

## บทที่ 4

### วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้จะเน้นในเรื่องการจัดการความเย็นสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการหล่อเย็นท่อพลาสติกซึ่งจะแยกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1. คำนวณหาปริมาณความเย็นที่ต้องการทั้งหมด, ความเย็นสูญเสียในระบบส่งจ่ายน้ำเย็นและความเย็นที่ต้องการในการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์
2. หาแนวทางปรับปรุงหรือลดความเย็นสูญเสีย
3. วิเคราะห์ความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์

#### 4.1 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบ Air cooled water chiller.
2. ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องในการนำน้ำเย็นไปใช้ในงานหล่อเย็นผลิตภัณฑ์
3. ศึกษาและวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบทำความเย็น
4. วางแผนและดำเนินการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น อุณหภูมิน้ำเย็น, อุณหภูมิอากาศ, กำลังการผลิตและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการหล่อเย็น
5. รวบรวมข้อมูลและคำนวณปริมาณความเย็นและความเย็นสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำเย็นและการนำน้ำเย็นไปใช้ โดยข้อมูลที่ได้นำมาเป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง
6. คำนวณปริมาณความเย็นสูญเสียที่เกิดขึ้นหลังทำการปรับปรุง
7. วิเคราะห์และประเมินผลข้อมูลเปรียบเทียบในแง่ความเย็นสูญเสียไปก่อนและหลังปรับปรุง
8. สรุปผลและนำเสนอแนวทางปรับปรุงระบบการทำน้ำเย็นเพื่อลดความเย็นสูญเสียในกระบวนการหล่อเย็นและใช้พลังงานให้คุ้มค่า

#### 4.2 ชนิดของข้อมูลที่จัดเก็บ

แบ่งตามแหล่งที่มาของข้อมูล คือ

1. ข้อมูลจากการวัด เป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยเครื่องมือวัดโดยตรง หรือการอ่านค่าจากเครื่องจักร
2. ข้อมูลจากการคำนวณ เป็นข้อมูลที่ไม่มีเอกสารหรือไม่สามารถวัดได้โดยตรง การคำนวณใช้หลักทางทฤษฎี เช่น การถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อน, พาความร้อน และสมมูลพลังงาน เป็นต้น
3. ข้อมูลที่ได้จากเอกสารหรือการสำรวจ ข้อมูลจากเอกสารของทางโรงงานและข้อมูลทางการผลิตต่าง ๆ รวมทั้งการสอบถามจากพนักงานควบคุมการผลิต เช่น แผนผังระบบการส่งจ่ายน้ำเย็นของโรงงาน, ขั้นตอนการผลิต เป็นต้น

#### 4.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. ศึกษาเกี่ยวกับหลักการการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อให้ทราบถึงรูปแบบและนำไปเป็นแนวทางในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็น
2. ศึกษากระบวนการผลิตท่อพลาสติกและระบบส่งจ่ายน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อเป็นแนวทางในการเก็บข้อมูล
3. ศึกษาหาความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่จะใช้ในการวัดอุณหภูมิ เช่น อุณหภูมิน้ำเย็น, อุณหภูมิผิวท่อ เป็นต้น
4. ระบุตำแหน่ง, เครื่องมือวัดที่เหมาะสม เพื่อทำการบันทึกข้อมูล
5. เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องข้องในการศึกษา
6. วิเคราะห์และคำนวณหาภาวะความเย็น, ความเย็นสูญเสียในระบบส่งจ่ายน้ำเย็นและความเย็นที่ต้องการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์

#### 4.4 เครื่องมือวัดและการออกแบบวิธีการวัด

ตารางที่ 4.1

ประเภทของข้อมูลที่ทำกรการจัดเก็บและชนิดเครื่องมือวัด

ประเภทข้อมูลที่วัด	อุปกรณ์เครื่องมือวัด
อุณหภูมิผิวท่อพลาสติกก่อนและหลังทำการหล่อเย็น	Optex Thermo-Hunter Model PF-3LF
อุณหภูมิน้ำเย็น	เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน
ขนาดความยาวท่อ	ตลับเมตร

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิน้ำเย็นดังนั้นการ ทวนสอบเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งเพื่อใช้เป็น มาตรฐานในการปรับค่าให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

#### 4.4.1 วิธีการทวนสอบเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ใช้วัด อุณหภูมิน้ำเย็น

4.4.1.1 นำน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 7 องศาเซลเซียสมาทำการวัดอุณหภูมิด้วย เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานและแบบปรอท

4.4.1.2 บันทึกค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานและแบบปรอท

4.4.1.3 ทำซ้ำข้อ 4.4.1.1-4.4.1.2 แต่เพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเป็น 10, 15, 20, 25, 30, 40°C

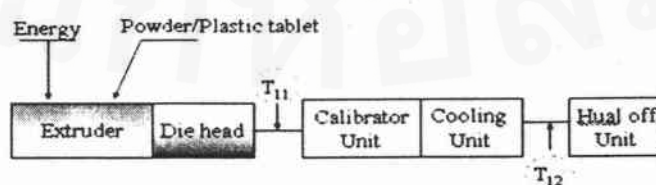
4.4.1.4 บันทึกค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานและแบบปรอท

4.4.1.5 นำข้อมูลที่ได้มา plot กราฟระหว่างค่าอุณหภูมิน้ำที่ได้อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ มาตรฐานกับอุณหภูมิน้ำเย็นที่ได้อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทเพื่อหา Standard curve แล้วนำ ค่าที่ได้ไปใช้เป็นมาตรฐานในการอ่านค่าอุณหภูมิน้ำเย็น

#### 4.4.2 การดำเนินการวัดค่าของข้อมูลต่าง ๆ ที่สามารถวัดได้โดยตรง

4.4.2.1 การวัดอัตราการไหลของท่อพลาสติกแต่ละชนิด โดยทำการอ่านค่าความเร็วใน การดึงท่อ (Puller speed, m/min) ซึ่งสามารถอ่านได้จากหน้าปัดตัวเลขดิจิทัลที่ผู้ควบคุม จากนั้นนำมาคูณกับค่าน้ำหนักพลาสติกต่อเมตร (kg/m) ซึ่งค่านี้เป็นค่ามาตรฐานของการผลิตท่อ พลาสติกแต่ละชนิดที่ได้จากทางโรงงาน เมื่อนำมาค่าทั้งสองมาคูณกันก็จะได้อัตราการไหลของท่อ พลาสติกแต่ละชนิด

4.4.2.2 การวัดอุณหภูมิของผิวท่อพลาสติกก่อนและหลังการหล่อเย็น โดยใช้อุปกรณ์ Digital thermometer



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งที่ใช้วัดอุณหภูมิผิวท่อพลาสติก

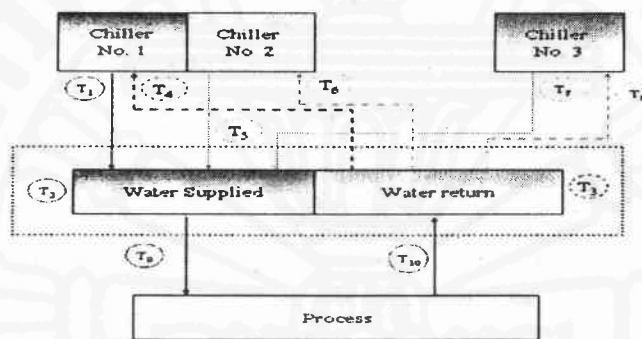
โดยที่

$T_{11}$  คือ อุณหภูมิผิวท่อก่อนเข้าส่วนหล่อเย็น

$T_{12}$  คือ อุณหภูมิผิวท่อหลังผ่านส่วนหล่อเย็น

2.3 การวัดอุณหภูมิน้ำเย็นก่อนและหลังเข้าเครื่องทำน้ำเย็น และอุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้ากระบวนการหล่อเย็น สามารถอ่านค่าได้จากหน้าปัดอุณหภูมิหน้าอุปกรณ์นั้น ๆ

2.4 การวัดอุณหภูมิน้ำเย็นในบ่อกักน้ำเย็น สามารถใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่ผ่านการทวนสอบใน 4.4.1 ทำการวัดอุณหภูมิน้ำเย็น



รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งที่ใช้วัดอุณหภูมิน้ำเย็นและสัญลักษณ์แทนอุณหภูมิน้ำเย็นในแต่ละตำแหน่ง

โดยที่

$T_1$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

$T_2$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นในบ่อกักน้ำเย็นก่อนส่งเข้ากระบวนการผลิต

$T_3$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นในบ่อกักน้ำเย็นหลังจากผ่านกระบวนการผลิต

$T_4$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

$T_5$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

$T_6$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

$T_7$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 3

$T_8$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 3

$T_9$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้าส่วนหล่อเย็น

$T_{10}$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็นหลังออกจากส่วนหล่อเย็น

#### 4.5 วิธีการคำนวณความเย็นสูญเสียและความเย็นที่ต้องการหล่อเย็นต่อพลาสติก

ความเย็นสูญเสียที่เกิดจากระบบส่งจ่ายน้ำเย็นมาจาก 2 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกันคือ

1. ความเย็นสูญเสียเนื่องจากท่อส่งน้ำเย็น โดยสามารถคำนวณหาค่าความเย็นสูญเสียได้โดยสมการของกฎความเย็นของนิวตัน (Newton's law of cooling)

$$Q_{conv} = hA\Delta T \quad (4.1)$$

$Q_{conv}$  คือการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน (kW หรือตันความเย็น)

$h$  คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$A$  คือพื้นที่ผิวของท่อ ( $m^2$ )

$\Delta T$  คือผลของอุณหภูมิระหว่างผิวท่อกับอุณหภูมิอากาศ ( $^\circ C$ )

2. ความเย็นสูญเสียเนื่องจากบ่อกักน้ำเย็น โดยสามารถคำนวณหาค่าความเย็นสูญเสียได้โดยสมการของกฎของ Fourier's law

$$Q_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (4.2)$$

$Q_{cond}$  คือการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการนำความร้อน (kW หรือตันความเย็น)

$k$  คือค่าการนำความร้อน ( $W/m \cdot ^\circ C$ )

$A$  คือพื้นที่การถ่ายเทความร้อน ( $m^2$ )

$\Delta x$  คือความหนาของผนัง (m)

$\Delta T$  คือผลต่างอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิผนังกับอุณหภูมิอากาศ ( $^\circ C$ )

4.5.1.3 ความเย็นที่ต้องการในการระบายความร้อนให้กับท่อพลาสติกที่ผลิตสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = mc_p \Delta T \quad (4.3)$$

$Q$  คือปริมาณความเย็นที่ต้องการในการหล่อเย็นท่อพลาสติก (kW หรือตันความเย็น)

$m$  คืออัตราการไหลเชิงมวลของท่อพลาสติก (kg/s)

$c_p$  คือค่าความจุความร้อนเฉพาะของท่อที่ความดันคงที่ ( $kJ/kg \cdot ^\circ C$ )

$\Delta T$  คือผลต่างอุณหภูมิระหว่าง  $T_{11}$  และ  $T_{12}$  ( $^\circ C$ )

#### 4.6 วิธีการคำนวณความหนาฉนวน

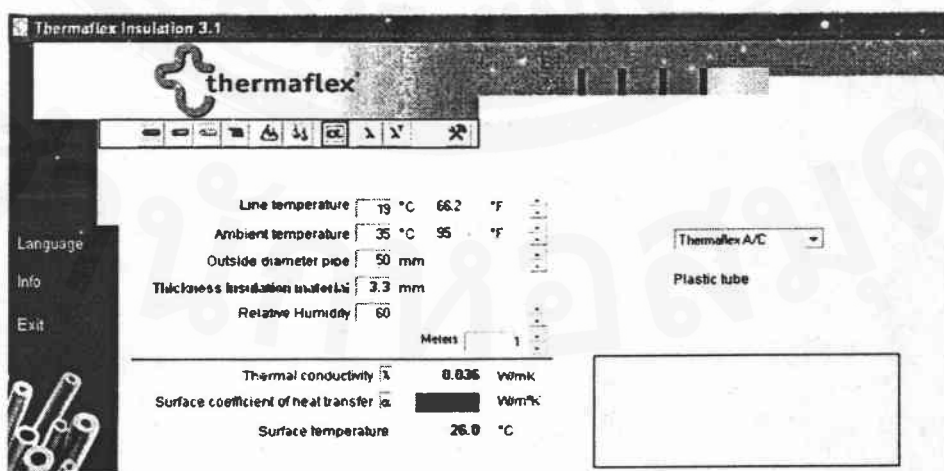
หลังจากหาความเย็นสูญเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการหล่อเย็นสามารถนำปริมาณความเย็นนี้ไปวิเคราะห์ถึงปัญหาและแนวทางในการลดความเย็นสูญเสีย การหุ้มฉนวนเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดความเย็นสูญเสียให้กับระบบส่งจากน้ำเย็น การคำนวณหาความหนาฉนวนสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$r_2 \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{(t_d - t_f)k}{(t_a - t_d)\alpha} \quad (4.4)$$

โดยที่

- $r_1$  คือรัศมีด้านนอกของท่อน้ำเย็น (m)
- $r_2$  คือรัศมีด้านนอก + ความหนาฉนวน (m)
- $t_d$  คืออุณหภูมิ Dew point ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $t_f$  คืออุณหภูมิของของไหล ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $t_a$  คืออุณหภูมิของอากาศ ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\alpha$  คืออุณหภูมิของ Surface air film conductance of the insulation ( $\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ )
- $k$  คือค่าการนำความร้อนของฉนวน ( $\text{W}/\text{m-K}$ )

อีกวิธีการในการคำนวณหาความหนาฉนวนสามารถคำนวณได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้จากบริษัทผู้ผลิตฉนวนที่จัดทำขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานมากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ขอใช้โปรแกรมสำเร็จรูปของ Thermafex Insulation version 3.1 ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมคำนวณหาความหนาฉนวน

#### 4.7 วิธีการคำนวณหาระยะเวลาคู้ทุน (Payback period)

ระยะเวลาคู้ทุน (Pay back period) คือเวลาที่ต้องการเพื่อให้การลงทุนเริ่มต้นได้รับการคืนทุนโดยไม่คำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา สามารถคำนวณได้ดังสมการดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคู้ทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนทั้งหมด}}{\text{เงินที่ประหยัดได้}} \quad (4.5)$$

สำนักหอสมุด