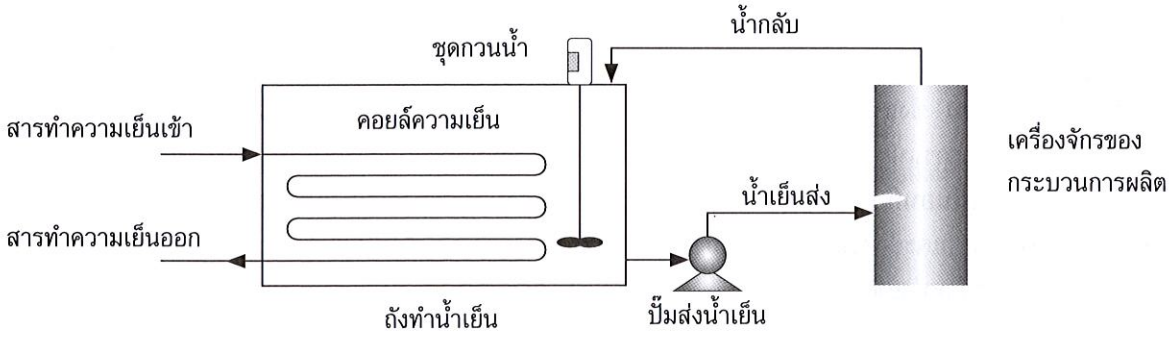
การลดพลังงานเวลาในระบบถังทำน้ำเย็น
Cold Water Tank System by Decrase Energy and Time

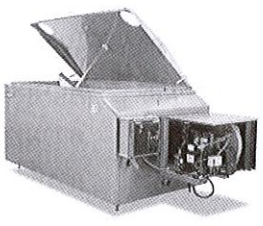
● ผศ. ญาณวุฒิ สุพิชญางกูร
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

บทนำ

ระบบการทำน้ำเย็นในอุตสาหกรรมต่างๆ นั้นมีอยู่หลากหลาย ซึ่งระบบจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้งานกับขนาดของกำลังการผลิตและประเภทอุตสาหกรรมนั้นๆ ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบการทำน้ำเย็นแบบธรรมดาที่ใช้เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศหรือระบายความร้อนด้วยน้ำ หรือในบางประเภทสามารถใช้กับเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมก็ได้ โดยขึ้นกับผู้ออกแบบระบบและปริมาณที่ต้องใช้น้ำเย็น ซึ่งในระบบคอยล์ความเย็นนั้นจะเป็นท่อแบบขดทำด้วยวัสดุที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี และนิยมใช้วัสดุชนิดทองแดง



รูปที่ 1 *แสดงระบบทำน้ำเย็นในถังทำน้ำเย็นและการใช้น้ำเย็นในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม*



รูปที่ 2 *แสดงระบบถังทำน้ำเย็นกับเครื่องทำความเย็น[8]*

ระบบทำน้ำเย็น ซึ่งเป็นระบบหลักตัวหนึ่งที่มีจุดประสงค์ทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงตามมาตรฐานของกระบวนการผลิต การทำน้ำเย็นที่มีปริมาณมาก จำเป็นต้องนำเครื่องทำความเย็นขนาดกำลังงานสูงพอสำหรับการลดอุณหภูมิน้ำเย็นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ระบบจะใช้การควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ เนื่องจากปริมาณน้ำในบ่อมีปริมาณมาก ดังนั้นการจัดการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมจึงเป็นวิธีที่ดีที่สุด

ปัญหาที่ผู้ออกแบบและผู้ควบคุมสามารถพบได้บ่อยๆ ของการทำงานระบบการทำน้ำเย็นในอุตสาหกรรม คือ การใช้ระยะเวลานานในการลดอุณหภูมิของน้ำในถังทำน้ำเย็นก่อนเริ่มนำน้ำเย็นส่งไปใช้งาน และในช่วงที่ดำเนินการส่งน้ำเย็นจากถังไปใช้งาน ซึ่งในช่วงนี้เป็นปัญหาหรือการคาดคะเนได้ยากมากในส่วนของการลดอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ต้องใช้ในการทำให้อุณหภูมิของน้ำลดได้ตามข้อกำหนดของกระบวนการในอุตสาหกรรม ซึ่งระบบการทำน้ำเย็นนั้น มีปัจจัยอื่นๆ ที่สามารถวิเคราะห์ได้ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงปัจจัยของการลดเวลา และลดการใช้พลังงาน เฉพาะระบบภายในถังทำน้ำเย็นเท่านั้น และจะไม่กล่าวถึงส่วนของระบบของเครื่องทำความเย็น ซึ่งระบบของเครื่องทำความเย็นนี้สามารถปรึกษาเทคนิควิธีได้จากผู้ผลิตเครื่องทำความเย็นยี่ห้อนั้น จากประสบการณ์การออกแบบและทดสอบระบบการทำน้ำเย็นนั้นการทำงานของระบบการทำน้ำเย็นส่วนใหญ่จะไม่ถูกแก้ไขในส่วนของถังทำน้ำเย็น แต่จะนิยมเพิ่มขนาดเครื่องทำความเย็น ซึ่งแน่นอนเป็นลดเวลาการทำน้ำเย็นให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการแน่ๆ แต่ก็มีผลกระทบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างแน่นอนคือการเสียค่าใช้จ่ายและการลงทุนในส่วนนี้เพิ่มเติม และยังส่งผลกระทบไปถึงราคาของผลิตภัณฑ์ที่จะส่งไปจัดจำหน่ายด้วย

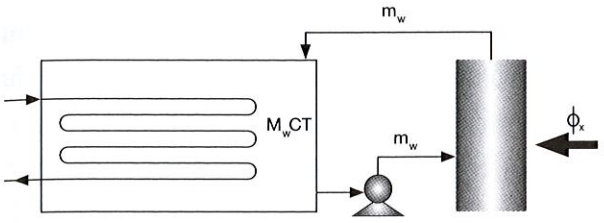
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

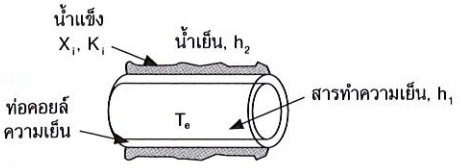
แบบจำลองของระบบถังทำน้ำเย็น (Cold Water Tank System)[3] โดยใช้เครื่องทำความเย็นในการทำน้ำให้เย็นลง หรือทำให้อุณหภูมิของน้ำต่ำลงตามความต้องการของกระบวนการผลิต โดยกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของระบบถังทำน้ำเย็น ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เครื่องระเหย (Evaporator) มีค่าคงที่
2. การสูญเสียความดัน (Pressure drop) ของสารทำความเย็นในระบบท่อ มีค่าน้อยมาก
3. การไหลและกระจายของสารทำความเย็นเป็นการไหลแบบราบเรียบ เมื่อผ่านแผ่นบางที่ราบเรียบ ขณะที่น้ำไหลวนอยู่ภายในถังทำน้ำเย็น
4. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาของสารทำความเย็น มีค่าคงที่
5. น้ำแข็งที่เกาะติดอยู่ผิวภายนอกของท่อสารทำความเย็น ถือว่าน้อยมาก
6. น้ำแข็งที่เกาะติดอยู่ขอบของแผ่นระบายความร้อน ถือว่าน้อยมาก ดังนั้นจะเป็นการเกิดน้ำแข็งที่เป็นผลึกที่มีขนาดใหญ่
7. สมมติค่าความหนาของน้ำแข็ง
8. สมมติให้น้ำที่อยู่ภายในถังทำน้ำเย็น เป็นการผสมอย่างสมบูรณ์
9. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาระหว่างน้ำแข็งกับน้ำ สมมติให้มีค่าคงที่
10. มวลของน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำแข็ง
11. ความร้อนจากภายนอกระบบถังทำน้ำเย็น (O_x) จะมีผลกระทบที่มีค่าไม่คงที่
12. ผลของอุณหภูมิน้ำกลับจากการนำไปใช้ในกระบวนการผลิต จะมีค่าไม่คงที่

จากการวิเคราะห์ดังกล่าว สมมติให้เวลาผ่านไป เมื่อน้ำเย็นส่งออกจากถังทำน้ำเย็น ไปในกระบวนการผลิตจนกระทั่งน้ำกลับมายังถังทำน้ำเย็น โดยถือได้ว่าน้ำกลับนั้นมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำเย็นภายในบ่อน้อยมาก ความหนาของน้ำแข็งและอุณหภูมิของน้ำจะแปรผันไปตามเวลา ดังนั้นการสมมติแบบจำลองของระบบถังทำน้ำเย็นจะมีความเที่ยงตรงในระดับหนึ่งเท่านั้น และการเปลี่ยนแปลงที่ถูกต้องมีการทดสอบจากกระบวนการทำน้ำเย็นในถังจริง ซึ่งการใช้แบบจำลองของระบบถังทำน้ำเย็นนั้นเป็นการสัญนิษฐานเข้าใกล้ความเป็นจริงมากที่สุด

จากแบบจำลองของระบบถังทำน้ำเย็น มวลของน้ำในถังทำน้ำเย็นจะได้จากการสมดุลมวลที่อยู่ในขณะสภาวะคงที่ คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงมวลของน้ำ และอุณหภูมิน้ำกับความหนาแน่นของน้ำแข็งที่เกาะติดนั้นขึ้นอยู่กับการบวนการที่สภาวะไม่คงที่ ดังนั้นจะได้





รูปที่ 3 *วงจรแบบจำลองของระบบถังทำน้ำเย็น*

การสมดุลมวลของน้ำ :

ผลรวมของน้ำทั้งหมด = มวลของน้ำแข็ง + มวลของน้ำที่เป็นของเหลว

$$M_t = M_i + M_w \text{ ------(1)}$$

เมื่อ $M_i = (PV)_i = P_i(Ax_i)$

จะได้ $M_w = M_t - A(X_iP_i)$ -----(2)

การสมดุลพลังงานสำหรับอุณหภูมิน้ำและน้ำแข็งที่ขึ้นอยู่กับเวลา :

ในการพิจารณาสมดุลทางความร้อนของระบบการทำน้ำเย็นในถังทำน้ำเย็น โดยอาศัยสมการการสมดุลความร้อนดังนี้

อัตราความร้อนสะสมของน้ำที่เป็นของเหลว = อัตราความร้อนที่เพิ่มขึ้นของน้ำกลับ - อัตราการสูญเสียความร้อนออกจากน้ำ - อัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำแข็ง -----(3)

$$M_wC = (m_wCT+\phi_x)-(m_wCT)-h_2A(T-0.0) \text{ -----(4)}$$

ดังนั้นจะสมดุลพลังงานของกระบวนการที่มีอยู่ในสภาวะคงที่ดังนี้

อัตราความร้อนสะสมของน้ำแข็งที่เกาะติด = อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพามาจากน้ำ - อัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังสารทำความเย็น

$$-P_iLA\left(\frac{dx_i}{dt}\right) = h_2A(T-0.0)-A(0.0-T_e)\left[\frac{1}{\left(\frac{x_i}{k_i}+\frac{x_w}{k_w}+\frac{1}{h_1}\right)}\right] \text{ ---(5)}$$

$$\frac{dx_i}{dt} = \left[\frac{T_e}{\left(\frac{x_i}{k_i}+\frac{x_w}{k_w}+\frac{1}{h_1}\right)}+h_2T\right]/P_iL \text{ ------(6)}$$

โดยที่ A = พื้นที่หน้าตัดของคอยล์ความเย็น (m^2)

C = ค่าความจุความร้อนของน้ำ (J/kg K)

h_1 = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างสารทำความเย็นที่เดือดกับผนังของคอยล์ความเย็น (W/m^2 K)

h_2 = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างแผ่นฟิล์มน้ำแข็งบางกับน้ำในถัง (W/m^2 K)

k_i = ค่าการนำความร้อนของน้ำแข็ง (W/m K)

k_w = ค่าการนำความร้อนของผนังของคอยล์ความเย็น (W/m K)

L = ความร้อนแฝงการกลายเป็นเยือกแข็งของน้ำ (J/kg)

m_w = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg)

M_t = ผลรวมมวลของน้ำในระบบ (kg)

M_w = ผลรวมมวลของน้ำสถานะของเหลวในระบบ (kg)

M_i = ผลรวมมวลของน้ำแข็งในระบบ(kg)

t = เวลา (s)

T = อุณหภูมิของน้ำ (°C)

T_e = อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เครื่องระเหย (°C)

x_i = ความหนาของน้ำแข็ง (m)

X_w = ความหนาของผนังของคอยล์ความเย็น (m)

p_i = ความหนาแน่นของน้ำแข็ง (kg/m^3)

ϕ_x = ภาระความร้อนจากภายนอก = f(t) (W)

จะได้สมการของอุณหภูมิขึ้นอยู่กับเวลา ดังนี้

$$\frac{dT}{dt} = \left(\phi_x-h_2AT-\frac{CAT}{L}\right)\left[h_2T+\frac{T_e}{\left(\frac{x_i}{k_{ice}}+\frac{x_w}{k_w}+\frac{1}{h_1}\right)}\right]/(M_wC) \text{ --(7)}$$

การจำลองระบบจะใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ มีภาระความร้อนจากภายนอกน้อยมาก ทำให้น้ำแข็งไม่เกิดขึ้น จะได้สมการของการถ่ายเทความร้อนจากน้ำไปยังสารทำความเย็น และ M_w มีค่าคงที่

$$\frac{dT}{dt} = \left[\frac{A(T-T_e)}{\left(\frac{x_i}{k_i}+\frac{x_w}{k_w}+\frac{1}{h_1}\right)}\right]/(M_w C) \quad \text{-----(8)}$$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของถังทำน้ำเย็นแบบง่าย แต่มีตัวแปรหลายๆ ตัวแปรที่แปรเปลี่ยน ซึ่งเป็นการยากในการจำลองระบบการทำความเย็น จากการวิเคราะห์ที่สภาวะไม่คงที่เป็นการยากที่จะจำลองระบบทำความเย็นให้สอดคล้องหรือคงที่ได้

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแบบจำลองระบบการทำความเย็น

- **การวางตำแหน่งของท่อน้ำกลับและท่อน้ำส่ง**

ในระบบการส่งน้ำเย็นออกจากถังทำความเย็น และระบบส่งกลับน้ำที่นำไปใช้ในกระบวนการของอุตสาหกรรม หรือเครื่องจักรที่ใช้น้ำเย็นไปหล่อเลี้ยงเพื่อการแลกเปลี่ยนความร้อน ในการวางตำแหน่งท่อน้ำกลับและท่อน้ำส่ง มีส่วนสำคัญในการช่วยกระจายอุณหภูมิของน้ำร้อนกับน้ำเย็นให้ผสมกัน และมีความสมดุลทางความร้อนเร็วขึ้น พร้อมทั้งสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนกับคอยล์ความเย็น โดยการผ่านผิวท่อของคอยล์ความเย็นหรือแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็ง กรณีที่มีการเกิดแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งที่ผิวคอยล์ความเย็นขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าวางตำแหน่งท่อน้ำกลับและท่อน้ำส่งใกล้กัน ในช่วงระยะเวลาสั้นๆนั้น น้ำร้อนที่กลับจะมาผสมกับน้ำเย็นในถังอย่างรวดเร็วทำให้อุณหภูมิเย็นลงไม่ได้ตามที่ต้องการ ดังนั้นที่ท่อส่งน้ำส่วนนี้จะถูกดูดด้วยปั๊มน้ำส่งกลับไปใช้งานในกระบวนการอีกครั้ง ซึ่งจะมีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ของสินค้านั้นๆ และอีกประเด็นน้ำที่ส่งออกไปจะมีอุณหภูมิไม่ได้ตามที่กำหนดไว้ จะเห็นได้ว่าการวางตำแหน่งของท่อน้ำกลับและท่อน้ำส่งที่เหมาะสมย่อมส่งผลดีกับการลดระยะเวลาการลดอุณหภูมิของน้ำในถังทำน้ำเย็น ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งที่สมควรพิจารณาเป็นลำดับแรกๆ โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติม แต่ต้องใช้ความคิดในการออกแบบทางทฤษฎีของพลศาสตร์ความร้อน (Thermodynamics) ในด้านการสมดุลพลังงาน และทฤษฎีการไหลของของไหล (Fluids Engineering) กับทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

รูปที่ 4 แสดงการวางตำแหน่งของท่อน้ำกลับและท่อน้ำส่ง

จากรูปที่ 4 จะได้

1. ระยะห่างท่อน้ำกลับและท่อน้ำส่งควรมีระยะไกลกันให้มากที่สุด โดยพึงระวังเรื่องการผสมกันระหว่างน้ำเย็นที่จะส่งเข้ากระบวนการกับน้ำร้อนกลับ ปัจจัยในส่วนนี้การออกแบบหรือการกำหนดต้องวิเคราะห์ในส่วนของการสมดุลความร้อน และความเร็วของของเหลวทั้งสอง

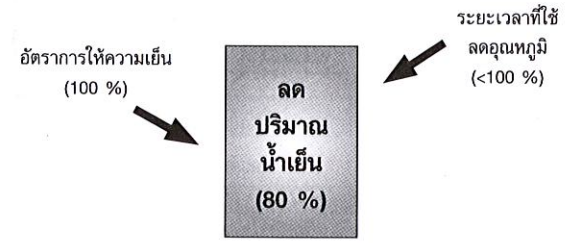
2. การออกแบบหรือการกำหนดเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดควรวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนการนำน้ำร้อนกลับจากกระบวนการมาผ่านคอยล์ความเย็น (Cooling Coil) โดยมีจุดประสงค์เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างรวดเร็วและยังได้ประโยชน์เพิ่มเติมในกรณีมีการเกิดแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งที่เกาะติดผิวท่อหรือแผ่นครีบของคอยล์ความเย็น ดังนั้นการให้น้ำร้อนกลับมีแรงกระทำกับแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งนั้นเป็นสิ่งที่ต้องใช้ประสบการณ์และทฤษฎีประกอบเข้าด้วยกัน เนื่องจากระยะเวลากับความหนาของแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งเป็นตัวแปรหลักของการออกแบบความเร็วของน้ำร้อนกลับ

3. ผลประโยชน์อีกด้านของความเร็วของน้ำร้อนกลับ คือการทำให้การกระจายอุณหภูมิของน้ำภายในถังทำน้ำเย็นเกิดขึ้นรวดเร็ว ซึ่งเป็นการลดระยะเวลาการสมดุลความร้อน เมื่อดูได้จากสมการที่ 7 ถ้าระยะเวลาน้อยลงจะส่งผลให้การลดอุณหภูมิของน้ำลดลงตามไปด้วย

- **การกระจายอุณหภูมิของน้ำเย็น**

วิธีการกระจายอุณหภูมิของน้ำเย็นมีอยู่หลายวิธี ส่วนใหญ่เป็นการติดตั้งชุดใบพัดกวนน้ำ ดังรูปที่1 เพื่อช่วยในการหมุนเวียนของน้ำเย็นภายในถัง หรือการใช้การไหลของน้ำร้อนกลับ และการไหลของน้ำเย็นที่ส่ง ซึ่งมีจุดประสงค์เดียวกันคือ หลักการการกระจายอุณหภูมิของน้ำเย็น แต่ต้องใช้หลักทฤษฎีเช่นเดียวกับการวางตำแหน่งของท่อน้ำกลับและท่อน้ำส่ง และต้องมีค่าความเร็วที่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ผ่านคอยล์ความเย็น

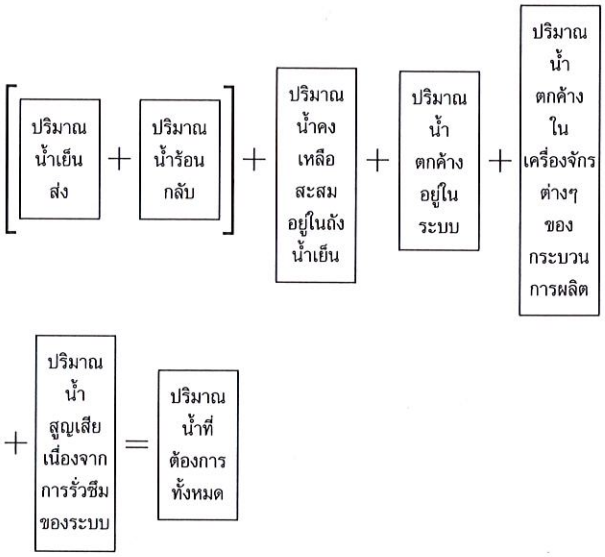
- **มวลหรือปริมาณน้ำเย็น**



(ข) เมื่อปริมาณน้ำเย็นลดลงเป็น 80 %

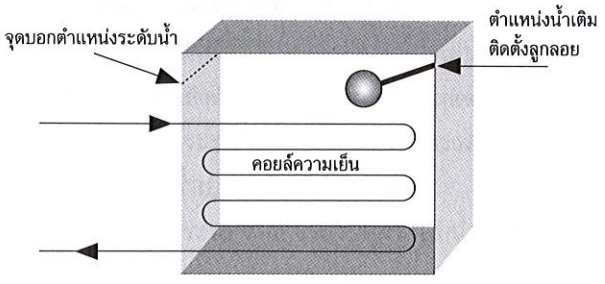
รูปที่ 5 *แสดงระยะเวลาที่ใช้ลดอุณหภูมิขึ้นกับปริมาณน้ำเย็น*

ความต้องการใช้ปริมาณน้ำเย็นให้เพียงพอและเหมาะสมกับระบบการใช้น้ำเย็นในกระบวนการอุตสาหกรรมนั้น โดยปกติผู้ออกแบบกระบวนการผลิตต้องออกแบบระบบการใช้น้ำเย็นด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของเครื่องจักรต่างๆ หรืออาจมีการออกแบบเผื่อเพื่อวางแผนรองรับการขยายปริมาณการผลิตกรณีที่อุตสาหกรรมได้วางแผนไว้แล้ว ตัวแปรต่างๆที่ผู้ออกแบบระบบการใช้น้ำเย็นสมควรนำมาพิจารณา ซึ่งมีตัวแปรดังนี้ อัตราการใช้ปริมาณน้ำเย็น (Q) ,อุณหภูมิน้ำเย็นส่ง(T) , แรงดันน้ำ (P) , ปริมาณการถ่ายเทความร้อน ซึ่งผู้ออกแบบจะเผื่อขนาดปริมาณที่ใช้ประมาณ 5-10% ดังนั้นผู้ควบคุมการทำงานของระบบการใช้น้ำเย็นต้องมีความเข้าใจและวิเคราะห์การใช้ปริมาณน้ำเย็นในแต่ละช่วงเวลาได้เหมาะสมและมีความแม่นยำได้ขนาดไหน ซึ่งต้องทำการบันทึกผลการใช้งานทุกๆ เวลา แล้วตรวจสอบวิเคราะห์ เพื่อปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ บางค่าเพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานได้ และเป็นวิธีการที่มีผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ ดังรูปที่ 5 แต่ต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบวิเคราะห์เป็นระยะๆ และมีแผนผังการวิเคราะห์การใช้ปริมาณน้ำเย็น ดังนี้



รูปที่ 5 *แสดงแผนผังการวิเคราะห์การใช้ปริมาณน้ำเย็น*

การปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำเย็น ให้เหมาะสมจึงเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายที่สุดซึ่งไม่ต้องมีการลงทุนเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ถ้าผู้ควบคุมการทำงานไม่มีความเข้าใจในการตรวจสอบวิเคราะห์จากการบันทึกอาจจะใช้วิธีบันทึกหรือเขียนรอยระดับของน้ำที่ใช้ที่ผนังด้านในของถังดังรูปที่ 6 ซึ่งเทียบกับการใช้งานกับเครื่องจักรในระบบการผลิตในแต่ละครั้ง



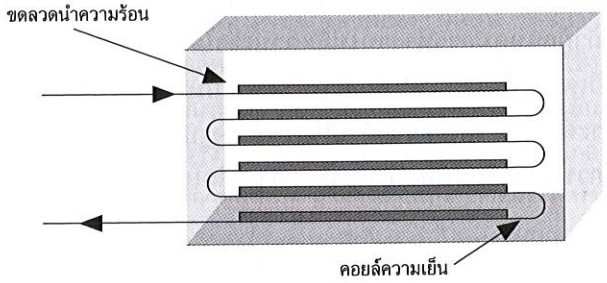
รูปที่ 6 *แสดงการตรวจสอบวิเคราะห์ โดยวิธีการเขียนรอยระดับของน้ำที่ใช้ที่ผนังด้านในของถัง*

- **การควบคุมการเกาะตัวของแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งที่ผิวคอยล์ความเย็น**

การเกิดฟิล์มบางหรือการเกิดความหนาของน้ำแข็งที่บริเวณคอยล์ความเย็นมีส่วนการลดอัตราการถ่ายเทความร้อนจากสารทำความเย็นที่เคลื่อนที่ภายในขดท่อของคอยล์ความเย็นไปยังน้ำเย็นภายในถัง การที่ฟิล์มบางของน้ำแข็งมีความหนามาก ย่อมทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนน้อยลง หรือใช้ระยะเวลามากในการทำให้น้ำภายในถังมีอุณหภูมิลดลงตามที่กำหนด ดังนั้นมีวิธีการควบคุมการเกิดความหนาของน้ำแข็งที่บริเวณคอยล์ความเย็น คือการจัดการเรื่องเวลาการเปิดและปิดอัตโนมัติของระบบเครื่องทำความเย็นกับอุณหภูมิของน้ำเย็นในถัง

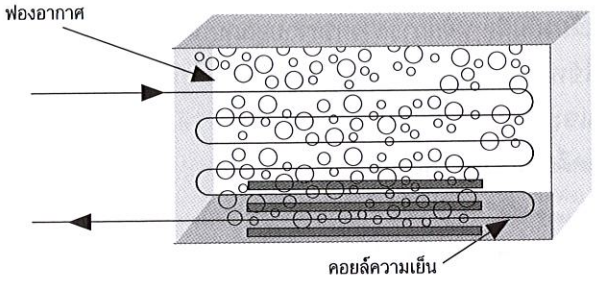
การละลายหรือทำลายแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งที่ผิวคอยล์ความเย็น เป็นวิธีที่เหมาะสม แต่จะกำหนดไม่ได้ว่าจะละลายหรือทำลายที่ความหนาเท่าไรหรือใช้ช่วงเวลาเท่าไร ถ้าทำลายให้แผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งเป็นเกล็ดเล็กๆก็เป็นผลดี คือทำให้มีการเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนมากขึ้น ซึ่งมีวิธีแก้ปัญหาแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งที่ผิวคอยล์ความเย็น ดังนี้

1. การใช้ขดลวดทำความร้อนติดกับคอยล์ความเย็นเพื่อทำการละลายความหนาฟิล์มบางของน้ำแข็ง เครื่องทำความเย็นจะหยุดทำงานชั่วขณะ ระบบจะสั่งการให้กระแสไฟฟ้าส่งผ่านให้กับขดลวดทำความร้อนติดกับคอยล์ความเย็นเพื่อช่วยละลายและทำลายฟิล์มบางของน้ำแข็งให้แตกกระจายโดยเร็ว ดังรูปที่ 7



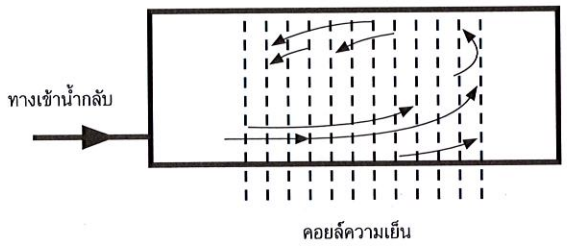
รูปที่ 7 *แสดงการใช้ขดลวดทำความร้อนติดกับคอยล์ความเย็น*

2. การใช้ฟองอากาศไปกระแทกกับฟิล์มบางของน้ำแข็ง เพื่อช่วยลดการเกิดความหนาและทำลายฟิล์มบางของน้ำแข็งให้แตกกระจายได้ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 *แสดงการใช้ฟองอากาศช่วยลดการเกิดความหนาฟิล์มบางของน้ำแข็ง*

3. การใช้แรงดันหรือการไหลของน้ำกลับมายังถังมาช่วยลดการเกิดความหนาฟิล์มบางของน้ำแข็ง ดังรูปที่ 9

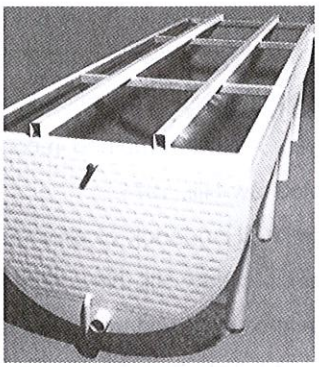


รูปที่ 9 *แสดงการใช้แรงดันหรือการไหลของน้ำกลับ*

4. การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของน้ำภายในถังหรืออุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของผิวคอยล์ความเย็นเพื่อกำหนดระยะเวลาการละลายความหนาฟิล์มบางของน้ำแข็ง

- **การเพิ่มพื้นที่ให้ความเย็น**

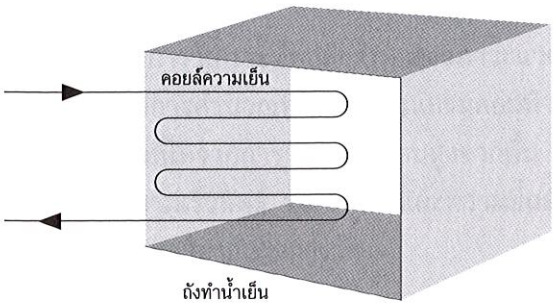
ปัจจุบันมีการออกแบบเทคโนโลยีใหม่ที่มีความสามารถและประสิทธิภาพสูงขึ้นในการแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งมีหลักการคือ การเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นและน้ำภายในถัง พร้อมกับสามารถประกอบเป็นผนังของถังทำน้ำเย็นได้ด้วย โดยวิธีการใช้ผนังโลหะ 2 ชั้น และมีสารทำความเย็นไหลระหว่างกลางผนังโลหะทั้งสอง ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 *แสดงการเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ผนังของถังทำความเย็น (1)*

และยังมีการวางรูปแบบของคอยล์ความเย็นให้เหมาะสมกับทิศทางการไหลของน้ำในถัง เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อการแลกเปลี่ยนความร้อน ดังรูป

(ก) การวางคอยล์ความเย็นในแนวตามยาวของถังทำน้ำเย็น



(ข) การวางคอยล์ความเย็นในแนวตามขวางของถังทำน้ำเย็น

รูปที่ 11 *แสดงการวางคอยล์ความเย็นภายในถังทำน้ำเย็น*

- **การเลือกใช้ชนิดวัสดุและความหนาของคอยล์ความเย็น**

เป็นแนวทางหนึ่งที่ผู้ออกแบบระบบความเย็นต้องคำนึงถึงคือชนิดวัสดุและการเลือกใช้คอยล์ความเย็น ดังตารางที่ 1 แสดงชนิดวัสดุต่างๆที่นิยมใช้ทำคอยล์ความเย็นและค่าการนำความร้อน,k ของชนิดวัสดุนั้นๆ

ตารางที่ 1 *แสดงชนิดวัสดุต่างๆและค่าการนำความร้อน,k ที่ใช้ทำคอยล์ความเย็น*

วัสดุ	ค่าการนำความร้อน,k (W/m K)
เงิน	422
ทองแดง	391
อลูมิเนียม	234
เหล็ก	55

โดยส่วนใหญ่ผู้ออกแบบนิยมเลือกที่หาได้ตามท้องตลาด,ราคาไม่สูง และที่สำคัญต้องมีค่าการนำความร้อน,k สูง เพื่อให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงตามไปด้วย

วิเคราะห์และสรุป

ระบบการทำน้ำเย็นในอุตสาหกรรม โดยใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งจะเห็นได้ว่าสมการที่ (8) เป็นสมการจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบถังทำน้ำเย็น โดยใช้เครื่องทำความเย็นในการทำให้อุณหภูมิของน้ำต่ำลงตามความต้องการของกระบวนการผลิต จากการศึกษาและวิเคราะห์สมการดังกล่าว ได้พบรายละเอียดเกี่ยวกับการสูญเสียพลังงานไปกับสภาพแวดล้อม และการทำให้ระยะเวลาลดอุณหภูมิของน้ำเย็นภายในถังช้าลง ซึ่งสรุปได้ว่ามีผลกระทบที่สำคัญต่างๆดังนี้

1. ผลกระทบจากพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน
2. ผลกระทบจากการผสมน้ำกลับกับน้ำเย็นภายในถัง
3. ความเหมาะสมของปริมาณน้ำเย็นที่ต้องการในกระบวนการผลิต
4. ผลกระทบจากการออกแบบโครงสร้างและการใช้วัสดุของถังทำน้ำเย็น
5. ผลกระทบจากการควบคุมระบบน้ำเย็น

โดยผลกระทบทั้งหมด ในบทความนี้ ได้เสนอทางเลือก เพื่อเป็นการประหยัดการใช้พลังงาน และบางหัวข้อยังช่วยให้ระยะเวลาเร็วขึ้นในการลดอุณหภูมิของน้ำภายในถัง และมีบทสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การเพิ่มพื้นที่ให้ความเย็น
2. การวางตำแหน่งของท่อน้ำกลับและท่อน้ำส่งให้เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด
3. การกระจายอุณหภูมิของน้ำเย็น อย่างรวดเร็ว
4. การกำหนดมวลหรือปริมาณน้ำเย็น ให้เหมาะสมกับการใช้งานของกระบวนการผลิต
5. การควบคุมการเกาะตัวของแผ่นฟิล์มบางของน้ำแข็งที่ผิวคอยล์ความเย็น
6. การเลือกใช้ชนิดวัสดุและความหนาของคอยล์ความเย็นที่เหมาะสม

วิธีการทั้งหมดนี้ สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการลดเวลา และลดการใช้พลังงาน เฉพาะภายในถังทำน้ำเย็น และสามารถนำไปปฏิบัติงานได้จริง ทั้งผู้ออกแบบและผู้ควบคุมการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

1. BUCOplate heat exchanger panels., BUCO WARMEAUSTAUSCHER JOHS. BURMESTER+CO.GMBH, 1998.
2. Cengel, Yunus A., Thermodynamics : and engineering approch, Singapore, McGraw-Hill, 1989.
3. Cleland, Andrew C., Food refrigeration processes : analysis, design and simulation ,Elsevier Applied Science, London, 1990.
4. Dossat. Roy J., Principle of refrigeration, 4th ed., Upper Saddle River, N.J, Prentice-Hall,1997.
5. Glen E. Myers.,Analytical method in conduction heat transfer, McGraw-Hill, 1971.
6. Wang, Shan K., Handbook of air conditioning and refrigeration, McGraw-Hill, New York, 1993.
7. http://www.fafco.ch/Standard__ES__EN.html
8. http://www.xs4all.nl/~ftpha101/pics/packo-OMDXIB.html
9. คู่มือการเลือกใช้วัสดุ, บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด, กรุงเทพฯ, มกราคม 2533.
10. ญาณวุฒิ สุพิชญางกูร.,"การทำน้ำเย็นในบ่อน้ำเย็น" วิสัยทัศน์ งานวิศวกรรมปรับอากาศในอนาคต 1, พฤศจิกายน 2541.