ภาคผนวก

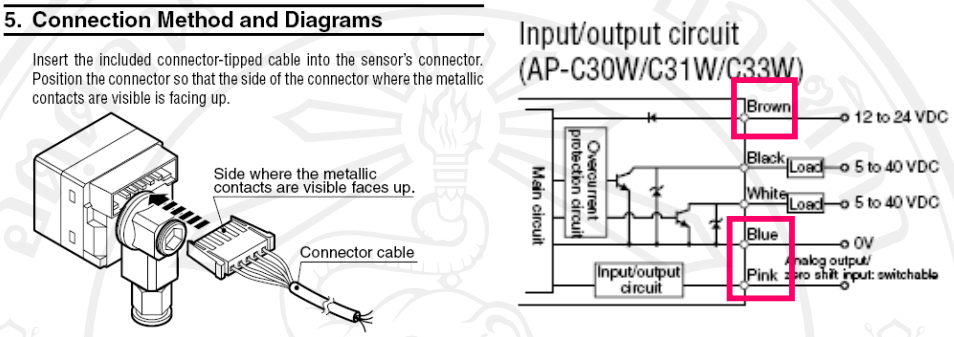
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของอุปกรณ์และผลการทดลองการกระจายตัวของความดันสุญญากาศภายในท่อความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การติดตั้งเกจวัดความดันแบบดิจิตอลหลังจากประกอบเข้ากับเครื่องควบคุมปริมาณสารทำงานและสภาวะสุญญากาศแล้ว จะต้องต่อสัญญาณไปยัง Data logger ตามแบบมาตรฐานของผู้ผลิตดังรูปที่ ก-1 และ ก-2



รูปที่ ก-1 ลักษณะการต่อสายสัญญาณตามแบบมาตรฐานของผู้ผลิต

รูปที่ ก-2 Data Logger ยี่ห้อ Keyence ซึ่งประกอบด้วยส่วนวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage measurement unit) รุ่น NR-TH08 และ ส่วนต่อขยายกับคอมพิวเตอร์ (PC interface unit) รุ่น NR-500

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากได้ผลของการวัดแรงดันไฟฟ้า หากเราต้องการรู้แรงดันภายในท่อความร้อนต้องนำมาแปลงค่าย้อนกลับจากแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงดันภายในท่อความร้อนโดยใช้ตารางเทียบค่า ดังรูปที่ ก-3

■ **Analog output**

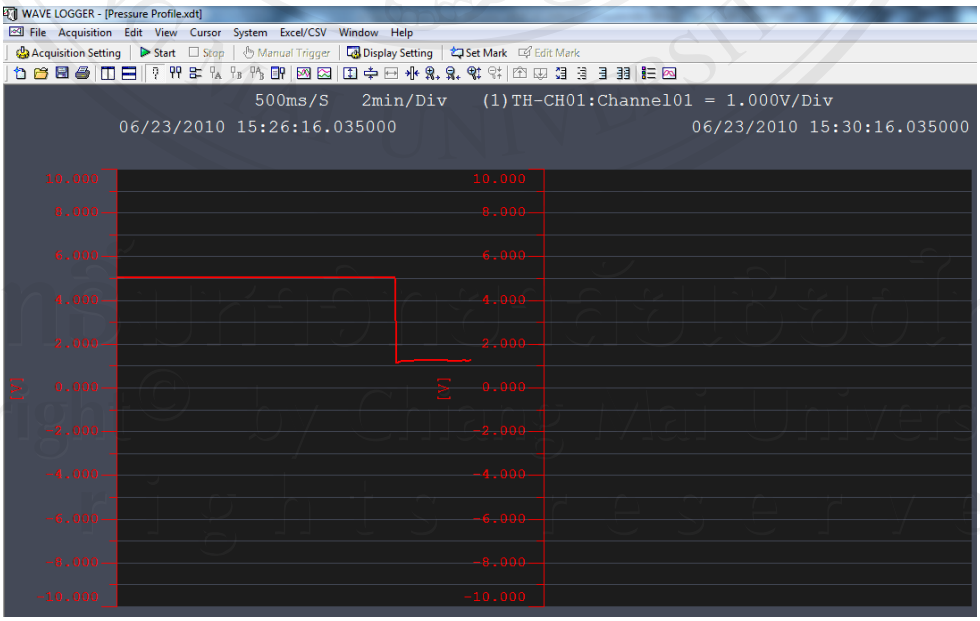
A voltage corresponding to the pressure value is output. (When using Pa units)

Model			1 to 5V
AP-C30W/C30WP	AP-C31W/C31WP	AP-C33W/C33WP	
Negative pressure range	——	——	-101.3to 0 kPa
Positive pressure range	——	——	0 to 100.0 kPa
Compound pressure range	——	——	-101.3to 101.3 kPa
——	Normal mode	——	0 to -101.3 kPa
——	Focus mode	——	20.0 to -20.0 kPa
——	——	Normal mode	0 to 1.000 MPa
——	——	Focus mode	-200 to 200 kPa

* The pressure value of the focus mode is based on the selected center pressure.

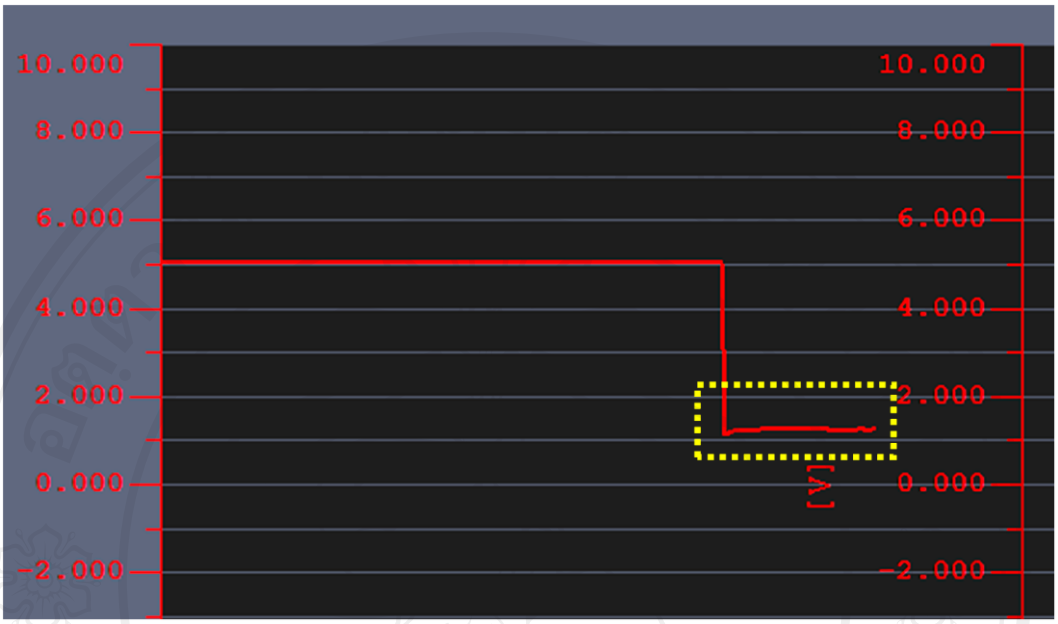
รูปที่ ก-3 ตารางการแปลงค่าจากแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงดันทางกลของผู้ผลิต

หลังจากต่อระบบทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้ว จึงเริ่มการทำงานของเครื่องควบคุมปริมาณสารทำงานและสภาวะสุญญากาศตามปกติจนครบรอบการทำงาน พร้อมเก็บบันทึกแรงดันไฟฟ้าซึ่งแสดงให้เห็นดังรูปที่ ก-4



รูปที่ ก-4 ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ได้สัญญาณจากเกจวัดความดันแบบดิจิตอลในช่วงการทำงานของเครื่อง 1 รอบปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ก-5 ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ได้สัญญาณจากเกจวัดความดันแบบดิจิตอลหลังจากเกิดการดูดอากาศเพื่อทำสุญญากาศแล้ว

ซึ่งจากกราฟในรูปที่ ก-4 จะเห็นได้ว่าในส่วนขั้นตอนแรกแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ที่ 5 โวลท์ เทียบเป็นความดันที่บรรยากาศคือ 0 กิโลปาสคาล แต่หลังจากเครื่องทำการดูดอากาศเพื่อทำสุญญากาศ แรงดันไฟฟ้าตกลงอย่างทันทีทันใดจาก 5 โวลท์มาอยู่ที่ใกล้ๆ 1 โวลท์ ซึ่งเทียบเป็นความดันสุญญากาศที่ประมาณ -90 กิโลปาสคาล ถึง -101.3 กิโลปาสคาล และจากกราฟในรูปที่ ก-5 แรงดันมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อยในขณะเครื่องทำงานเนื่องจากการเดือดของสารทำงาน ซึ่งจะเก็นว่า ความดันสุญญากาศไม่สมบูรณ์อาจเป็นเพราะความสามารถของระบบสุญญากาศ (Vacuum system) ซึ่งเกี่ยวข้องกับชนิดของปั๊ม และการตรวจสอบ การดูแล บำรุงรักษา อาการรั่วของข้อต่อต่างๆในระบบอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข-1 การคำนวนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร

ข-1.1 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยในกรณีที่เป็นปั๊มแบบปัจจุบันจะคำนวนมูลค่าปัจจุบันโดยคิดค่าเสื่อมราคา แต่ในกรณีที่เป็นปั๊มใหม่จะอ้างอิงจากราคาปั๊มโดยตรง ในขณะที่เครื่องทำน้ำเย็นก็จะคำนวนมูลค่าปัจจุบันโดยคิดค่าเสื่อมราคา โดยการใช้งานแบบปัจจุบันปั๊ม 4 เครื่องต่อพ่วงเข้ากับเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด

ราคาปั๊มแบบใหม่ ที่ Flow rate 100 M3/hr = 100,000 บาท
ราคาปั๊มแบบเก่า ที่ Flow rate 50 M3/hr = 70,000 บาท

คำนวนค่าเสื่อมและมูลค่าปัจจุบันของปั๊ม

$$Dt = (B - S) / n$$
$$= (70000 - 10000) / 10$$
$$= 6,000 \text{ บาท}$$

และมูลค่าในบัญชีหลัง 8 ปี กำหนดโดย

$$Bt = 70000 - 8(6000)$$
$$= 22,000 \text{ บาท}$$

อ้างอิงจากการผลิตที่ 1,200,000 ชิ้นต่อเดือน
ต้องใช้ปั๊ม 8 ตัว ซึ่งราคาปั๊มใหม่ = 8x100,000 = 800,000 บาท
ต้องใช้ปั๊ม 8 ตัว ซึ่งมูลค่าปัจจุบันปั๊มเก่า = 8x22,000 = 176,000 บาท

ราคา Chiller = 200,000 บาท

คำนวนค่าเสื่อมและมูลค่าปัจจุบันของ chiller

$$Dt = (B - S) / n$$
$$= (200000 - 50000) / 10$$
$$= 15,000 \text{ บาท}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และมูลค่าในบัญชีหลัง 8 ปี กำหนดโดย

$$Bt = 200000 - 8(15000)$$

$$= 80,000 \text{ บาท}$$

อ้างอิงจากการผลิตที่ 1,200,000 ชิ้นต่อเดือน

ในกรณีปั๊มใหม่ไม่ต้องใช้ chiller ซึ่งราคาchillerกับระบบใหม่ = 0 บาท

ในกรณีปั๊มปัจจุบันต้องใช้ chiller 2 ตัว ซึ่งมูลค่าปัจจุบัน = 2 x 80,000 = 160,000 บาท

ข-1.2 กระบอกสูบและเพลานำทาง (Cylinder and Slide guide) ใน 1 ยูนิต มี 4 ชุด เดินเครื่องควบคุมสภาวะสุญญากาศ 5 ยูนิต รวม 20 ชุด โดยคำนวนมูลค่าปัจจุบันโดยคิดค่าเสื่อมราคา

ราคา Cylinder = 1,500 บาท

ราคา Slide Guide = 20,000 บาท

คำนวนค่าเสื่อมและมูลค่าปัจจุบันของ Cylinder & Guide

$$Dt = (B - S) / n$$

$$= (21500 - 2150) / 10$$

$$= 1,935 \text{ บาท}$$

และมูลค่าในบัญชีหลัง 8 ปี กำหนดโดย

$$Bt = 21500 - 8(1935)$$

$$= 6,020 \text{ บาท}$$

อ้างอิงจากการผลิตที่ 1,200,000 ชิ้นต่อเดือน

ใช้ Cylinder & Guide 20 ชุด มูลค่าปัจจุบัน = 20 x 6,020 = 120,400 บาท

ข-1.3 หัวน้ำร้อน (Water Heater bath) ใน 1 ยูนิต มี 4 เครื่อง เดินเครื่องควบคุมสภาวะสุญญากาศ 5 ยูนิต รวม 20 ชุด โดยคำนวนมูลค่าปัจจุบันโดยคิดค่าเสื่อมราคา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนวนค่าเสื่อมและมูลค่าปัจจุบันของ Water Heater Bath

Dt = (B - S) / n

= (22000 – 2200) / 10

= 19,800 บาท

และมูลค่าในบัญชีหลัง 8 ปี กำหนดโดย

Bt = 22000 - 8 (1980)

= 6,160 บาท

อ้างอิงจากการผลิตที่ 1,200,000 ชิ้นต่อเดือน

ใช้ Water Heater Bath 20 ตัว มูลค่าปัจจุบัน = 20 x 6,160 = 123,200 บาท

ข-1.4 พลังงานที่ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller power consumption) ทำงาน 2 เครื่อง คำนวนที่ค่าพลังงานไฟฟ้า 3 บาท/หน่วย

คำนวนโดยใช้ค่าพลังงานสูงสุดจาก Chiller specification

ค่ากำลังวัตต์ 4.2 kW ทำงาน 24 ชม. 25 วัน / เดือน

ต้นทุนค่าไฟ = 4.2 x 24 x 25 x 2 x 3 = 15,120 บาท / เดือน

ข-1.5 พลังงานที่ใช้กับเครื่องทำลมอัด (Compressor air consumption) คำนวนที่ราคาลมอัดเฉลี่ย (Compressed Air) = 16.2 บาท/1 ลูกบาศก์เมตร/นาที

ราคา Cylinder&Slide Guide = 1,500 บาท และ 20,000 บาท ตามลำดับ

Cylinder Specification ; Bore = 0.032 เมตร , Stroke = 0.3 เมตร

ปริมาตรกระบอกสูบ = 3.14 x 0.032 x 0.032 x 0.3 / 4 ลบ.ม.

= 0.00241152 ลบ.ม.

ใน 1 รอบ มีเคลื่อนที่ขึ้น-ลง = 2 x 0.00241152 = 0.00482304 ลบ.ม.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1 ยูนิต มี 4 ชุด , เดินเครื่องควบคุมสภาวะสุญญากาศ 5 ยูนิต รวม 20 ชุด
ทำงาน 2 กะ (กะเช้า – กะกลางคืน) ทำงาน 25 วัน/เดือน
จากการผลิตต่อเดือน จะมีการทำงานรวม 10,416 รอบ/ชุด/เดือน

ต้นทุนการใช้ลมอัด = 0.00482304 x 20 x 10416x 16.2
= 16,276.718 บาท / เดือน

ข-1.6 พลังงานที่ใช้กับหัวน้ำร้อน (Heater power consumption) คำนวนอ้างอิงจากข้อมูลการใช้พลังงานของฝ่ายวิศวกรรมโรงงาน

ค่าพลังงานจากการใช้หัวน้ำร้อน = 145,807.2 บาท / ปี / เครื่อง
= 12,150.6 บาท / เดือน / เครื่อง
เครื่องควบคุมสภาวะสุญญากาศ 1 ยูนิต มี 4 เครื่อง
ค่าพลังงานจากการใช้หัวน้ำร้อน = 48,602.4 บาท / เดือน / ยูนิต
เดินเครื่องควบคุมสภาวะสุญญากาศ 5 ยูนิต
ค่าพลังงานจากการใช้หัวน้ำร้อน = 243,012 บาท / เดือน

ข-1.7 ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงหัวน้ำร้อน (Heater bath maintenance) ข้อมูลจากการรวบรวม จะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยเท่ากับ 699.58 บาท / เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข-2 การคำนวนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ

คำนวนวิธีการประเมินโดยยึดยอดขายคงที่แบบสูงสุด : ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

Cycle time = Operation time + Movement

จากการจับเวลาการเคลื่อนไหวขณะทำงาน ใช้เวลาเฉลี่ย 28 วินาที

Cycle time = Operation time + 28 วินาที

ดังนั้น แบบที่ 1 (ปัจจุบัน) ; Cycle time = 60 + 28 = 88 sec.
แบบที่ 2 ; Cycle time = 28.5 + 28 = 56.5 sec.
แบบที่ 3 ; Cycle time = 28.5 + 28 = 56.5 sec.

ข-2.1 การควบคุมสภาวะสุญญากาศแบบมีการไล่ก๊าซ (แบบที่1)

Productivity = Output / Manpower ; (pcs./MH)

1 รอบการทำงานได้ชิ้นงาน 6 ตัว ดังนั้น
Output = (7.5 hrs x 3600 sec.) / (88 sec./ 6 pcs.) = 1841 pcs.
Productivity = 1841 pcs. / 7.5 hrs. = 245.47 pcs./MH

อ้างอิงการผลิต 1,200,000 ชิ้น , 1 MH = 55 บาท
ใช้ MH = 1200000 / 245.47 = 4,888.58 MH
คิดเป็นเงิน = 4888.58 x 55 = 268,871.9 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ข-2.2 การควบคุมสภาวะสุญญากาศแบบไม่มีการไล่ก๊าซ (แบบที่ 2 และ 3)

Productivity = Output / Manpower ; (pcs./MH)

1 รอบการทำงานได้ชิ้นงาน 6 ตัว ดังนั้น

Output = (7.5 hrs x 3600 sec.) / (56.5 sec./ 6 pcs.) = 2867 pcs.

Productivity = 2867 pcs. / 7.5 hrs. = 382.27 pcs./MH

อ้างอิงการผลิต 1,200,000 ชิ้น , 1 MH = 55 บาท

ใช้ MH = 1200000 / 382.27 = 3,139.14 MH

คิดเป็นเงิน = 3139.14 x 55 = 172,652.7 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข-3 การคำนวนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ

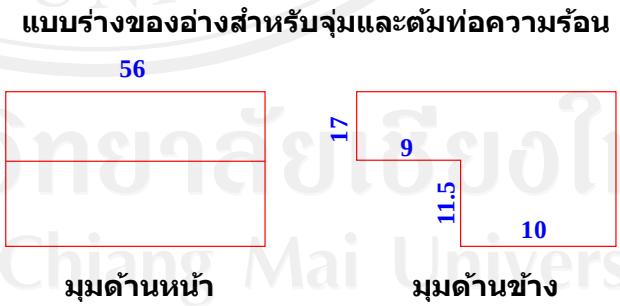
ข-3.1 ค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำดีไอออไนซ์ (DI water)

แม้ว่าปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานในการกำหนดไว้ในการผลิตจริงว่าควรเติมเกินเท่าไหร่จากค่าที่ต้องการจึงจะเหมาะสม แต่จากการเก็บข้อมูลตัวอย่างในการผลิตจริง การเติมน้ำจะเติมเกินโดยเฉลี่ย 0.5 มิลลิลิตร / ชิ้น และคำนวนอ้างอิงราคาน้ำ DI (De-Ionized) = 4 บาท / ลิตร

คิดที่การผลิตคงที่ 1,200,000 ชิ้น / เดือน
ดังนั้น ปริมาณที่เติมเกินในแต่ละเดือน = 0.5 x 1200000 / 1000 = 600 ลิตร / เดือน
ค่าใช้จ่ายในส่วนที่เติมเกิน = 600 x 4 = 2,400 บาท / เดือน

ข-3.2 ค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำรีเวิร์สออสโมซิส (RO water)

ในกรณีที่ไม่มีการไล่ก๊าซจะไม่มีการจุ่มและต้ม ดังนั้นในขั้นตอนควบคุมสภาวะสุญญากาศจะไม่มีการใช้น้ำรีเวิร์สออสโมซิสในกระบวนการ แต่สำหรับกรณีที่มีการไล่ก๊าซแบบปัจจุบันจะมีการใช้น้ำรีเวิร์สออสโมซิสซึ่งบรรจุอยู่ในอ่างดังรูปที่ ข-1



รูปที่ ข-1 แบบร่างและขนาดของอ่างใส่น้ำรีเวิร์สออสโมซิสเพื่อการจุ่มและต้ม

จากรูปร่างอ่างในรูปที่ ข-1การเติมน้ำจะเว้นประมาณ 1 ซม.จากขอบอ่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้น น้ำที่เติมในอ่างมีปริมาตร = [(16x19x56) + (11.5x10x56)] / 1000 = 23.464 ลิตร

ราคาน้ำ RO (Reverse Osmosis) = 0.25 บาท / ลิตร

ต้นทุนน้ำต่ออ่าง = 5.866 บาท

ความถี่ในการเปลี่ยนน้ำ 2 ครั้ง / สัปดาห์

1 ยูนิต มี 4 อ่าง

เดินเครื่องควบคุมสภาวะสุญญากาศ 5 ยูนิต

ต้นทุนน้ำที่ใช้ในแต่ละเดือน = 5. 866 x 2 x 4 x 5 x 4 = 938.56 บาท / เดือน

ข-3.3 ค่าใช้จ่ายของชิ้นงานเสียทางด้านความร้อน (Thermal Defect)

ในการแก้ปัญหาทั้ง 3 ทางเลือกก็มีผลของชิ้นงานเสียทางด้านความร้อนแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถคำนวนค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

แบบที่ 1 : Defect 3%

ผลิต 1,200,000 ชิ้น / เดือน

ราคาต้นทุนท่อความร้อน โดยเฉลี่ย = 16 บาท / ชิ้น

ต้นทุนค่าของเสีย = 1200000 x 16 x 0.03 = 576,000 บาท / เดือน

แบบที่ 2 : Defect 17.57%

ผลิต 1,200,000 ชิ้น / เดือน

ราคาต้นทุนท่อความร้อน โดยเฉลี่ย = 16 บาท / ชิ้น

ต้นทุนค่าของเสีย = 1200000 x 16 x 0.1757 = 3,373,440 บาท / เดือน

แบบที่ 3 : Defect 2.35%

ผลิต 1,200,000 ชิ้น / เดือน

ราคาต้นทุนท่อความร้อน โดยเฉลี่ย = 16 บาท / ชิ้น

ต้นทุนค่าของเสีย = 1200000 x 16 x 0.0235 = 451,200 บาท / เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล นายอัศวเทพ ยงสุวรรณศิลป์

วัน เดือน ปี เกิด 15 มิถุนายน 2521

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดสุทธิวราราม ปีการศึกษา 2539

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2543

ปริญญานิพนธ์เรื่องการประหยัดพลังงานในระบบลมอัดของอาคารRDiPT

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved