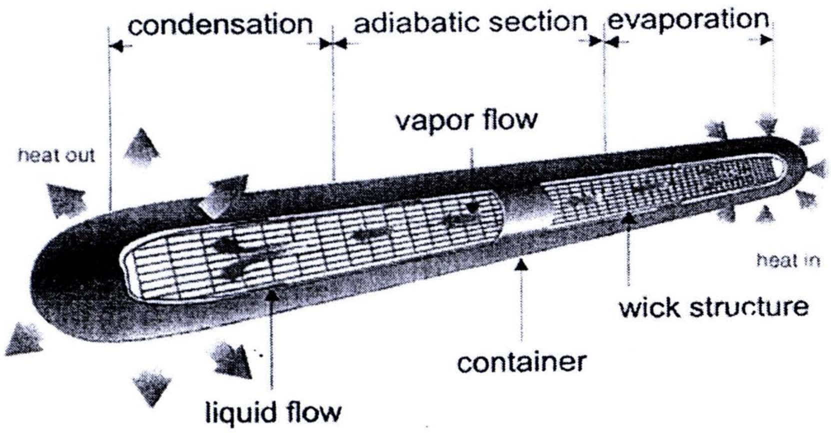
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการและทฤษฎีของท่อความร้อน

2.1.1 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของท่อความร้อน

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการนำความร้อนประสิทธิภาพสูง มีลักษณะเป็นท่อปลายปิดทั้ง 2 ด้าน ภายในจะมีสภาพสุญญากาศบรรจุสารทำงานและวัสดุพรุนไว้ สารทำงานทำหน้าที่รับความร้อนจากส่วนทำระเหยแล้วไปประบายความร้อนกับส่วนควบแน่นแล้วกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวไหลกลับมายังส่วนทำระเหยโดยอาศัยวัสดุพรุนที่มีแรงคาปิลลารี่ช่วยในการดึงเอาสารทำงานที่กลั่นตัวให้ไหลกลับมายังส่วนทำระเหยดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของท่อความร้อน (www.dynatron-corp.com)

2.1.2 ทฤษฎีการคำนวณหาสมรรถนะของท่อความร้อน

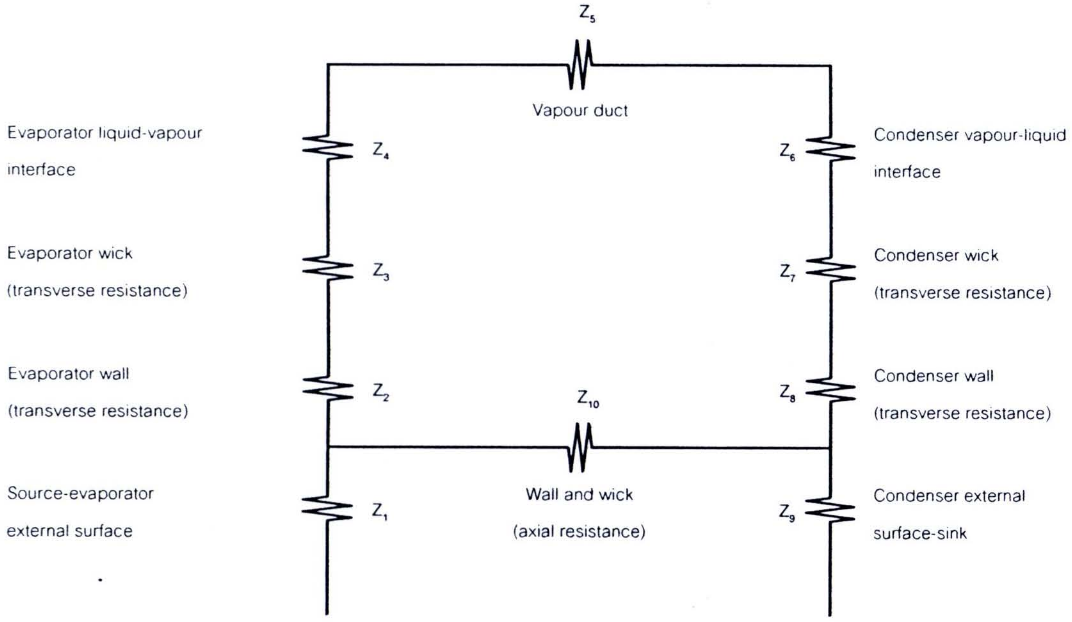
สมรรถนะของท่อความร้อนสามารถแสดงได้โดยค่าความต้านทานความร้อนรวม (Z_{total}) อัตราการส่งถ่ายความร้อนจริง (Q) และผลต่างระหว่างแหล่งให้ความร้อน และแหล่งรับความร้อน (ΔT) โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q = \frac{\Delta T}{Z_{total}} \tag{1}$$

โดยที่ $Z_{total} = Z_1 + \left(\frac{Z_{\text{int}} \times Z_{10}}{Z_{\text{int}} + Z_{10}} \right) + Z_9$

และ $Z_{\text{int}} = Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8$

ค่าความต้านทานทางความร้อนรวมถูกแทนในรูปของเครือข่ายทางอุดมคติของค่าความต้านทานทางความร้อนรวม (Z_1 ถึง Z_{10}) ดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 เครือข่ายทางอุดมคติของค่าความต้านทานทางความร้อนรวมของท่อความร้อน

Z_1 และ Z_9 คือค่าความต้านทานทางความร้อนระหว่างแหล่งให้ความร้อนกับผิวท่อด้านนอกของส่วนทำระเหย และระหว่างผิวท่อด้านนอกของส่วนควบแน่นกับแหล่งรับความร้อนตามลำดับ คำนวณหาได้จาก

$$Z_1 = \frac{1}{h_{eo} S_{eo}} \tag{2}$$

$$Z_9 = \frac{1}{h_{co} S_{co}} \tag{3}$$

Z_2 และ Z_8 คือค่าความต้านทานทางความร้อนของผนังท่อส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นตามลำดับ คำนวณหาได้จาก

$$Z_2 = \frac{\ln\left(D_o / D_i\right)}{2\pi l_e k_x} \tag{4}$$

$$Z_8 = \frac{\ln\left(D_o / D_i\right)}{2\pi l_c k_x} \tag{5}$$

Z_3 และ Z_7 คือค่าความต้านทานทางความร้อนของวัสดุพรุนในส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นตามลำดับ คำนวณหาได้จาก

$$Z_3 = \frac{\ln\left(D_i / D_v\right)}{2\pi l_e k_w} \tag{6}$$

$$Z_7 = \frac{\ln\left(D_i / D_v\right)}{2\pi l_c k_w} \tag{7}$$

Z_4 และ Z_6 คือค่าความต้านทานทางความร้อนที่เกิดขึ้นที่หน้าสัมผัสระหว่างของเหลวและไอสารทำงานภายในท่อส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้านทานอื่นๆ จึงไม่นำมาพิจารณา

Z_5 คือ ค่าความต้านทานทางความร้อนอันเนื่องมาจากความดันไอตกคร่อมระหว่างส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น มีผลทำให้อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำงานลดลงด้วย อัตราการควบแน่นจึงลดลง แต่มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าความต้านทานอื่นๆ จึงไม่นำมาพิจารณา

Z_{10} คือ ค่าความต้านทานทางความร้อนตามแนวแกนของผนังท่อบรรจุและวัสดุพรุน โดยการนำความร้อนขึ้นกับความหนาและวัสดุที่ใช้ทำท่อความร้อนหาค่าประมาณจากสมการ

$$Z_{10} = \frac{l_e + l_a + l_c}{A_x k_x + A_w k_w} \tag{8}$$

เกณฑ์ทางปฏิบัติที่ใช้ในการพิจารณาการตัด Z_{10} ทิ้ง คือ

$$\frac{Z_{10}}{Z_2 + Z_3 + Z_7 + Z_8} > 20 \tag{9}$$

หากเป็นไปตามสมการ 9 ค่าความต้านทานทางความร้อนรวมจะเป็น

$$Z_{total} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_7 + Z_8 + Z_9 \tag{10}$$

แต่หากไม่เป็นไปตามสมการ 9 จะต้องพิจารณา Z_{10} ด้วย โดยค่าความต้านทานทางความร้อนรวมจะเป็น

$$Z_{total} = Z_1 + \left[\frac{(Z_2 + Z_3 + Z_7 + Z_8) \times Z_{10}}{Z_2 + Z_3 + Z_7 + Z_8 + Z_{10}} \right] + Z_9 \tag{11}$$

2.1.3 ขีดจำกัดการทำงานของท่อความร้อน (Performance limits)

เมื่อท่อความร้อนแบบทั่วไปทำงาน สารทำงานที่บรรจุอยู่ภายในท่อความร้อนก็จะเกิดการระเหย ควบแน่น และไหลเวียนไปมาภายในท่อความร้อน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อท่อความร้อนส่งผ่านความร้อนเพิ่มขึ้นจนถึงค่าความร้อนค่าหนึ่ง จะเกิดปรากฏการณ์บางอย่างที่ทำให้สารทำงานไม่สามารถรับความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงได้ ทำให้การส่งผ่านความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงผ่านตัวท่อความร้อนเกิดขึ้นไม่ได้ และพื้นผิวส่วนทำระเหยจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนเท่ากับแหล่งให้ความร้อนในที่สุด ค่าความร้อนที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ข้างต้น เรียกว่า ค่าการส่งถ่ายความร้อนวิกฤต โดยขีดจำกัดการทำงานของท่อความร้อนธรรมดาเกิดขึ้นจากขีดจำกัดความหนืด (Viscous limit) ขีดจำกัดความเร็วเสียง (Sonic limit) ขีดจำกัดการหอบพา (Entrainment limit) ขีดจำกัดคาปิลลารี่ (Capillary limit) และขีดจำกัดการเดือด (Boiling limit) โดยเงื่อนไขการทำงาน โครงสร้างและชนิดของสารทำงานของท่อความร้อนจะเป็น ตัวกำหนดชนิดของขีดจำกัดการทำงานของท่อความร้อนว่าจะเกิดเนื่องจากขีดจำกัดใด โดยขีดจำกัดแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

2.1.3.1 ขีดจำกัดความหนืด เกิดขึ้นเมื่อท่อความร้อนแบบธรรมดาทำงานที่อุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิต่ำ ความดันตกคร่อมในการไหลเนื่องจากความหนืดของไอจะมีผลสำคัญทำให้ไอไม่สามารถไหลได้ เนื่องจากความดันไอในส่วนทำระเหยน้อยกว่าความดันตกคร่อม ทำให้การไหลเวียนของสารทำงานไม่เกิดขึ้น และการส่งผ่านความร้อนไม่สามารถเกิดขึ้นได้ด้วย การทำนายค่าขีดจำกัดความหนืดหาจากความสัมพันธ์

$$q = \frac{r_v^2 h_{fg} \rho_v P_v}{16 \mu_v l_{eff}} \tag{12}$$

2.2.3.2 ขีดจำกัดความเร็วเสียง เกิดขึ้นเมื่อใช้งานท่อความร้อนแบบธรรมดาที่อุณหภูมิสูงๆ ภายใต้เงื่อนไขการทำงานนี้ความเร็วไอจะมีค่าสูงมากเมื่อเทียบความเร็วเสียงในไอ การส่งผ่านความร้อนจะไม่เพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลเมื่อความเร็วไอมีค่าใกล้กับความเร็วเสียง ดังนั้นการส่งผ่านความร้อนจึงถูกจำกัดที่ค่าความเร็วไอค่าหนึ่งซึ่งไม่เกินความเร็วเสียงขีดจำกัดความเร็วเสียงหาได้จาก

$$q = 0.474 h_{fg} \left(\rho_v P_v \right)^{1/2} \tag{13}$$

2.2.3.3 ขีดจำกัดคาปิลลารี่ เกิดขึ้นเมื่อแรงดันคาปิลลารี่มีไม่เพียงพอที่จะผลักดันให้ของเหลวในส่วนควบแน่นไหลกลับมายังส่วนทำระเหย ส่งผลให้ของเหลวที่ส่วนทำระเหยไม่เพียงพอในการระเหย ทำให้เกิดการแห้ง (Dry out) ที่ส่วนทำระเหย และอุณหภูมิผิวท่อในส่วนทำระเหยจะสูงขึ้นจนเข้าใกล้อุณหภูมิแหล่งความร้อน ค่าขีดจำกัดการทำงานในกรณีนี้ทำนายได้จากความสัมพันธ์

$$Q_{wick} = \left(\frac{\rho_l \sigma_l h_{fg}}{\mu_l} \right) \left(\frac{KA}{l} \right) \left(\frac{2}{r_e} - \frac{\rho_l g l}{\sigma_l} \sin\theta \right) \tag{14}$$

2.2.3.4 ขีดจำกัดการหอบพาหรือการท่วม เมื่อเพิ่มค่าความร้อนเข้าไปในตัวท่อความร้อน ไอสารทำงานจะมีความเร็วสูงขึ้น เมื่อไอมีความเร็วสูงขึ้นแต่ยังต่ำกว่าความเร็วเสียง แรงเฉือนที่หน้าสัมผัสไอ-ของเหลวก็จะมีค่าสูงขึ้นขีดจำกัดการทำงานนี้เกิดขึ้นเมื่อไอมีความเร็วสูงขึ้นจนแรงเฉือนที่หน้าสัมผัสไอ-ของเหลวมีค่าเพียงพอที่จะต้านการไหลกลับของของเหลว กรณีที่เป็นท่อความร้อนธรรมดาแรงเฉือนจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวของวัสดุพรุนทำให้ของเหลวไม่สามารถไหลกลับไปยังส่วนทำระเหยได้ และเกิดการแห้งขึ้นในที่สุดการส่งผ่านความร้อนก็ไม่สามารถทำได้อีก

ต่อไป การทำนายค่าการส่งถ่ายความร้อนสูงสุด ณ ขีดจำกัดการทำงานนี้คำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

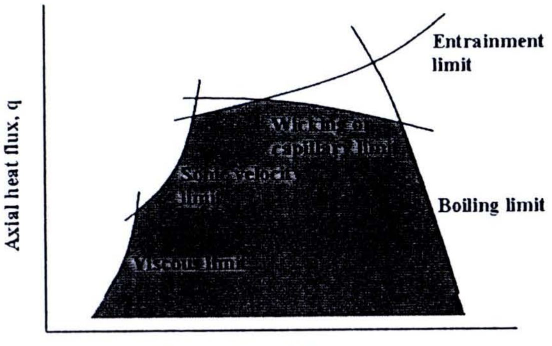
$$Q_{ent} = A_v h_{fg} \sqrt{\frac{\rho_v \sigma_l}{d}} \tag{15}$$

2.2.3.5 ขีดจำกัดการเดือด เนื่องจากกลไกการส่งผ่านความร้อนในท่อ-ความร้อนเกิดจากการระเหย และการควบแน่นของสารทำงาน ดังนั้นจะพบว่ามีการเดือดของสารทำงานเกิดขึ้นในส่วนทำระเหยเสมอ เมื่อเพิ่มค่าความร้อนเข้าไปในท่อความร้อน การเดือดก็จะรุนแรงขึ้น และจะพบว่ามีฟิล์มไอเคลือบที่ผิวส่วนทำระเหย ฟิล์มไอนี้จะเป็นชั้นระหว่างผิวท่อด้านในของท่อความร้อนและของเหลวในส่วนทำระเหย ทำให้ของเหลวในส่วนทำระเหยไม่สามารถสัมผัสกับผิวท่อได้ และการส่งผ่านความร้อนจากผิวท่อในส่วนทำระเหยไปยังสารทำงานก็จะลดลงอย่างมาก เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของไอน้อยกว่าของเหลวมาก ทำให้ผิวท่อในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับท่อความร้อนที่มีวัสดุพรุน ฟองไอก็จะเกิดขึ้นภายในวัสดุพรุนในส่วนทำระเหย และแทนที่ของเหลวในวัสดุพรุน ทำให้เกิดการแห้งขึ้นเช่นกัน การทำนายขีดจำกัดการเดือดหาได้จากความสัมพันธ์

$$Q_{boil} = \left[\frac{2\pi L_l k_{eff} T_v}{h_{fg} \rho_v \ln\left({r_w}/{r_v} \right)} \right] \left[\frac{2\sigma_l}{r_n} \right] \tag{16}$$

ดังนั้นในการออกแบบท่อความร้อน จึงต้องมีการพิจารณาในเรื่องของขีดจำกัดดังกล่าว เพื่อตรวจสอบสภาวะที่จะนำท่อความร้อนนั้น ๆ ไปใช้งานว่าเกินขีดจำกัดอย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ จากความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความหนาแน่นความร้อนตามแนวแกน พบว่าการออกแบบท่อความร้อนต้องออกแบบให้อยู่ในพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 2.3

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย



รูปที่ 2.3 ขีดจำกัดการส่งถ่ายความร้อนของท่อความร้อน (Dunn and Reay, 1982)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 13 ก.ย. 2555

2.2 หลักการและทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2.2.1 นิยามและประโยชน์ของเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2.2.1.1 หัวใจในการตัดสินใจ (Heart of making decision)

2.2.1.2 จะเลือกทำโครงการที่ผลตอบแทนมากที่สุด จัดการกับเงินทุนที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด และ สามารถเพิ่มมูลค่าเงินทุน (Value added)ได้มากที่สุด

2.2.1.3 การเลือกในการลงทุนอาจมีทั้งปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ และ ปัจจัยที่ไม่เกี่ยวกับเศรษฐศาสตร์ เช่น ปัจจัยด้านนามธรรม ความสะดวกสบาย ความสัมพันธ์ส่วนบุคคล

2.2.2 บทบาทของเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและตัดสินใจ

2.2.2.1 ตัวเลขที่ใช้วิเคราะห์มักจะเป็นการประมาณค่าที่ดีที่สุดของสิ่งที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก 3 ประการ คือ กระแสเงินสด (Cash flow) เวลาที่เกิดขึ้น (Time of occurrence) และ อัตราดอกเบี้ย (Interest rate)

2.2.2.2 กระบวนการในการตัดสินใจ อาจต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) เข้ามาช่วยประเมินผลในกรณีที่ค่าที่ประมาณไว้มีการเปลี่ยนแปลงไป

2.2.2.3 กระบวนการในการตัดสินใจ มีขั้นตอนดังนี้

ก. เข้าใจปัญหา และ ตั้งวัตถุประสงค์

ข.เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

ค.วิเคราะห์ทางเลือกที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา และ ทำการประมาณค่าต่างๆที่เกี่ยวข้อง

ง. ระบุเกณฑ์ในการตัดสินใจ ซึ่งอาจมีเกณฑ์มากกว่า 1 เกณฑ์

จ. ประเมินแต่ละทางเลือก โดยใช้การวิเคราะห์ความไวเข้ามาช่วย

ฉ. เลือกทางเลือกที่ดีที่สุด

ช. ทำตามแผนที่กำหนดไว้และติดตามผล

2.2.3 นิยาม Pay back period

2.2.3.1 Pay back period (n_p) คือ ระยะเวลาคืนทุนซึ่งเป็นการประมาณการเวลาที่ได้รับผลรวมของกำไร หรือ ผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับค่าการลงทุนเริ่มต้น (Initial investment) ระยะเวลาการคืนทุนมักจะคิดเป็นปี แต่ผลที่ได้รับมักจะไม่อยู่ในรูปจำนวนเต็ม

ในการหาระยะเวลาคืนทุนแบบ Discounted pay back period ที่ i>0% สามารถหาค่า n_p ได้ดังนี้

$$0 \quad = \quad -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF_t(P/F, i\%, t) \qquad (17)$$

ค่า P จากสมการ(17) คือค่าการลงทุนเบื้องต้น NCF คือค่า cash flow สุทธิสำหรับแต่ละปีที่ t ซึ่งค่า NCF สามารถหาได้จากกระแสเงินสดขาเข้า-กระแสเงินสดขาออก (NCF = Cash inflow – Cash outflow) ถ้าค่า NCF มีค่าเท่ากันทุกปี เราอาจสามารถใช้แฟกเตอร์ P/A ซึ่งสามารถหาค่า n_p ได้
จากสมการนี้

$$0 \quad = \quad -P + NCF\,(P/A, i, n_p) \qquad (18)$$

วิธีการหาระยะเวลาคืนทุนแบบไม่คิดดอกเบี้ย หรือ Simple payback ที่ i=0% สามารถหาได้จากสมการ (17) โดยแทนที่ i=0% จะได้สมการดังนี้

$$0 \quad = \quad -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF_t \qquad (19)$$

สำหรับ Net cash flow (NCF) ที่มีค่าเท่ากันทุกช่วงเวลา สามารถหาค่า n_p ได้ทันทีดังนี้

$$n_p \quad = \quad P / NCF \qquad (20)$$

2.2.3.2 การคำนวนค่าเสื่อมราคาโดยคิดแบบเส้นตรง (Straight line depreciation , SL)

$$Dt = (B - S)/n \tag{21}$$

โดยที่ Dt คือ ค่าเสื่อมราคาประจำปี

B คือ มูลค่าเริ่มต้น

S คือ มูลค่าซากโดยประมาณ

n คือ อายุการใช้งานของสินทรัพย์

และมูลค่าในบัญชีหลัง t ปี กำหนดโดย

$$Bt = B - t(Dt) \tag{22}$$

โดยที่ Bt คือ มูลค่าในบัญชีหลัง t ปี

t คือ จำนวนปีที่ใช้งานผ่านมาแล้ว

2.3 หลักการและทฤษฎีอื่นๆที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

2.3.1 ประเภทของการเติมสารและควบคุมสภาวะสุญญากาศภายในท่อความร้อน

จากรายละเอียดขั้นตอนในการผลิตท่อความร้อนข้างล่างนี้

ขั้นตอนที่ 1 : ตัดท่อทองแดงให้ได้ความยาวที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 : ทำการประกอบวัสดุพรุนแบบเส้นใยเข้าไปภายในท่อ

ขั้นตอนที่ 3 : ทำท่อลดที่ปลายด้านหนึ่งก่อนเชื่อมปิด

ขั้นตอนที่ 4 : เชื่อมปิดปลายท่อที่ได้จากขั้นตอนที่3

ขั้นตอนที่ 5 : ทำท่อลดอีกด้านหนึ่งให้ปลายท่อมีความยาวเพียงพอต่อการเติมสารทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 : เติมสารทำงานพร้อมทำสุญญากาศแล้วปิดท่อชั่วคราว

ขั้นตอนที่ 7 : ตัดท่อลดส่วนเกินออก

ขั้นตอนที่ 8 : ทำการเชื่อมปิดท่อด้านบน

โดยในขั้นตอนที่ 6 นั้นอาจแบ่งประเภทหลักๆได้ 2 ประเภท

2.3.1.1 เติมสารทำงานก่อนที่จะทำสุญญากาศ

2.3.1.2 ทำสุญญากาศก่อนที่จะเติมสารทำงาน

ซึ่งทั้งสองประเภทนี้จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป และยังเป็นตัวกำหนดการออกแบบของเครื่องจักรและกระบวนการอีกด้วย

อย่างไรก็ตามขั้นตอนที่ 6 นี้ยังมีขั้นตอนย่อยที่สำคัญ คือ การไล่ก๊าซ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการควบคุมปริมาณสารทำงานและสภาวะสุญญากาศภายในท่อความร้อน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การไล่ก๊าซ คือ การให้พลังงานความร้อนกับท่อความร้อนหลังจากทำการดูดอากาศออกจากท่อแล้ว ซึ่งจะทำให้สารทำงานเดือดซึ่งจุดเดือดจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดในบรรยากาศปกติ ในกรณีที่สารทำงานเป็นน้ำ จุดเดือดก็จะต่ำกว่า 100 °C นั่นเอง ซึ่งการเดือดนี้จะทำให้ก๊าซที่ไม่ควบแน่น (Non-condensable of gas) หรืออากาศที่หลงเหลืออยู่ลอยขึ้นสู่ปลายท่อด้านบนและโดนบีบตัวอยู่ด้านบนเนื่องจากความดันของไอน้ำ หลังจากเปิดวาล์วเพื่อต่อเข้ากับระบบสุญญากาศแล้ว ก๊าซที่ไม่ควบแน่นหรืออากาศที่หลงเหลืออยู่ก็จะโดนดูดออกไปพร้อมทั้งไอน้ำส่วนเกินบางส่วนโดยจะควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วเพื่อไล่ก๊าซด้วยเครื่องตั้งเวลา (Timer)

2.3.2 การตรวจจับก๊าซที่ควบแน่นไม่ได้

การตรวจจับก๊าซที่ไม่ควบแน่นนิยมใช้การทดสอบทางน้ำร้อนเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่จุดปลาย โดยที่การทับแบนเพื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรภายในจะทำให้ตรวจจับได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-way analysis และ Matched pairs

One-way analysis เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยตัวแปรตามจะมีเพียง 1 ตัวอยู่ในมาตราการวัดระดับ Interval หรือ Ratio scale และมีค่าต่อเนื่องและตัวแปรอิสระตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไปอยู่ในมาตราการวัดระดับ Nominal scale หรือ Ordinal scale และมีค่าไม่ต่อเนื่อง ถ้าวิเคราะห์กับตัวแปรอิสระ 1 ตัว ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในตัวแปรตาม มีเพียงตัวเดียวแต่มีหลายค่า เราจึงเรียกการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบนี้ว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เรียกว่า One-way ANOVA

Matched pairs เป็นการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง โดยในการทดลองเราจะจับคู่ข้อมูลชุดหนึ่งเข้ากับอีกชุดหนึ่ง ตัวอย่างเช่นการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นต้น