

กรณีศึกษาด้านความร้อน
เรื่อง Insulation for tube
(การหุ้มฉนวนผิวผนังเตาขึ้นรูปกระจกเพื่อลดการสูญเสียความร้อน)

ดำเนินการแล้ว มีแผนที่จะดำเนินการ ไม่มีแผนที่จะดำเนินการ

1. บริษัท เอเบิล โพรเกรส อินดัสทรี จำกัด
2. ที่อยู่ 16 หมู่ 2 ซ.วัดเจติยหอย ถ.ปทุมธานี - ลาดหลุมแก้ว ต.คูขวาง อ.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี
3. ประเภทอุตสาหกรรม
ผลิตและจำหน่ายกระจกมองข้าง มองหลัง รถยนต์และรถจักรยานยนต์
4. ลักษณะการใช้พลังงาน

โรงงานมีการติดตั้งใช้งานเตาไฟฟ้าในการให้ความร้อนแก้วตุ้ดบ ซึ่งการให้ความร้อนก็เพื่อขึ้นรูปตุ้ดบให้ได้รูปทรงและมุมตามที่ได้ออกแบบไว้ ระบบไฟที่ใช้เป็น 380 V 3 เฟส ทั้งนี้ได้มีการเดินใช้งานเตาเฉลี่ย 8 ชั่วโมง/วัน 285 วัน/ปี

5. ก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิต/อุปกรณ์การใช้พลังงาน

ในระบบการผลิตกระจกมองหลังรถยนต์ของโรงงานนั้น ในการอบโค้งกระจกรถยนต์ จะต้องใช้เตาที่มีความร้อนสูง ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่สูญเสียที่ผิวผนังเตา จากการตรวจวัดอุณหภูมิผิวผนังเตาขณะมีการใช้งาน โดยอุณหภูมิภายในของเตาปรับตั้งไว้ประมาณ 720 - 730 °C เมื่อทำการตรวจวัดอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านนอกพบว่าอุณหภูมิสูงประมาณ 150 °C จึงส่งผลให้บริเวณการปฏิบัติงานของพนักงานมีความร้อนสะสมเพิ่มสูงขึ้น และ Heater ไฟฟ้าที่ใช้ให้ความร้อนแก่เตาต้องทำงานในแต่ละครั้งนาน ช่วงเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิในช่วงเช้าต้องใช้เวลาาน ส่งผลให้โรงงานต้องสิ้นเปลืองพลังงานใน Heater ไฟฟ้าเพื่อชดเชยความร้อนที่ต้องสูญเสียให้แก่บรรยากาศรอบข้างที่เกิดขึ้นตลอดเวลา

แผนผังกระบวนการผลิต ก่อนหุ้มฉนวนใยแก้ว



6. ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต/อุปกรณ์การใช้พลังงาน

ทางโรงงานทำการหุ้มฉนวนบริเวณผนังด้านข้างทั้ง 3 ด้าน ซึ่งเป็นส่วนที่มีการสูญเสียความร้อนสูง และได้รับความร้อนจากห้องเผาไหม้ของเตาโดยตรง โดยใช้ฉนวนใยแก้วชนิดแผ่นหุ้มปิดทับด้วยแผ่นอะลูมิเนียมพอยล์ทั้ง 3 ด้านและปิดทับด้วย Jacket อลูมิเนียมโดยใช้ความหนาฉนวน 1 นิ้ว

ระบบหลังดำเนินการปรับปรุง โดยหุ้มฉนวนใยแก้ว



7. การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การสูญเสียความร้อนของแผ่นครอบ Heater ที่ไม่มีการหุ้มฉนวน

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ผิวผนังที่สูญเสียความร้อนด้านบน } A_1 &= W \times L \\
 &= 3.5 \times 0.9 \\
 &= 3.15 \quad \text{m}^2 \\
 \text{พื้นที่ผิวผนังที่สูญเสียความร้อนด้านข้าง } A_2 &= (W \times H) \times 2 \\
 &= (3.5 \times 0.8) \times 2 \\
 &= 5.60 \quad \text{m}^2 \\
 \text{พื้นที่ผิวผนังที่สูญเสียความร้อนรวม } A_{\text{total}} &= A_1 + A_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 3.15 + 5.6 \\
&= 8.75 \quad \text{m}^2 \\
\text{เส้นรอบรูป - ด้านบน p} &= (W+L) \times 2 \\
&= 8.80 \quad \text{m} \\
\text{เส้นรอบรูป - ด้านข้าง p} &= ((W+H) \times 2) \times 2 \\
&= 17.20 \quad \text{m} \\
L_1, L_2, L_3 \text{ คือ} & \text{พื้นที่ผิวต่อความยาวเส้นรอบรูปที่ด้านบน ด้านล่าง และด้านข้างถึง} \\
& \text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแผ่นปิดด้านบน } h_{c1} \\
&= 0.59 \times (\Delta T/L_1)^{0.25} \\
&= 2.54 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K} \\
\text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแผ่นปิดด้านข้าง } h_{c2} & \\
&= 1.42 \times (\Delta T/L_2)^{0.25} \\
&= 6.11 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K} \\
\text{สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสี } h_r & \\
&= \epsilon \sigma [(T_{s1} + 273.15)^2 + (T_o + 273.15)^2] \times (T_{s1} + T_o) \\
&= 10.23 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K} \\
\text{Thermal resistance ต่อหน่วยพื้นที่เป็น } R & \\
&= 1/(h_{c1} + h_{c2} + h_r) \\
&= 0.053 \quad \text{m}^2 \cdot \text{K/W} \\
\text{Overall heat transfer } U & \\
&= 1/R \\
&= 1/0.053 \\
&= 18.868 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K} \\
\text{ความร้อนที่สูญเสียต่อพื้นที่ (Heat Flux) } Q_1/\text{m}^2 & \\
&= U (T_{s1} - T_o) \\
&= 18.868 \times (150 - 35) \\
&= 2,169.82 \quad \text{W/m}^2 \\
\text{ความร้อนที่สูญเสียจากผนังเปลือย } Q_1 & \\
\text{การสูญเสียความร้อนของแผ่นครอบ Heater ที่มีการหุ้มฉนวน} & \\
\text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแผ่นปิดด้านบน } h_{c3} & \\
&= 0.59 \times (\Delta T/L_1)^{0.25} \\
&= 1.70 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K} \\
\text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแผ่นปิดด้านข้าง } h_{c4} & \\
&= 1.42 \times (\Delta T/L_3)^{0.25} \\
&= 4.08 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K} \\
\text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี } h_r & \\
&= \epsilon \sigma [(T_{s1} + 273.15)^2 + (T_o + 273.15)^2] \times (T_{s1} + T_o) \\
&= 3.41 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Thermal resistance } R_2 &= [1 / (h_c + h_r)] + (X/k) \\
&= 0.5445 \\
\text{เมื่อ } X &\text{ คือ ความหนาของฉนวน} = 0.0254 \text{ m} \\
k &\text{ คือ ค่าการนำความร้อนของฉนวน (ใยแก้ว)} = 0.058 \text{ W/m.K} \\
\text{จะได้ Overall heat transfer } U_2 &= 1/R_2 \\
&= 1/0.5445 \\
&= 1.837 \text{ W/m}^2.\text{K} \\
\text{ความร้อนสูญเสียทั้งหมด } Q_{i2} &= U_2 A_i (T_2 - T_o) \\
&= 1.837 \times 8.75 \times (150 - 35) \\
&= 1,848.53 \text{ W} \\
\text{อุณหภูมิผิวฉนวนใหม่ } T_{s2} &= T_{s1} - [(X/k) / A_{c2} \times Q_{i2}] \\
&= 150 - [(0.0254/0.058) / 8.75 \times \\
1,848.53] &= 58.0 \text{ } ^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{เมื่อทำการหุ้มฉนวนคิดเป็นความร้อนสูญเสียที่ลดลง} &= 18,985.93 - 1,848.53 \\
&= 17,137.40 \text{ W} \\
\text{ชั่วโมงการทำงานของเตาอบชิ้นงาน} &= 8 \times 285 \\
&= 2,280 \text{ hr/year} \\
\text{คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง} &= (17,137.40 / 1,000) \times 2,280 \\
&= 39,073.27 \text{ kWh/year} \\
\text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 39,073.27 \times 3.32 \\
&= 129,723.26 \text{ Baht/year}
\end{aligned}$$

8. การลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการรวมค่าติดตั้งทั้งสิ้นประมาณ 16,562.50 บาท

9. ระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{เงินทุนทั้งหมดในการดำเนินการปรับปรุง}}{\text{มูลค่าการประหยัดพลังงานที่ได้ต่อปี}} \\
&= \frac{16,562.50}{129,723.26} \\
&= 0.13 \text{ ปี}
\end{aligned}$$