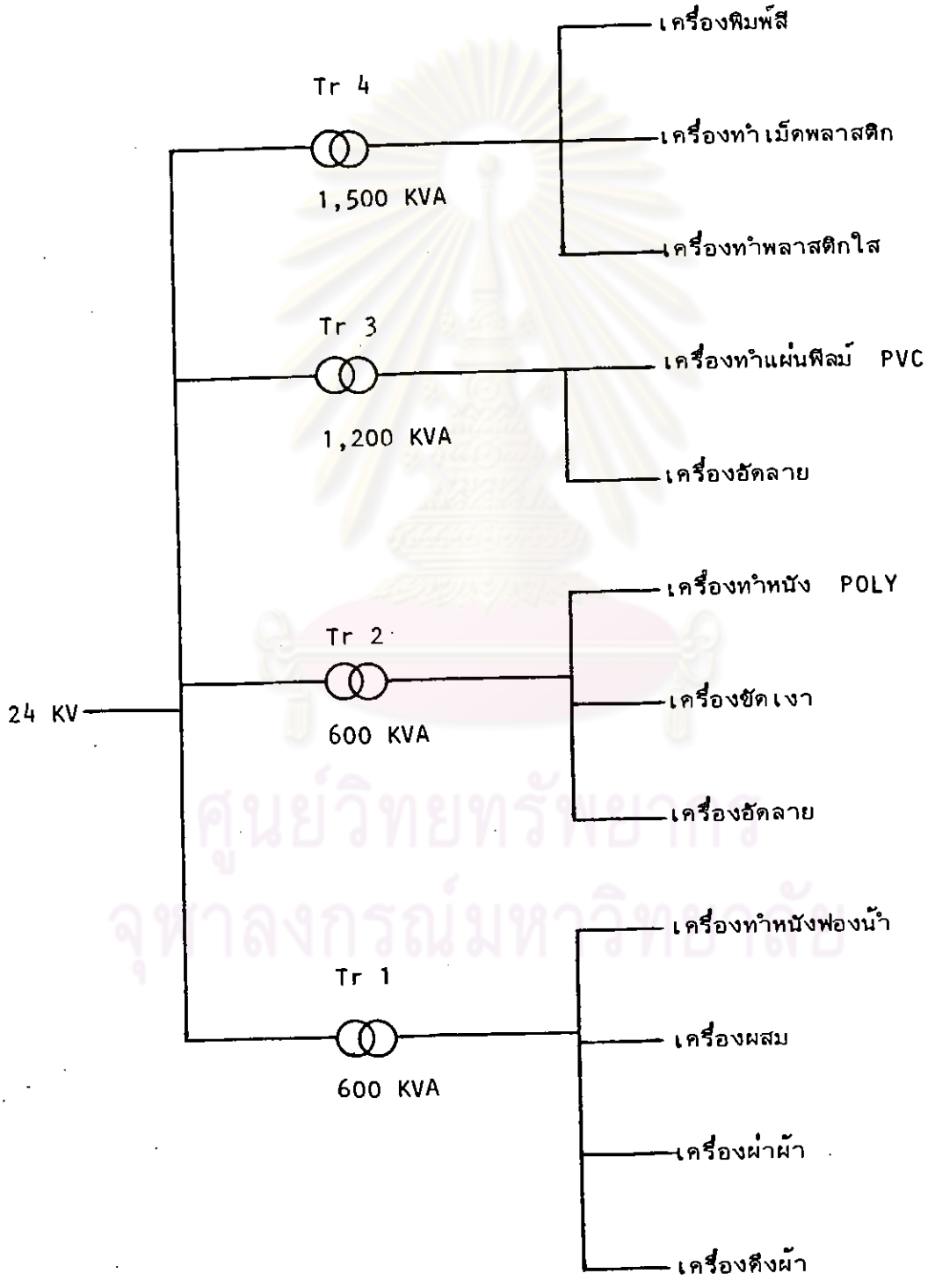
<u>การปรับปรุงระบบการจ่ายและการใช้พลังงานไฟฟ้า</u>

โรงงานได้ซื้อไฟฟ้าแรงดัน ๒๔ KV จากการไฟฟ้านครหลวง และลดแรงดันเป็น ๓๘๐ V เพื่อจ่ายไฟฟ้าในโรงงานทั้งหมดด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า จำนวน ๔ ชุด ซึ่งมีขนาด ๖๐๐ KVA จำนวน ๒ ชุด และขนาด ๑,๒๐๐ และ ๑,๕๐๐ KVA จำนวนขนาดละ ๑ ชุด รายละเอียดดังรูปที่ ๔.๑๑

* เทียบกับค่าพลังงานทั้งหมดคือ ๑,๖๓๔,๖๑๖ บาท/ปี

รูปที่ ๔.๑๑

SINGLE LINE DIAGRAME ของหม้อแปลงไฟฟ้า



ที่มา : จากการสำรวจของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๑๙

รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตของโรงงานผลิตที่ ๑

แผนก (DEPARTMENT)	เครื่องมือการผลิต (NAME OF EQUIPMENT)	กำลังไฟฟ้า (POWER) KW
ผสมสี	เครื่องผสมสี (MIXER)	๑๕.๒๐
ผ่าผ้า	ตัวขับเคลื่อน (DRIVER)	๗.๕๐
	พัดลม (BLOWER)	๒.๒๕
	เครื่องผ่าผ้า	๐.๗๕
	ตัวนำขดลวด (HEATER)	๑๒.๐๐
ดึงผ้า	ตัวขับเคลื่อน (DRIVER)	๘.๙๐
	พัดลม (BLOWER)	๐.๗๕
	ตัวนำขดลวด (HEATER)	๒๔.๐๐
อัดลาย	ตัวขับเคลื่อน (DRIVER)	๗.๕๐
	พัดลม (BLOWER)	๐.๗๕
	ตัวนำขดลวด (HEATER)	๑๒.๐๐
ขัดเงา	ตัวขับเคลื่อน (DRIVER)	๕.๑๒
	พัดลม (BLOWER)	๐.๗๕
	ตัวนำขอลวด (HEATER)	๑๘.๐๐
หนัง POLY	ตัวขับเคลื่อน (DRIVER)	๑๑.๐๐
	พัดลม (BLOWER)	๑๖.๕๐
	เครื่องดึงหนัง	๑๐.๔๐
	ตัวนำขดลวด	๑๙๒.๐๐

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๑๔ (ต่อ)

รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตของโรงงานผลิตที่ ๑

แผนก (DEPARTMENT)	เครื่องมือการผลิต (NAME OF EQUIPMENT)	กำลังไฟฟ้า (POWER) KW
หนังฟองน้ำ	ตัวขับเคลื่อน (DRIVER)	๑๑.๐๐
	พัดลม (BLOWER)	๓.๗๔
	เครื่องปั๊มน้ำมัน (OIL PUMP)	๑.๑๒
	เครื่องดึงกระดาษ	๑๐.๔๐
	ตู้อบแห้ง (DRYER)	๓๔๔.๐๐
	รวมทั้งหมด	๗๒๔.๖๓

ที่มา : จากการสำรวจของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๒๐

รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตของโรงงานผลิตที่ ๒

แผนก (DEPARTMENT)	เครื่องมือการผลิต (NAME OF EQUIPMENT)	กำลังไฟฟ้า (POWER) KW
แผ่นฟิลม์ PVC	INTENSIVE MIXER	114.25
	SHEET MIXING	76.50
	MIXING ROLL	75.95
	STRANER	78.75
	CALENDER	190.80
อัดลาย	เครื่องอัดลาย (DRIVER)	7.50
พิมพ์สี	ตัวขับเคลื่อน (BLOWER)	27.70
	พัดลม	3.75
	ตัวนำขดลวด	30.00
	รวมทั้งหมด	605.20

ที่มา : จากการสำรวจของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๒๑

รายละเอียดการใช้พลังงานในการผลิตของโรงงานผลิตที่ ๓

แผนก (DEPARTMENT)	เครื่องมือการผลิต (NAME OF EQUIPMENT)	กำลังไฟฟ้า (POWER) KW
เม็ดพลาสติก	SHEET MIXING	75.00
	INTENSIVE MIXER	112.00
	DRIVER	243.00
	OIL PUMP	8.75
	BLOWER	9.45
	MIXING TANK	7.50
	OIL MOLD	2.30
แผ่นพลาสติกใส	INTENSIVE MIXER	112.00
	MIXER	84.00
	DRIVER	242.05
	EXTRUDER	14.20
	HEATER	113.80
	เครื่องพิเศษ	11.20
	รวมทั้งหมด	1,035.25

ที่มา : จากการสัมภาษณ์

ตารางที่ ๔.๒๒

ข้อมูลจากเครื่องตรวจวัด

MACHINE	RATED CAPA - CITY (KVA)	ACTUAL LOAD (KW)	VOLTS (V)	Ir (Amp.)	Is (Amp)	It (Amp)	COS θ
หม้อแปลงไฟฟ้า Tr1	600	300.5	415	475	382	434	0.92
หม้อแปลงไฟฟ้า Tr2	600	210.5	416	306	309	322	0.95
หม้อแปลงไฟฟ้า Tr3	1200	442.5	408	992.5	800	845	0.63
หม้อแปลงไฟฟ้า Tr4	1500	270.0	401	604	686	536	0.56
HEATER ของเครื่องผลิตหนังฟองน้ำ ชุดที่ ๑	72KW	55.84	415	74.2	74.2	74.2	1
HEATER ของเครื่องผลิตหนังฟองน้ำ ชุดที่ ๒	86KW	68.56	413	105.6	105.6	205.6	1
HEATER ของเครื่องผลิตหนังฟองน้ำ ชุดที่ ๓	189KW	145.1	411	240.5	240.5	24.5	1

ที่มา : จากการตรวจวัดของผู้วิจัย

หมายเหตุ จากการตรวจวัดอุณหภูมิที่ผิวภายนอกของตู้อบแห้งของเครื่องผลิตหนังฟองน้ำ ปรากฏว่า มีอุณหภูมิประมาณ ๕๐°C ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิปกติ ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องหุ้มฉนวนเพิ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการพิจารณาระบบการจ่ายและการใช้พลังงานไฟฟ้าตามรูปที่ ๔.๑๑ ตารางที่ ๔.๑๙ ๔.๒๐, ๔.๒๑ และ ๔.๒๒ สรุปได้ว่า

- โหลด (LOAD) ที่ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าชุดที่ ๑ และ ๒ (Tr1 & Tr2) ส่วนใหญ่เป็นตัวทำความร้อน (HEATER) ซึ่งเป็น RESISTIVE LOAD ดังนั้น จึงเป็นผลทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ Tr1 & Tr2 มีค่าเท่ากับ ๐.๙ และ ๐.๙๕ ตามลำดับ

- โหลด (LOAD) ที่ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าชุดที่ ๓ และ ๔ (Tr3 & Tr4) ส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งเป็น INDUCTIVE LOAD ดังนั้น จึงเป็นผลทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ Tr3 & Tr4 มีค่าเท่ากับ ๐.๖๓ และ ๐.๕๖ ตามลำดับ โดยค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ทั้ง ๒ ค่านี้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่การไฟฟ้ากำหนด * รายละเอียดการปรับปรุงระบบการจ่าย และการใช้พลังงานไฟฟ้าดังนี้

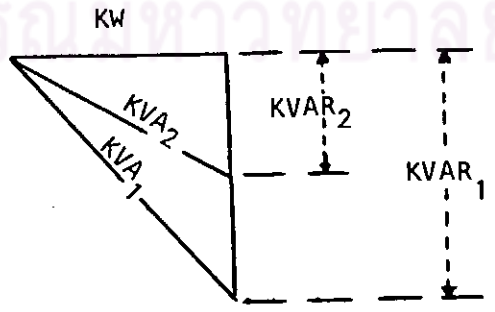
๑. <u>การแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์</u> **

วิธีการที่ใช้แก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้น คือ การใช้คาปาซิเตอร์ (CAPACITOR) ต่อเข้าไปในระบบไฟฟ้า

ดังนั้น จากข้อมูลที่ได้พบว่าหม้อแปลงไฟฟ้า Tr3 & Tr4 มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต่ำ โรงงานควรแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้นจาก ๐.๖๓ และ ๐.๕๖ เป็น ๐.๙ ด้วยการติดตั้ง CAPACITOR ขนาด 330 KVA & 270 KVAR รายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

รูปที่ ๔.๑๒

VECTOR DIAGRAM



---

* ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ง

** ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ ๒

ตารางที่ ๔.๒๓

ราคา CAPACITOR และชุด AUTOMATIC CONTROL และค่าติดตั้ง

ขนาด CAPACITOR KVAR	ชุด AUTO CONTROL (บาท)	ราคา CAPACITOR (บาท)	ราคาติดตั้ง (บาท)	รวม (บาท)
๔ X ๓๐	๔๔,๗๑๐	๓๓,๖๖๐	๖,๐๐๐	๘๔,๓๗๐
๔ X ๕๐	๕๒,๖๑๕	๔๕,๙๐๐	๗,๐๐๐	๑๐๕,๕๑๕
๕ X ๕๐	๖๖,๓๘๕	๕๗,๓๗๕	๗,๐๐๐	๑๓๐,๗๖๐
๖ X ๕๐	๗๓,๓๕๕	๖๘,๘๕๐	๘,๐๐๐	๑๕๐,๒๐๕

ตารางที่ ๔.๒๔

ราคา CAPACITOR และค่าติดตั้ง

ขนาด CAPACITOR KVAR	ราคา CAPACITOR (บาท)	ราคาติดตั้ง (บาท)	รวม (บาท)
๑๐	๒,๙๗๕	๕๐๐	๓,๓๗๕
๑๐ X ๒	๕,๙๕๐	๘๐๐	๖,๗๕๐
๑๐ X ๔	๑๑,๙๐๐	๑,๖๐๐	๑๓,๑๐๐
๑๐ X ๕	๑๔,๘๗๕	๒,๐๐๐	๑๖,๘๗๕
๑๐ X ๖	๑๗,๘๕๐	๒,๔๐๐	๒๐,๒๕๐
๑๐ X ๘	๒๓,๘๐๐	๓,๒๐๐	๒๗,๐๐๐
๓๐	๘,๔๑๕	๕๐๐	๘,๙๗๕
๕๐	๑๑,๔๗๕	๕๐๐	๑๑,๙๗๕

ที่มา : ข้อมูลบริษัท ASEA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๒๔

TECHNICAL DATA OF THREE PM ASE TRANSFORMER

KVA	Rate A Voltage (KV.)	Loss (W)		% Loss		eff. %	Price
		FE	CU	% FE	% CU		
50	22/0.4	210	1050	0.17	0.83	97.48	
100	22/0.4	340	1750	0.16	0.84	97.91	
160	22/0.4	480	2350	0.17	0.83	98.23	122,000
250	22/0.4	670	3252	0.17	0.83	98.43	151,700
315	22/0.4	900	3900	0.19	0.81	98.47	180,000
400	22/0.4	980	4600	0.18	0.82	98.60	200,000
500	22/0.4	1150	5500	0.17	0.83	98.67	235,000
630	22/0.4	1350	6500	0.17	0.83	98.75	278,000
800	22/0.4	1600	11000	0.13	0.87	98.43	320,000
1000	22/0.4	1900	13500	0.12	0.88	98.46	380,000
1250	22/0.4	2300	16400	0.12	0.88	98.50	488,000
1500	22/0.4	2800	19800	0.12	0.88	98.50	550,000
2000	22/0.4	3250	24000	0.12	0.88	98.63	680,000

ที่มา : ข้อมูลบริษัท ศิริวัฒน์ จำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

POWER FACTOR (P.F.) = $\frac{KW}{KVA}$

$\tan \theta_1$ = $\frac{KVAR_1}{KW}$

$KVAR_1$ = $KW \tan \theta_1$

และ$KVAR_2$ = $KW \tan \theta_2$

<u>ขนาดของ CAPACITOR ที่ใช้แก้ P.F. ให้สูงขึ้น</u>

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr_3 ขนาด ๑,๒๐๐ KVA

ค่าที่วัดได้ ACTIVE POWER = 442.5 KW

$\cos \theta_1$ = 0.63

$\therefore \theta_1$ = 50.95°

$\therefore$ REACTIVE POWER ($KVAR_1$) = $442.5 \tan \theta_1$

= 545.47 KVAR

เมื่อแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้นเป็น ๐.๙ จะได้ว่า

$\cos \theta_2$ = 0.9

θ_2 = 25.84°

$\therefore$ REACTIVE POWER ($KVAR_2$) = $442.5 \tan \theta_2$

= 214.31 KVAR

$\therefore$ ขนาด CAPACITOR ของ Tr_3 = 545.47-214.31 = 330 KVAR

<u>การลงทุน</u>

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr_3 ขนาด 1,200 KVA จะต้องติดตั้ง CAPACITOR ขนาด 330 KVAR

จากตารางที่ ๔.๒๓: ราคา CAPACITOR & ค่าติดตั้ง จะได้ว่า

(๑) ราคา CAPACITOR

50 KVAR จำนวน ๖ ตัว = ๖๘,๘๕๐ บาท

30 KVAR จำนวน ๑ ตัว = ๘,๔๑๕ บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(๒) ราคาชุดควบคุม และค่าติดตั้ง

CAPACITOR ขนาด 50 KVAR ๔ ตัว ให้ควบคุมโดยใช้ระบบ AUTOMATIC ส่วน CAPACITOR ที่เหลือขนาด 50 KVA ๒ ตัว และ 30 KVAR ๑ ตัว ให้ควบคุมโดยใช้ MANUAL

ดังนั้น ราคาชุด AUTOMATIC CONTROL = 52,615 บาท

ราคาติดตั้ง = 7,000 บาท

ราคาติดตั้ง MANUAL CONTROL = 1,400 บาท

∴ รวมเป็นจำนวนเงิน = 138,280 บาท

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr_4 ขนาด 1,500 KVA

ค่าที่วัดได้ ACTIVE POWER = 270 KW

$\cos \theta_1$ = 0.56

θ_1 = 55.94°

∴ REACTIVE POWER ($KVAR_1$) = $270 \tan \theta_1$

= 399.45 KVAR

เมื่อแก้ไขเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้สูงขึ้นเป็น ๐.๙ จะได้ว่า

$\cos \theta_2$ = 0.9

θ_2 = 25.84°

∴ REACTIVE POWER ($KVAR_2$) = $270 \tan \theta_2$

= 130.76 KVAR

∴ ขนาด CAPACITOR ของ Tr_4 = 399.45-130.76

= 270 KVAR

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การลงทุน</u>

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr_4 ขนาด 1,500 KVA จะต้องติดตั้ง CAPACITOR ขนาด 270 KVAR

จากตารางที่ ๔.๒๓,๔.๒๔: ราคา CAPACITOR & ค่าติดตั้งจะได้ว่า

(๑) ราคา CAPACITOR

50 KVA จำนวน ๔ ตัว = ๔๕,๔๐๐ บาท

30 KVA จำนวน ๒ ตัว = ๑๖,๘๓๐ บาท

10 KVA จำนวน ๑ ตัว = ๒,๙๗๕ บาท

(๒) ราคาชุดควบคุมและค่าติดตั้ง

CAPACITOR ขนาด 50 KVAR ๔ ตัว ให้ควบคุมโดยใช้ระบบ AUTOMATIC ส่วน CAPACITOR ที่เหลือขนาด 30 KVAR ๒ ตัว และ 10 KVAR ๑ ตัวให้ควบคุมการใช้ MANUAL

ดังนั้น ราคาชุด AUTOMATIC CONTROL = ๕๒,๖๑๕ บาท

ราคาติดตั้ง = ๗,๐๐๐ บาท

ราคาติดตั้ง MANUAL CONTROL = ๑,๐๐๐ บาท

∴ รวมเป็นเงินจำนวนเงิน =๑๒๖,๓๒๐ บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลจากการแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าให้สูงขึ้น

๑. โรงงานจะได้รับเงินส่วนลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

๒. ลดความสูญเสียในสายไฟฟ้า

๓. ลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า การปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ทำให้กระแสที่ผ่านหม้อแปลงลดลง ทำให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า* ลดลงด้วย

ผลจากการแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ Tr_3 ให้สูงขึ้น

เดิมโรงงานมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ๐.๖๓ ทำให้ต้องเสียค่าปรับให้แก่การไฟฟ้าดังนี้

ค่าปรับที่ต้องเสียให้กับการไฟฟ้า $= KxMax.KWxDCx\ (1-\frac{0.85}{0.63})$

เมื่อ K $= 1$

Pmax $= 442.5$ KW

DC $= 90$ บาท /KW

cos θ $= 0.63$

แทนค่า $= 1x442.5x90x\ (1-\frac{0.85}{0.63})$

∴ ค่าปรับที่ต้องเสีย $= 13907$ บาท/เดือน

เมื่อแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่า ๐.๙ แล้ว จะทำให้โรงงานได้รับส่วนลดดังนี้

ส่วนลดที่ได้จากการไฟฟ้า $= 1x442.5x90x\ (1-\frac{0.85}{0.90})$

$= 2213$ บาท/เดือน

∴ โรงงานจะสามารถประหยัดเงินได้เป็นจำนวน

$= 13907 + 2213 = 16120$ บาท/เดือน

$= 193,440$ บาท/ปี

COPPER LOSS ที่ลดลง

$$= KVA \times (1-eff) \times \%\ COPPER\ LOSS \times \left[\left(\frac{Ia}{Irated}\right)^2 - \left(\frac{Ib}{Irated}\right)^2\right] \times \text{ชม.การทำงานใน ๑ ปี}$$

---

* ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก จ

ในที่นี้ Ia = กระแสก่อนการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

$$= \frac{KW \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{442.5 \times 1000}{\sqrt{3} \times 408 \times 0.63} = 993.92 \text{ amp.}$$

Ib = กระแสหลังการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

$$= \frac{KW \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{442.5 \times 1000}{\sqrt{3} \times 408 \times 0.9} = 695.74 \text{ amp.}$$

และ Irated มีค่า = 1665.4 amp.

และจากตารางที่ ๔.๒๕ จะได้

% COPPER LOSS = 0.88

EFFICIENCY = 0.985

$$\text{แทนค่า} = 1200 \times (1-0.985) \times 0.88 \left[\left(\frac{993.92}{1665.4}\right)^2 - \left(\frac{695.73}{1665.4}\right)^2\right] \times 16 \times 24 \times 12$$

COPPER LOSS = 13,259 Kwh/ปี

= 23866 บาท/ปี

และความสูญเสียในสายที่ลดลง $= 3 \times (Ia^2 - Ib^2) \times Rt \left[1+\alpha(tw-20)\right] \times 1 \times$ชม.การทำงาน/ปี

เมื่อ R_t = ความต้านทานของสายไฟฟ้า

a = ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานของสายไฟฟ้า

tw = อุณหภูมิของสาย

l = ความยาวของสายต่อเฟส

ในที่นี้ R_t = ความต้านทานของสายอลูมิเนียมขนาด 3x300 mm^2/เฟส

$= 3.25 \times 10^{-5}$* Ω /m

= 0.0039* Ω /°C (ที่ 20°C)

tw = 35°C

l = 15 m

---

* ข้อมูลบริษัท บางกอกเคเบิ้ล จำกัด

แทนค่า $= 3\times(993.92^2-695.7^2)\times4.07\times10^{-5}\left[1+0.0039(35-20)\right]\times15\times4608\times10^{-3}$

∴ ความสูญเสียในสายลดลง = 4526 Kwh/Y

คิดเป็นเงินที่ประหยัด = 8147 บาท/ปี

ผลจากการแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ Tr_4 ให้สูงขึ้น

เดิมโรงงานมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ๐.๕๖ ทำให้ต้องเสียค่าปรับให้แก่ไฟฟ้า ดังนี้

ค่าปรับที่ต้องเสียให้กับการไฟฟ้า $= KxMax.KwxDCx\ (1 - \frac{0.85}{\cos\theta}$

เมื่อ K = 1

Pmax = 270 KW

DC = 90 บาท /KW

cos θ = 0.56

แทนค่า $= 1\times270\times90\times\left[1 - \frac{0.85}{0.56}\right]$

∴ ค่าปรับที่ต้องเสีย = 12,584 บาท/เดือน

เมื่อแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่า ๐.๙ แล้ว จะทำให้โรงงานได้รับส่วนลดดังนี้

ส่วนลดที่ได้จากการไฟฟ้า $= 1\times270\times90\times\left[1 - \frac{0.85}{0.90}\right]$

= 1350 บาท/เดือน

= 12,584+1,350 = 13,934 บาท/เดือน

= 167,208 บาท/ปี

COPPER LOSS ที่ลดลง

$= KVA \times (1-eff) \times \%\ COPPER\ LOSS \left[\left(\frac{Ia}{Irated}\right)^2 - \left(\frac{Ib}{Irated}\right)^2\right] \times$ ชม.การทำงานใน ๑ ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Ia = \frac{270 \times 1000}{\sqrt{3}\times 401\times 0.56} = 694.2 \text{ amp.}$$

$$Ib = \frac{270\times 1000}{\sqrt{3}\times 401\times 0.9} = 431.93 \text{ amp.}$$

และ IRATED = 2081.8 amp.

และจากตารางที่ ๔.๒๕ จะได้

% COPPER LOSS = 0.88

EFFICIENCY = 0.985

$$\text{แทนค่า} = 1500\times(1.0.985)\times 0.88\left[\left(\frac{694.18}{2081.80}\right)^2 - \left(\frac{431.93}{2081.80}\right)^2\right] \times 16\times 24\times 12$$

COPPER LOSS = 6217.22 Kwh/ปี

= 11,191 บาท/ปี

และความสูญเสียในสายที่ลดลง $= 3\times(Ia^2-Ib^2)\times Rt\left[1+\alpha(tw-20)\right] \times 1\times$ ชม.การทำงาน/ปี

เมื่อ Rt = ความต้านทานของสายอลูมิเนียมขนาด 3x300 mm^2/เฟส

= 3.25×10^{-5} * Ω /m

a = 0.0039 * Ω /°C (ที่ 20°C)

tw = 35 °C

l = 15 เมตร

$$\text{แทนค่า} = 3\times(694.18^2-431.93^2)\times 3.25\times10^{-5}\times\left[1+0.0039(35-20)\right]\times 15\times 4608\times10^{-3}$$

∴ ความสูญเสียในสายลดลง = 2106.67 Kwh/Y

∴ คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 3,792 บาท/ปี

---

* ข้อมูลจากบริษัท บางกอกเคเบิ้ล จำกัด

๒. <u>การเปลี่ยน TAP หม้อแปลงไฟฟ้า</u>

จากการตรวจวัดปรากฏว่า

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr 1 ขนาด 600 KVA แรงเคลื่อนไฟฟ้า = 415 V.

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr 2 ขนาด 600 KVA แรงเคลื่อนไฟฟ้า = 416 V.

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr 3 ขนาด 1200 KVA แรงเคลื่อนไฟฟ้า = 408 V.

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr 4 ขนาด 1500 KVA แรงเคลื่อนไฟฟ้า = 401 V.

และจุดที่ไกลที่สุดจากหม้อแปลงไฟฟ้า มีแรงเคลื่อน 391, 392, 399 & 398 ตามลำดับ

เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง จะทำให้ IRON LOSS ในตัวหม้อแปลงไฟฟ้าจะสูงตามด้วย นอกจากนี้ยังจะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ใช้งานในโรงงานต่ำลงไปด้วย เพราะ RATED VOLTAGE ของมอเตอร์ 390 V.และอายุการใช้งานจะสั้นลงไปด้วย

ดังนั้นถ้าสามารถลดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าลงมาให้เท่ากับ 390 V. ก็จะทำให้โรงงานสามารถลดความสูญเสียในหม้อแปลงลงได้ รายละเอียดดังนี้

จากตารางที่ ๔.๒๕ :TECHNICAL DATA OF THREE PHASE TRANSFORMER จะได้ว่า

ที่หม้อแปลงไฟฟ้า Tr1,2 ขนาด 600 KVA eff = 0.987 & % IRON LOSS = 0.17

ที่หม้อแปลงไฟฟ้า Tr3 ขนาด 1200 KVA eff = 0.985 & % IRON LOSS = 0.12

ที่หม้อแปลงไฟฟ้า Tr4 ขนาด 1500 KVA eff = 0.985 & % IRON LOSS = 0.12

$$\text{IRON LOSS ที่ลดลง} = \text{KVA}\times(1-\text{eff})\times \%\ \text{IRON LOSS}\left[\left(\frac{\text{Vactural}}{\text{Vrated}}\right)^2 - 1\right]\times \text{จำนวน ชม.ใน ๑ ปี}$$

แทนค่า IRON LOSS ที่ลดลงของ Tr1 $= 600(1-0.987)\times 0.17\left[\left(\frac{415}{390}\right)^2 - 1\right] \times 8760$

$= 1,536.93$ Kwh/Y

IRON LOSS ที่ลดลงของ Tr2 $= 600(1-0.987)\times 0.17\left[\left(\frac{416}{390}\right)^2 - 1\right] \times 8760$

$= 1600.39$ Kwh/Y

IRON LOSS ที่ลดลงของ Tr3 $= 1200(1-0.985)\times 0.12\left[\left(\frac{408}{390}\right)^2 - 1\right] \times 8760$

$= 1,786.92$ Kwh/Y

IRON LOSS ที่ลดลงของ Tr4 $= 1500(1-0.985)\times0.12\left[\left(\frac{401}{390}\right)^{2}-1\right]\times8760$

$= 1,172.63$ Kwh/Y

∴ IRON LOSS ที่ลดลงทั้งหมด $= 1,536.93+1,600.39+1,780.92+1,172.63$ Kwh/Y

$= 6,096.87$ Kwh/Y

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ $= 10,975$ บาท/ปี

๓. <u>การตัดหม้อแปลงไฟฟ้าออกระหว่างหยุดทำงาน</u>

โรงงานทำงานวันละ ๑๖ ชม. ปีละ ๒๘๘ วัน

∴ เวลาที่หยุดทำงาน $= (24-16)\times288 + 24(365-288)$

$= 4,152$ ชม./ปี

ขณะที่ไม่มีโหลด โรงงานสามารถปลดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 600, 1200 & 1500 KVA ออกเป็นจำนวน ๓ ชุด ขณะหยุดทำงาน แต่ยังคงเหลือหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 600 KVA จำนวน ๑ ชุด ไว้สำหรับใช้กับแสงสว่างและความปลอดภัยของโรงงาน

จากตารางที่ ๔.๒๕ : TECHNICAL DATA OF THREE PHASE TRANSFORMER จะได้ว่าที่ 500 KVA จะเกิดความสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า = 1150 W

ที่ 630 KVA จะเกิดความสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า = 1350 W

เมื่อ INTERPOLATE แล้วจะได้ว่า

ที่ 600 KVA จะเกิดความสูญเสียในแกนเหล็ก = 1304 W

ในทำนองเดียวกัน

ที่ 1200 KVA จะเกิดความสูญเสียในแกนเหล็ก = 2220 W

และ ที่ 1500 KVA จะเกิดความสูญเสียในแกนเหล็ก = 2800 W

∴ จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ $= (1340+2220+2800)\times10^{-3}\times4152$ Kwh/Y

$= 26,407$ Kwh/Y

∴ เป็นเงินที่ประหยัดได้ $= 47,533$ บาท/ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๒๖

สรุปผลการปรับปรุงระบบจ่ายและการใช้พลังงานไฟฟ้า

รายการ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	พลังงาน* ที่ประหยัดได้ (%)
๑. การแก้ไขค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	๒๖๔,๖๐๐	๔๐๗,๖๔๔	๖.๐๐
๒. การเปลี่ยนหม้อแปลงไฟฟ้า	-	๑๐,๙๗๕	๐.๑๗
๓. การตัดหม้อแปลงไฟฟ้าออกระหว่างหยุดทำงาน	-	๔๗,๕๓๓	๐.๗๐

ที่มา : จากการคำนวณของผู้วิจัย

* เทียบกับค่าพลังงานทั้งหมด คือ ๖,๗๙๙,๐๔๐ บาท/ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจัดตั้งหน่วยงานเพื่อรับผิดชอบงานทางด้านการประหยัดพลังงาน

เพื่อให้การประหยัดพลังงานประสบความสำเร็จ จำเป็นต้องมีการจัดตั้งบุคคลกลุ่มหนึ่งขึ้นเพื่อทำหน้าที่รับผิดชอบ ดำเนินการ ติดตามงาน และประเมินผล ซึ่งในที่นี้กลุ่มบุคคลดังกล่าวควรประกอบด้วย

- ผู้จัดการโรงงาน
- วิศวกรโรงงาน
- หัวหน้าฝ่ายผลิตโรงงาน ๑, ๒ และ ๓
- นักวิชาการ
- หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา
- หัวหน้าฝ่ายธุรการ

โดยกำหนดให้แต่ละบุคคลมีหน้าที่ดังนี้

ผู้จัดการโรงงาน มีหน้าที่ดังนี้

(๑) พิจารณาโครงการที่วิศวกรนำเสนอ

(๒) วางหลักการ และนโยบายในการปฏิบัติของการประหยัดพลังงาน เช่น กำหนดเป้าหมายในการประหยัดพลังงาน วิธีการต่าง ๆ เป็นต้น

(๓) ส่งเสริมความสนใจ และสำนึกเกี่ยวกับพลังงานให้แก่พนักงานบริษัท

(๔) สนับสนุนและยกย่องข้อเสนอแนะของพนักงานที่มีผลสำเร็จ

วิศวกรโรงงาน มีหน้าที่

(๑) ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพลังงาน เช่น ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการสูญเสียพลังงาน และจุดที่สามารถประหยัดพลังงานได้

(๒) ทำการวิจัยและค้นหาวิธีการที่จะประหยัดพลังงาน หรือเพิ่มผลตอบแทนจากการลงทุนที่เกี่ยวกับพลังงาน โดยปรึกษาหารือกับหัวหน้าฝ่ายผลิตโรงงาน ๑,๒,๓ นักวิชาการหัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา และหัวหน้าฝ่ายธุรการ

(๓) ทำรายงานเสนอประธานเกี่ยวกับโครงการการประหยัดพลังงานที่ได้จัดทำไว้

(๔) ดำเนินการตามหลักการและนโยบายที่ประธานกำหนด

(๕) ติดตามผลที่ได้จากการดำเนินการ เพื่อศึกษาแก้ไขปรับปรุงให้ดียิ่ง ๆ ขึ้น

หัวหน้าฝ่ายผลิตโรงงาน ๑, ๒ และ ๓ มีหน้าที่

(๑) ทำบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวกับปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการสูญเสียพลังงานในแต่ละจุดที่สำคัญ

(๒) รายงานปัญหาที่เกิดขึ้นที่เกี่ยวกับพลังงาน พร้อมทั้งเสนอแนะวิธีการแก้ไขปัญหา

(๓) ดำเนินการตามหลักการที่ประธานกำหนด

(๔) ติดตามผลที่ได้จากการดำเนินการ แล้วรายงานกลับไปยังวิศวกรโรงงาน

นักวิชาการ มีหน้าที่

(๑) ทำการวิจัยและค้นหาวิธีการและเทคนิคต่าง ๆ ที่จะใช้ในการประหยัดพลังงาน

(๒) เสนอแนะผลที่ได้จากการวิจัยและการค้นคว้าตามข้อ ๑ (ตามทฤษฎี)

(๓) ดำเนินการตามหลักการที่ประธานกำหนด

(๔) ติดตามผลที่ได้จากการดำเนินการ แล้วนำมาศึกษาปรับปรุงให้ดียิ่ง ๆ ขึ้น

หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา มีหน้าที่

(๑) ทำบันทึกเกี่ยวกับประวัติของอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรต่าง ๆ ที่สำคัญ

(๒) ทำบันทึกเกี่ยวกับการซ่อมแซมของแต่ละเครื่องมือเครื่องจักรต่าง ๆ พร้อมทั้งสาเหตุของการการซ่อมแซมนั้น ๆ

(๓) ค้นหาปัญหาและสาเหตุที่เป็นผลต่อการใช้งานของเครื่องจักรต่าง ๆ พร้อมทั้งเสนอแนะวิธีการแก้ไข

(๔) ดำเนินการตามหลักการที่ประธานกำหนด

(๕) ติดตามผลที่ได้จากการดำเนินการ แล้วทำรายงานกลับไปยังวิศวกรโรงงาน

หัวหน้าฝ่ายธุรการ มีหน้าที่

(๑) ทำรายงานเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายของพลังงาน

(๒) จัดหาและจัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการประหยัดพลังงาน

(๓) ทำรางานเกี่ยวกับปัญหาของสินค้าที่ลูกค้าได้รับ

(๔) ทำรายงานเกี่ยวกับสินค้าและเทคนิคใหม่ ๆ ที่ผู้ขายเสนอ

การซ่อมบำรุงรักษา

โรงงานมีการดูแลเครื่องมือเครื่องจักรแบบ CORRECTIVE MAINTENANCE และจากการสอบถามหัวหน้าช่างซ่อมบำรุง และหัวหน้าฝ่ายธุรการทราบว่า โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการซ่อมแซมเครื่องจักรต่าง ๆ เป็นจำนวนประมาณ ๓ แสนบาท/ปี ทั้งยังต้องเสียผลประโยชน์ไปในช่วงหยุดการผลิตเพื่อซ่อมแซม

ข้อเสนอแนะ

๑. จัดทำบันทึกประวัติของอุปกรณ์ต่าง ๆ และจัดทำมาตรฐานในการตรวจตราสำหรับบันทึกที่ทำควรทำเป็น ๒ ชุด ชุดที่เป็นตัวจริงเก็บรักษาไว้ที่สำนักงานและชุดที่เป็นสำเนาเก็บไว้ในสถานที่ปฏิบัติงาน

๒. การตรวจตราและการเปลี่ยนชิ้นส่วนให้ปฏิบัติตามแผนที่วางไว้และบันทึกผลที่ได้สำหรับแต่ละอุปกรณ์

๓. ซ่อมบำรุงแบบ PREVENTIVE MAINTENANCE กล่าวคือ มีการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องจักรต่าง ๆ เช่น ทำความสะอาดหลังใช้งาน หยอดน้ำมันหล่อลื่นอย่างสม่ำเสมอ เป็นต้น

๔. ติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดค่าต่าง ๆ เพิ่มเติม พร้อมทั้งเปลี่ยนทดแทนหรือซ่อมของเดิมที่ชำรุงเสียหารและเครื่องตรวจวัดที่มี ควรได้รับการปรับเทียบอย่างสม่ำเสมอ

๕. ในการ์ดบันทึกประวัติอุปกรณ์ ควรมีรายละเอียดของอุปกรณ์ที่มีบนNAME PLATE และบันทึกรายละเอียดของการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอะไหล่ไว้

๖. รวบรวมข้อมูล และดำเนินการวิเคราะห์เพื่อป้อนกลับไปยังวิศวกร

จัดทำแบบฟอร์มเพื่อการจดบันทึก

ปัจจุบันโรงงานมีการจดบันทึกเกี่ยวกับพลังงานน้อยมาก และไม่ถูกต้อง ดังนั้นโรงงานควรจัดทำแบบฟอร์มเพื่อใช้จดบันทึกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาทางด้านพลังงาน ดังนี้

๑. แบบฟอร์มการบันทึกการใช้มันเตา

๒. แบบฟอร์มการบันทึกการใช้ไฟฟ้า

๓. แบบฟอร์มการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าประจำวัน

๔. แบบฟอร์มการบันทึกการใช้พลังงานในขบวนการผลิต

๕. แบบฟอร์มการบันทึกสรุปผลในรอบปี

๖. แบบฟอร์มรายงานการใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน

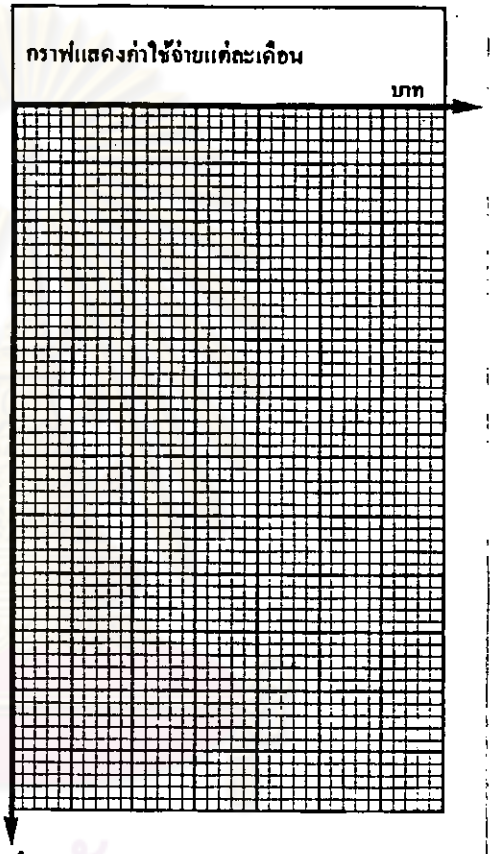
รายละเอียดดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๒๗

แบบฟอร์มการใช้น้ำมันเตา

เดือน	การใช้เชื้อเพลิง		ราคา	ยอดรวม
	ลิตร	GJ	บาท/ลิตร	บาท
ม.ค.				
ก.พ.				
มี.ค.				
เม.ย.				
พ.ค.				
มิ.ย.				
ก.ค.				
ส.ค.				
ก.ย.				
ต.ค.				
พ.ย.				
ธ.ค.				
ยอดรวม				



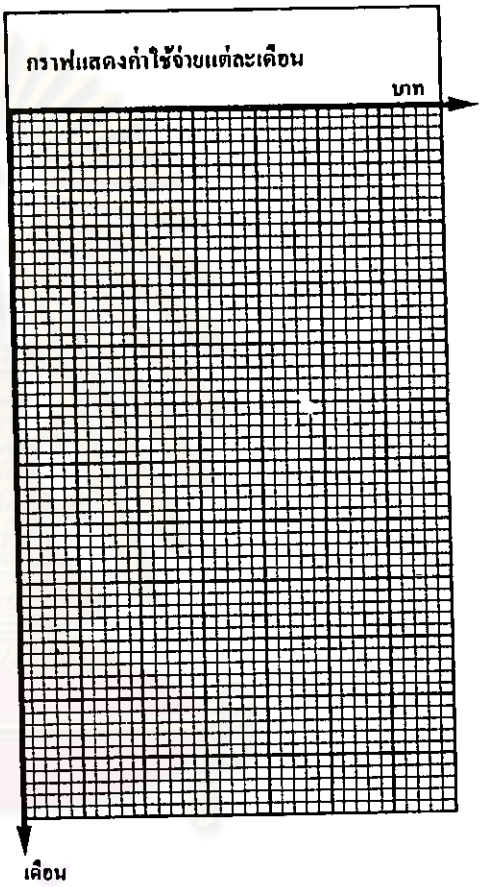
หมายเหตุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๒๘

แบบฟอร์มการใช้ไฟฟ้า

เดือน	ปริมาณที่ใช้ (KWh)	ค่า P.F. บาท	ค่า kWh บาท	ค่า kW บาท	รวมค่าไฟฟ้าทั้งหมด
ม.ค.					
ก.พ.					
มี.ค.					
เม.ย.					
พ.ค.					
มิ.ย.					
ก.ค.					
ส.ค.					
ก.ย.					
ต.ค.					
พ.ย.					
ธ.ค.					
ยอดรวม					



หมายเหตุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๒๙

แบบฟอร์มการใช้ไฟฟ้าประจำวัน

ผู้จัดการโรงงาน		วิศวกรผู้รับผิดชอบ		พนักงาน	

วันที่ เดือน ปี (วัน) อากาศ อุณหภูมิ °C ความชื้น %
ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า kW ชั่วโมงทำงาน จาก น. ถึง น.

เวลา	แรงดันไฟฟ้า (kV)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (kW)	เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับการซื้อขายไฟฟ้า (ระดับประสิทธิ์คงที่)			สำหรับหลอดแสงสว่าง			สำหรับพลังงานไฟฟ้า		
				ค่าอ่าน	ค่าแตกต่าง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าอ่าน	ค่าแตกต่าง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าอ่าน	ค่าแตกต่าง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
20												
21												
22												
23												
24												
รวมยอด				พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งวัน		kWh	ส่วนของหลอดแสงสว่าง		kWh	ส่วนที่เป็นพลังงานไฟฟ้า		kWh

กำลังไฟฟ้าสูงสุด	kW	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย	kW
ช่วงเวลาที่มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด	นาฬิกา	โหลดแฟคเตอร์	%
บันทึกทั่วไป			

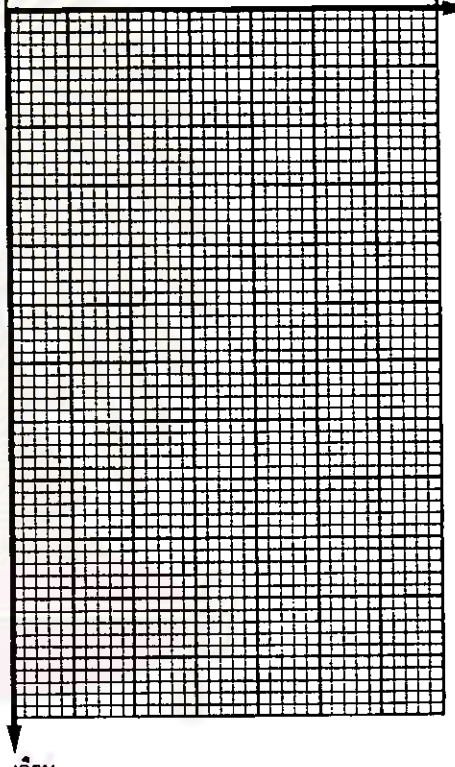
(หมายเหตุ (๑) ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดนั้น ให้ดูจากค่าสูงสุดในช่อง กำลังไฟฟ้า
(๒) คำนวณกำลังไฟฟ้าที่ใช้จากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งวันหารด้วย 24
(๓) ค่า load factor หาได้โดยนำค่าใน (๒) หารด้วยค่าใน (๑) และแสดงผลเป็น %
(๔) วาดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงเป็นเส้นกราฟ เพื่อพิจารณาหาช่วงการใช้ไฟฟ้าสูง

ตารางที่ ๔.๓๐

แบบฟอร์มการใช้พลังงานในขบวนการผลิต

เดือน	หน่วย/เดือน ผลิต	พลังงาน/เดือน GJ	อัตราการใช้พลังงานต่อหน่วย
ม.ค.			
ก.พ.			
มี.ค.			
เม.ย.			
พ.ค.			
มิ.ย.			
ก.ค.			
ส.ค.			
ก.ย.			
ต.ค.			
พ.ย.			
ธ.ค.			
ยอดรวม			

กราฟแสดงอัตราการใช้พลังงานในแต่ละเดือน



หมายเหตุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๓๑

แบบฟอร์มการบันทึกสรุปผลในรอบปี

แหล่งพลังงาน	๑ ค่าใช้จ่ายจริง		๒ ตั้งงบค่าใช้จ่าย		๓ (๒-๑)	
	บาท	Gj	บาท	Gj	บาท	Gj
น้ำมันเตา						
ไฟฟ้า						
อื่นๆ						

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๓๒

รายงานการใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน

รายงานการใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน

ของบริษัท.....

บันทึกที่.....

ระยะเวลาของการใช้งบประมาณ

/ /๒๕ ถึง / /๒๕

ผลกำไรและขาดทุน

	บาท
แผนงานจัดการด้านพลังงาน	
ยอดรวมค่าใช้จ่ายพลังงาน (จากตารางที่ ๔. ๒๘)	-
งบที่ตั้งไว้ (จากตารางที่ ๔. ๒๘)	-
ผลประหยัดสุทธิ (ขาดทุน)	-

วิเคราะห์การลงทุน

แผนงานจัดการด้านพลังงาน

	บาท
เงินลงทุนสำหรับอุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดพลังงาน	
ค่าใช้จ่ายในการบริหารงานและค่าจ้างเพื่อดำเนินการตามแผนงาน	-
ค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมพนักงาน	-
ยอดรวมของค่าใช้จ่าย	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๓๒ (ต่อ)

รายงานการใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน

รายงานการใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน

ของบริษัท.....

บันทึกที่.....

ระยะเวลาของการใช้งบประมาณ

/ /๒๕ ถึง / /๒๕

อัตราการคืนทุน = ยอดรวมค่าใช้จ่าย = = ปี
ผลประหยัดสุทธิ

หมายเหตุ

.....

.....

.....

วันที่ .....

ลงนาม .....(ผู้จัดการด้านพลังงาน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย