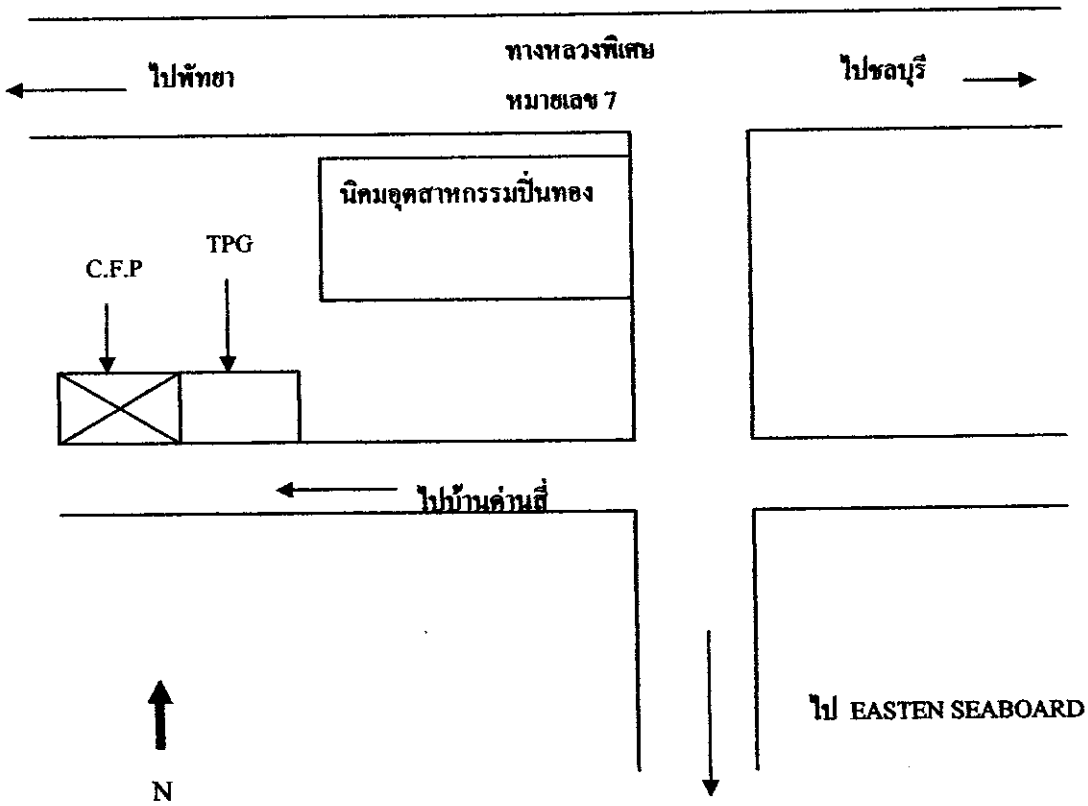
บทที่ 3
การติดตั้งท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคลในระบบการทำความเย็น

ทางผู้ดำเนินโครงงานได้เข้าไปทำการศึกษาและเก็บข้อมูลการติดตั้งท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคลในระบบการทำความเย็น ณ สถานที่ก่อสร้างของบริษัท ซี.เอฟ.พี. จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.บึง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ดังแสดงในแผนที่ในรูปที่ 3.1 บริษัท ซี.เอฟ.พี. จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตและส่งออกไก่แช่แข็งชั้นนำของประเทศไทย โดยที่บริษัท ไอ.ที.ซี. (1993) จำกัด บริษัทซึ่งรับเหมาออกแบบและติดตั้งระบบการทำความเย็นภายในโรงงานแห่งนี้ ได้ให้โอกาสทางคณะผู้ดำเนินโครงงานใช้โรงงานแห่งนี้เป็นกรณีศึกษา โดยระบบทำความเย็นในโรงงานแห่งนี้มีขนาด 346.7 tons (1,219.09 kw refrigeration) ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้ในระบบทำความเย็น มีดังนี้

1. สกรูคอมเพรสเซอร์ (Screw Compressor) จำนวน 5 เครื่อง ซึ่งประกอบด้วย
    1.1 Single Stage Compressor ขนาด 33.2 tons (116.91 kw refrigeration)
    1.2 Booster Compressor 1 ขนาด 131.1 tons (461.1 kw refrigeration)
    1.3 Booster Compressor 2 ขนาด 131.1 tons (461.1 (kw refrigeration)
    1.4 Hi-Stage Compressor 1 ขนาด 264.7 tons (930.82 kw refrigeration)
    1.5 Hi-Stage Compressor 2 ขนาด 264.7 tons (930.82 kw refrigeration)
2. คอยล์แอมโมเนีย (Ammonia Unit Cooler) จำนวน 7 เครื่อง คอยล์โปรพิเลนไกลโคล (Glycol Unit Cooler) จำนวน 17 เครื่อง
3. อีแวปโพเรทีฟคอนเดนเซอร์ (Evaporative Condenser) จำนวน 2 เครื่อง
4. ถังแยกน้ำยาเหลวต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย Liquid Receiver, Inter Cooler, Low Separate -32 $^{\circ}$C, Low Separate -42 $^{\circ}$C และ Economizer
5. อุปกรณ์ไล่อากาศออกจากระบบอัตโนมัติ (Automatic Air Purge)



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงที่ตั้งบริษัท ซี.เอฟ.พี. จำกัด

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลพบว่าในการติดตั้งระบบท่อในระบบทำความเย็นนั้น เมื่อวิศวกรที่ควบคุมงานการติดตั้งได้รับแบบของการเดินท่อ (Pipe Layout) จากวิศวกรผู้ออกแบบแล้ว จะนำไปประสานงานกับผู้รับเหมาที่ประมูลงานได้ให้ปฏิบัติงานตามแบบการเดินท่อและแผนงานที่วางไว้ ซึ่งสามารถเรียงลำดับการปฏิบัติงานเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ คือ

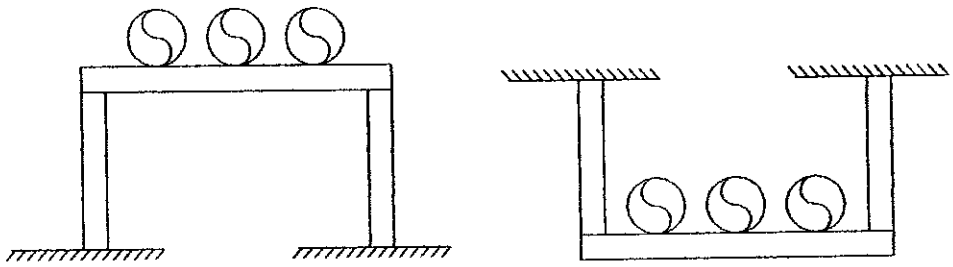
1. ติดตั้งเหล็กยึดแขวนหรือหนุนรองท่อ
2. ติดตั้งท่อ
3. ตรวจสอบรอยรั่วในระบบท่อที่ติดตั้ง
4. หุ้มฉนวนท่อ

3.1 <u>การยึดแขวนและหนุนรองท่อ</u> (Hanger and Supports)

ระบบท่อจะมีการยึดแขวนและหนุนรองเพื่อรับน้ำหนักท่อ ของไหลภายในท่อ การขยายตัวหรือหดตัวเมื่อท่อรับความร้อน รับการสั่นสะเทือนทำให้ท่ออยู่ในแนวที่กำหนด ป้องกันความเสียหายของ

ระบบท่อ การยึดแขวนและหนุนรองท่อ (Pipe supports) จะใช้อุปกรณ์หลายชนิดด้วยกัน เช่น ตัวหนุนรอง (Supports) ตัวแขวน (Pipe hanger) สมอยึด (Anchor) และปลอกสวมท่อ (Guides)

อุปกรณ์ยึดแขวนและหนุนรองท่อที่ใช้ในสถานที่ก่อสร้างของบริษัท ซี.เอฟ.พี. จำกัด นั้นมีเพียง Supports และ Hanger เท่านั้น ดังนั้นทางผู้ดำเนินโครงการจึงขอยกตัวอย่างการติดตั้งเพียง 2 ชนิด อุปกรณ์ดังกล่าวเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งในรูปดังกล่าวจะแสดงลักษณะความแตกต่างของการยึดแขวนและหนุนรองท่อ โดยในกรณีที่ระบบท่ออยู่สูงกว่าอุปกรณ์ เรียกว่า การหนุนรอง (Supports) ส่วนกรณีที่ระบบท่ออยู่ต่ำกว่าอุปกรณ์ เรียกว่า การยึดแขวนท่อ (Hanger)



ก. supports ข. Hanger

รูปที่ 3.2 รูปแสดงลักษณะ supports และ Hanger ที่ใช้ในงานก่อสร้างที่บริษัท ซี.เอฟ.พี

การติดตั้งเหล็กยึดแขวนหรือหนุนรองท่อ ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. น้ำหนักของท่อ น้ำหนักจะต้องรวมทั้งน้ำหนักของท่อและน้ำหนักของของเหลวภายในท่อด้วย วาล์ว และฉนวนหุ้มท่อก็จำเป็นต้องนำเข้ามาพิจารณาด้วย
2. ชนิดของท่อ ระยะระหว่างเหล็กยึดแขวนหรือหนุนรองท่อจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของท่อ เช่น ท่อเหล็กหล่อและท่อเหล็กดัดโค้งได้น้อยกว่าท่อตะกั่ว ท่อทองแดง หรือท่อพลาสติก
3. การป้องกันการส่งถ่ายการสั่นสะเทือน ในกรณีที่ต่อท่อเข้ากับเครื่องจักรกล ความสั่นสะเทือนอาจส่งผ่านมาตามท่อ เหล็กยึดแขวน หรือมาตามโครงสร้างของอาคาร ทำให้เกิดเสียงและเรสโซแนนซ์ (resonance) ยิ่งไปกว่านั้นบางครั้งอาจเกิดแรงช็อคเนื่องจากการเกิดน้ำกระแทกอีกด้วย
4. การขยายตัวของท่อ เหล็กยึดแขวนหรือหนุนรองท่อจะต้องสามารถรับการขยายหรือหดตัวของท่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วย

5. การพิจารณาระยะห่างระหว่างท่อ ระยะห่างระหว่างท่อกับกำแพงหลังจากเดินเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีเพียงพอที่จะทำงานโดยใช้เครื่องมือได้ หรือเพื่อการหุ้มฉนวน การทาสี การตรวจ และการบำรุงรักษา ระยะที่แคบที่สุด คือ 25 mm ซึ่งหมายถึงระยะระหว่างท่อหลังจากเดินแล้วเสร็จไม่ว่าจะมีการหุ้มฉนวนท่อหรือไม่ก็ตาม ระยะห่างระหว่างเหล็กยึดแขวนหรือหนุนรองท่อสามารถดูได้จากตารางที่ 3.1

6. การพิจารณาถึงงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ควรพิจารณาถึงงานอื่น ๆ ที่อาจจะเข้ามาติดตั้งอยู่ในที่เดียวกัน เช่น การติดตั้งปล่อง และท่อสำหรับเครื่องปรับอากาศ หลังการติดตั้งชั้นวางท่อสายเคเบิ้ลหรือสายไฟฟ้า

7. การพิจารณาถึงการเดินท่อเรียงขนานกันหลาย ๆ ท่อ ควรเดินท่อตามแนวแกน หรือผิวล่างเรียงตัวกันเป็นระเบียบ ประณีต ให้มากที่สุด

8. ควรยึดโบลต์สำหรับแขวนในแนวดิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ยางเป็นตัวกันความสั่นสะเทือน จะต้องระมัดระวังการยึด มิให้ส่วนที่เป็นยางถูกดึงเอียง ๆ ควรให้รับแรงโดยสม่ำเสมอ

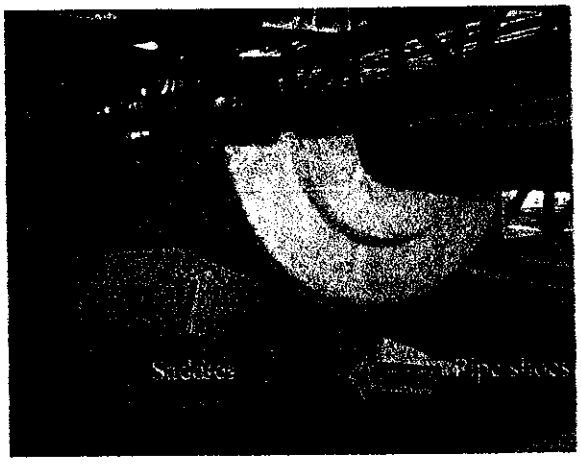
9. การยึดท่อให้มั่นคงจนไม่สามารถแกว่งจากด้านข้างได้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงระยะห่างระหว่างเหล็กยึดแขวนหรือหนุนรองท่อ

เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ระยะห่างระหว่างเหล็กยึดแขวน
20 mm หรือเล็กกว่า	1.8 m หรือต่ำกว่า
25 - 40 mm	2.0 m หรือต่ำกว่า
50 - 80 mm	3.0 m หรือต่ำกว่า
90 - 150 mm	4.0 m หรือต่ำกว่า
200 mm หรือใหญ่กว่า	5.0 m หรือต่ำกว่า

3.1.1 แท่นรองรับท่อ (Pipe shoes)

การเดินท่อในระบบทำความเย็น ในบางช่วงต้องมีความลาดเอียง เพื่อให้น้ำมันไหลกลับเข้าสู่อุปกรณ์ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ Pipe shoes เชื่อมติดกับคาน Hanger โดยความยาวของ Pipe shoes จะเป็นตัวกำหนดความลาดเอียงของระบบท่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แท่นรองรับท่อ (Pipe shoes) และแซดเดิลส์

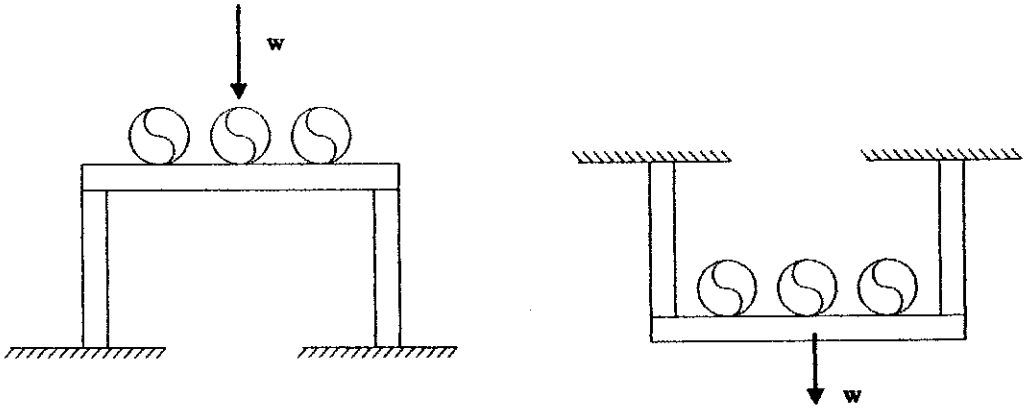
3.1.2 แซดเดิลส์ (Saddles)

แซดเดิลส์ใช้รับท่อหุ้มฉนวน เพื่อวางเข้ากับรางเลื่อนหรือจุดรองรับท่อ ท่อที่หุ้มฉนวนปกติจะมีการเคลื่อนที่เนื่องจากการขยายตัวหรือหดตัว อุปกรณ์นี้ออกแบบมาเพื่อรับการเคลื่อนที่ในแนวราบ โดยไม่ต้องพิจารณาแนวดิ่ง และยังป้องกันการฉีกขาดของฉนวนและการสึกหรอของท่อด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 แซดเดิลส์

3.1.3 การคำนวณเพื่อหาขนาดเหล็กสำหรับใช้ทำ Support และ Hanger

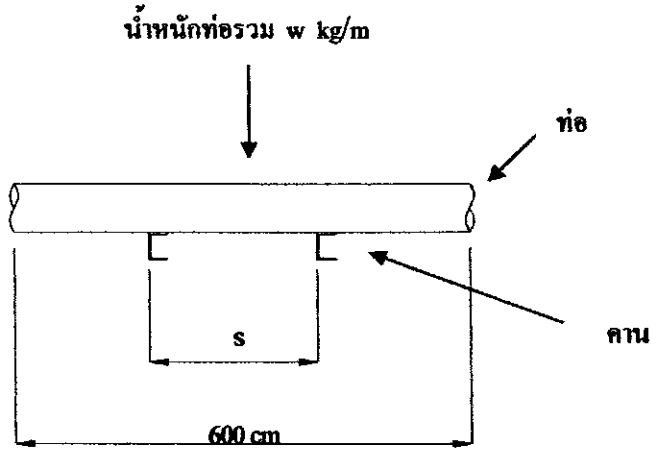
3.1.3.1 การคำนวณหาขนาดของคานที่ยึดติดแน่นไว้ 2 ข้าง



ก) คาน Supports ข) คาน Hanger

รูปที่ 3.5 รูปแสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อคาน Supports และ Hanger

การคำนวณหาขนาดของคาน Supports และ คาน Hanger นั้นมีหลักในการคำนวณเหมือนกัน แตกต่างกันที่ทิศทางของแรงที่กระทำเท่านั้น ดังนั้นจึงขอยกตัวอย่างการคำนวณในรูปแบบของคาน Supports



รูปที่ 3.6 รูปแสดงท่อที่วางบนคาน Supports

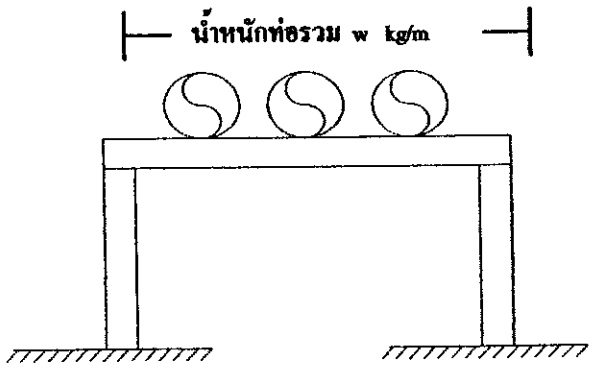
จากรูปที่ 3.6 สามารถคำนวณหาน้ำหนักที่คานแต่ละตัวรับได้ ดังนี้

ในที่นี้ s เท่ากับ ระยะ Span ซึ่งปกติมีค่าอยู่ระหว่าง 2.5 - 3 m

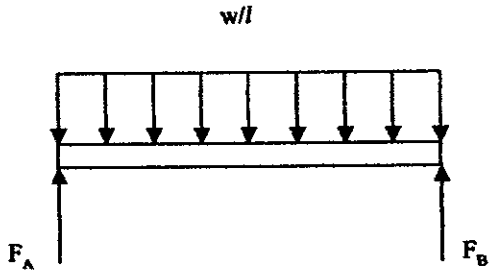
ท่อมาตรฐาน 1 เส้นยาว 6 m ดังนั้น

น้ำหนักท่อรวม = w kg/m x 6 m

คานแต่ละตัวรับน้ำหนักโดยเฉลี่ย = น้ำหนักท่อรวม / 2 kg



รูปที่ 3.7 รูปแสดงน้ำหนักท่อที่กระทำต่อคาน



รูปที่ 3.8 ผังวัตถุอิสระแสดงแรงทั้งหมดที่กระทำต่อคาน

จากรูปที่ 3.7 และ 3.8 สามารถคำนวณหาขนาดของคาน Supports ได้ตามลำดับดังนี้

1. คำนวณหาการแอ่นตัวของคาน

จากสูตร $$\Delta_{max} = \frac{5wl^4}{384EI} \qquad (3.1)$$

โดยที่ Δ_{max} = การแอ่นตัวสูงสุดของคาน, cm

w = น้ำหนักทั้งหมดบนคานคูณค่าความปลอดภัย ซึ่งในที่นี้ใช้ 1.3, kg

l = ความยาวของคาน, m

E = Modulus of Elasticity, kg/cm^2(ksc)

I = โมเมนต์ความเฉื่อยของคาน, cm^4

ข้อกำหนดในการคำนวณ คือ $\Delta_{max} \leq \frac{l}{360}$ (3.2)

เมื่อพิจารณาสมการที่ 3.1 พบว่าเรายังไม่ทราบค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I) ทำให้หาค่า Δ_{max} ไม่ได้ ดังนั้นจึงพิจารณาหาค่า Δ_{max} จากสมการที่ 3.2 แทน เมื่อหาค่า Δ_{max} ได้แล้วจึงนำกลับไปแทนค่าในสมการที่ 3.1 แล้วย้ายข้างสมการเพื่อหาค่าค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I) จะได้ดังสมการที่ 3.3

$$I = \frac{\frac{5\times1.3w}{100}\times(l\times100)^4}{384\times E\times\Delta_{max}} \qquad \frac{\frac{kg}{cm}\times cm^4}{\frac{kg}{cm^2}\times cm} \qquad (3.3)$$

2. คำนวณหาค่าโมดูลัสของหน้าตัด

จากสูตร $Z_x = \frac{M_{max}}{F_b}$ (3.4)

โดยที่ Z_x = โมดูลัสของหน้าตัด, cm^3 (Modulus of section)

M_{max} = โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้น, kg.cm (Maximum moment)

F_b = หน่วยแรงดัดสูงสุดที่เกิดขึ้น, kg/cm^2

โดยข้อกำหนดคือ $F_b = 0.6\ F_y$ (3.5)

F_y = จุดคลากสำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน มีค่าอยู่ระหว่าง 2,250 – 2,530 kg/cm^2

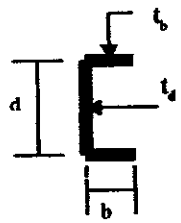
เมื่อพิจารณาหน่วยแรงดัดสูงสุดที่เกิดขึ้น $F_b = 0.6\ F_y$ โดยที่ F_y มีค่าอยู่ระหว่าง 2,250 – 2,530 kg/cm^2 เราเลือกค่า F_y เท่ากับ 2,500 kg/cm^2 ดังนั้น

$$F_b = 0.6\ F_y = 0.6 \times 2{,}500 = 1{,}500\ kg/cm^2$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ 3.4 ยังไม่ทราบค่า โมเมนต์ดัดสูงสุด ดังนั้นหาค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นที่จุดปลายของคานจาก

$$M_{max@end\ beam} = \frac{wl^2}{8} = \frac{1.3wl^2}{8} \text{ kg.m} \qquad (3.6)$$

นำค่า I และ Z_x ที่คำนวณได้ไปเปิดตาราง ก.1 ในภาคผนวก ก. หาขนาดของเหล็กเพื่อใช้ทำคาน จะได้เหล็กที่เล็กที่สุดที่สามารถรับน้ำหนักท่อได้ โดยถ้าค่า I และ Z_x ที่นำไปใช้เปิดตารางไม่ตรงกับในตารางให้เลือกใช้ค่าที่มากกว่า ทั้งนี้สามารถดูตัวอย่างการคำนวณได้จากตัวอย่าง ก.1 ในภาคผนวก ก.



$= d \times b \times t_d \times t_b$

รูปที่ 3.9 รูปแสดงเหล็ก Channel ที่เลือกใช้

3. การตรวจสอบค่าความถูกต้องของขนาดคาน Supports ที่เลือกใช้

3.1 ตรวจสอบค่าเหล็ก Channel จากตารางว่ายอมรับได้หรือไม่ โดยมีข้อกำหนด คือ

อัตราส่วนของ $\frac{b}{2t_b}$ จะต้องน้อยกว่า $\frac{545}{\sqrt{F_y}}$ (3.7)

และ $\frac{b}{2t_b}$ จะต้องน้อยกว่า $\frac{5355}{\sqrt{F_y}}$ (3.8)

3.2 ตรวจสอบค่า Bending Force

จากสมการที่ 3.4 $$Z_x = \frac{M_{max}}{F_b}$$

ย้ายข้างหา F_b จะได้ $$F_b = \frac{M_{max} \times 100}{Z_x} \quad \frac{kg.cm}{cm^3} \qquad (3.9)$$

ข้อกำหนด คือ ค่า F_b ที่ได้ต้องน้อยกว่า $0.6\,F_y$

3.3 ตรวจสอบ ค่า Shear

จากสูตร $$f_v = \frac{\frac{wl}{2}}{dt_d} \qquad (3.10)$$

โดยที่ f_v = แรงเฉือนที่กระทำต่อคาน, kg/cm^2

w = น้ำหนักของคาน x ค่าความปลอดภัย (1.3), kg

l = ความยาวของคาน, m

d = ด้านยาวของเหล็ก Channel (พิจารณาจากรูปที่ 3.8) ,cm

t_d = ความหนาของด้านยาวของเหล็ก Channel (พิจารณาจากรูปที่ 3.8) ,cm

ข้อกำหนด คือ ค่า f_v ที่ได้ต้องน้อยกว่า $0.4\,F_y$

3.4 ตรวจสอบ ค่า Deflection

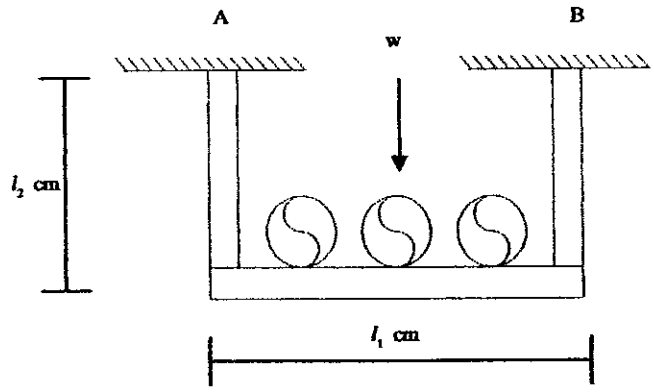
น้ำหนักจริง (w) = (น้ำหนักท่อทั้งหมด + น้ำหนักคาน) (ค่าความปลอดภัยในที่นี้ใช้ 1.3) (3.11)

= (w) (1.3) kg/m

จากสมการที่ 3.1 $$\Delta_{max} = \frac{5wl^4}{384EI}$$

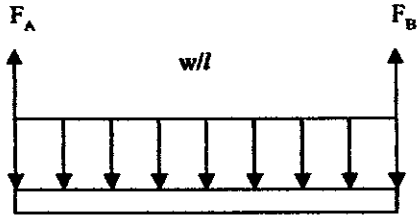
ข้อกำหนด คือ Δ_{max} ที่ได้ต้องน้อยกว่า $< \frac{l}{360}$

3.1.3.2 การคำนวณหาขนาดเหล็กหิ้วหรือเหล็กรับแรงกด



รูปที่ 3.10 รูปแสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อเหล็กรับแรงดึง

ในหัวข้อนี้เป็นการพิจารณาหาขนาดของเหล็กหิ้วที่ดึงคาน Hanger หรือเหล็กที่รับแรงกดของคาน Supports ซึ่งมีวิธีการคำนวณเหมือนกันแต่ทิศทางของแรงที่กระทำตรงข้ามกันเท่านั้น ดังนั้นทางผู้ดำเนินโครงการจึงขอยกตัวอย่างการคำนวณเหล็กรับแรงดึงในคาน Hanger เพียงประเภทเดียว



รูปที่ 3.11 ผังวัตถุอิสระแสดงแรงทั้งหมดที่กระทำต่อคานและเหล็กหิ้ว

1. การคำนวณหาแรงดึงที่ยอมให้

จากสูตร $$T_a = F_t A_n = 0.6 F_y A_n \quad (3.12)$$

โดยที่ T_a = แรงดึงที่ยอมให้, kg

A_n = เนื้อที่หน้าตัดสุทธิ, $cm^2 \leq 0.85\ A_g$

A_g = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด, cm^2

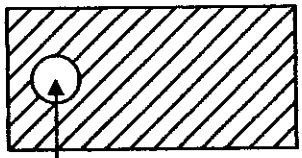
F_t = หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ต่อพื้นที่ , kg/cm^2

F_y = หน่วยแรงคลาก, kg/cm^2

F_u = กำลังดึงน้อยที่สุด kg/cm^2

ถ้าเหล็กที่ใช้ทำ Hanger ไม่มีการเจาะรูนั่นคือ $A_n = A_g$

$$T_n = F_t A_n = 0.6 F_y A_n = 0.6 F_y A_g \quad (3.13)$$



A_g คือ เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด = พื้นที่แรเงา + พื้นที่รูเจาะ

A_n คือ เนื้อที่หน้าตัดสุทธิ = พื้นที่แรเงา

รูที่เจาะเพื่อยึด

รูปที่ 3.12 รูปแสดงเนื้อที่หน้าตัดสุทธิและเนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด

เลือกเหล็กจากตาราง ก.2 แล้วคำนวณตามขั้นตอน ทั้งนี้สามารถดูตัวอย่างการคำนวณได้จากตัวอย่าง ก.2 ในภาคผนวก ก.

2. ตรวจสอบ ค่า Stiffness

$$\frac{Kl}{r} \leq 300 \quad (3.14)$$

โดยที่ l = ความยาวของเหล็กหิ้ว (Hanger) cm

r = Raduis of Gyration cm

K = สัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผลจะอยู่ระหว่าง 0.5 – 2

หาค่า $\frac{Kl}{r}$ แล้วนำค่าที่ได้คูณกับค่าความปลอดภัย (ใช้ 1.2) โดยมีข้อกำหนด คือ ค่าที่คำนวณได้ต้องไม่เกินกว่า 300 จึงจะยอมรับได้

ข้อควรระวังในการติดตั้งเหล็กยึดแขวนท่อ

1. ควรประสานงานกับหน่วยงานอื่นที่เข้ามาติดตั้งระบบอื่น ๆ เช่น งานผนังห้องเย็น เครื่องงาน ก่อสร้างให้ดีเพื่อความถูกต้องและป้องกันงานล่าช้า
2. เมื่อโครงถักและหลังคาเสร็จ ให้รีบขึ้นเหล็กยึดหรือหนุนรองท่อตามทันทีเพื่อไม่ให้เสียเวลา
3. ควรเผื่อขนาดของเหล็กยึดแขวนท่อไว้บ้างเพราะในบางครั้งงานอื่น ๆ เช่น งานท่อลมอาจจะต้องใช้เหล็กยึดแขวนท่อรับเพื่อความสวยงามและประหยัดพื้นที่

3.2 การติดตั้งท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคล

หลังจากที่ติดตั้งเหล็กยึดแขวนท่อแล้วก็จะเริ่มนำท่อขึ้นไปติดตั้งบนเหล็กเหล็กยึดแขวนท่อ ซึ่งการนำท่อขึ้นไปติดตั้งนั้นควรคำนึงถึงแผนงานที่วางไว้เป็นสำคัญว่าควรขึ้นท่อในส่วนไหนของโรงงานก่อน และควรประสานงานกับหน่วยงานอื่นที่เข้ามาทำงานให้ดี เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน

ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงการติดตั้งท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคล โดยเริ่มจากการเก็บรักษาท่อก่อนการติดตั้ง การต่อท่อ และการติดตั้งวาล์วต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

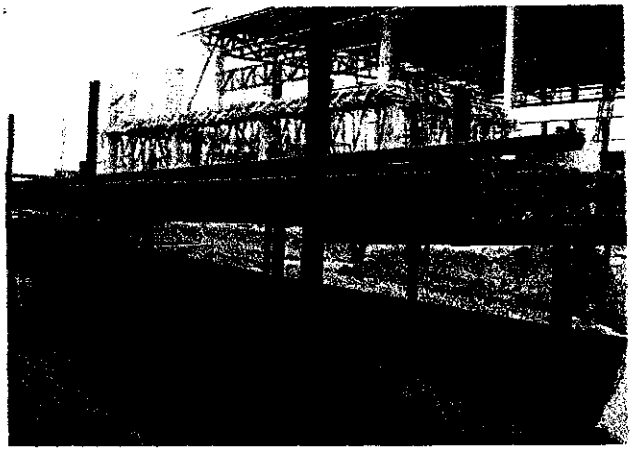
3.2.1 การเก็บรักษาท่อก่อนการติดตั้ง

เมื่อมีการขนส่งท่อมาถึงยังสถานที่ก่อสร้างแล้ว วิศวกรผู้ควบคุมงานจะทำการตรวจสอบท่อในเบื้องต้นว่าตรงกับข้อตกลงในสัญญาหรือไม่ เช่น ท่อที่ส่งมาเป็นท่อมีตะเข็บหรือ ไร้ตะเข็บ และที่ผิวท่อทุกเส้นจะต้องพิมพ์ตัวอักษรแสดง Spec No. ขนาด ความหนา และหมายเลขการผลิตอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 3.13 จากนั้นจึงประสานงานกับผู้รับเหมาให้แยกประเภทท่อและทำการเก็บรักษาตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

รูปที่ 3.13 ตัวอักษรแสดงรายละเอียดท่อ

1. ท่อทุกเส้นต้องทาสีกันสนิม และปลายท่อทุกเส้นจะต้องมี Cap พลาสติกอุดไว้ทั้ง 2 ข้าง เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกเข้าไปตกค้างอยู่ภายในท่อ

2. การจัดเก็บท่อต้องทำขั้น Rack สำหรับเก็บโดยเฉพาะ *ห้ามวางท่อกับพื้น* แม้จะหนุนลอยด้วยไม้หมอนก็ไม่ควรทำ ท่อแต่ละชนิดต้องแยกชั้นวางไม่ให้ปะปนกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การเก็บรักษาบน Rack ท่อก่อนติดตั้ง

3. ท่อแอมโมเนีย ก่อนนำขึ้นติดตั้งจะต้องมีการทำความสะอาดภายในท่อ โดยใช้เศษผ้าเก่าหลาย ๆ ผืน พันกันแล้วหย่อนลงไปในท่อ จากนั้นดึงเข้าออกเพื่อทำความสะอาดผิวท่อด้านใน (ขัดแส้)

3.2.2 การต่อท่อ (Pipe Joints)

ในระบบการทำความเย็นมีลักษณะการต่อท่ออยู่ 3 ประเภทคือ การเชื่อม การต่อด้วยเกลียว และการต่อด้วยหน้าแปลน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.2.1 การต่อท่อโดยการเชื่อม

การเชื่อมท่อในระบบทำความเย็น ถ้าแบ่งตามวิธีการเชื่อม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การเชื่อมด้วยไฟฟ้า เป็นวิธีการเชื่อมที่ง่ายและราคาถูก แต่มีข้อเสียคือ ในระหว่างที่เชื่อมจะเกิดประกายไฟและมีการตกสะเก็ด ทำให้บริเวณที่เชื่อมไม่สะอาด
2. การเชื่อมด้วยอาร์กอน ลักษณะการเชื่อมโดยใช้อาร์กอนจะไม่เกิดประกายไฟและไม่มีการตกสะเก็ด เหมาะกับงานที่มีความสะอาด แต่มีข้อเสียคือ ราคาสูงกว่าการเชื่อมไฟฟ้า

หมายเหตุ : การเชื่อมทั้ง 2 วิธีนี้สามารถใช้ได้กับทั้งท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคล

การต่อท่อถ้าแบ่งตามลักษณะการเชื่อม จะแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. สวมเชื่อม (Socket-welded) การต่อจะใช้กับท่อขนาดเล็กและไม่เกิน 2 นิ้ว สามารถป้องกันการรั่วไหลได้ดี การเชื่อมในลักษณะนี้จะใช้สำหรับติดตั้งวาล์ว เนื่องจากการต่อในลักษณะนี้ทำให้ติดตั้งวาล์วได้ง่าย
2. เชื่อมต่อชน (Butt-welded) การต่อด้วยวิธีเชื่อมในลักษณะนี้จะใช้เฉพาะวาล์วและท่อเหล็กกล้าเท่านั้น ในงานที่อุณหภูมิและความดันสูงไม่ต้องถอดประกอบ การเชื่อมแบบนี้จะให้ความมั่นใจในด้านความปลอดภัยว่าจะไม่มีการรั่วไหลจากรอยต่อ

หมายเหตุ : การเชื่อมทั้ง 2 วิธีนี้สามารถใช้ได้กับทั้งท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคล

การเชื่อมท่อทุกแบบในระบบการทำความเย็นนั้น มีหลักเกณฑ์ในการปฏิบัติดังนี้

1. การตัดท่อให้ใช้ Fiber Cutter หรือหินเจียเป็นเครื่องมือตัดท่อ ห้ามตัดด้วยแก๊ส ยกเว้นท่อขนาดใหญ่และเป็นกรณีที่จำเป็นเท่านั้น
2. ปลายท่อที่จะเชื่อมต่อกันมักจะต้องแต่งด้วยหินเจียให้ตรงเรียบร้อย และเจียลบมุมปลายท่อให้ได้ระยะท่อที่ถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 3.15

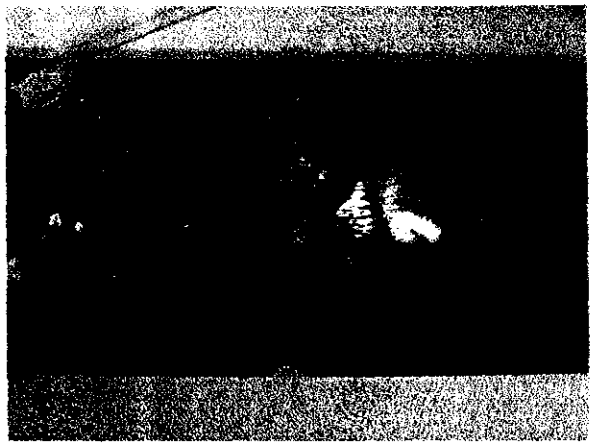
รูปที่ 3.15 ท่อที่เจียลบมุมแล้ว

3. ท่อขนาด 1/2" ถึง 2" หรือเล็กกว่าให้เชื่อมด้วยอาร์กอน ดังแสดงในรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 การเชื่อมอาร์กอน

4. ท่อขนาด 2-1/2" ขึ้นไป ให้เชื่อมด้วยอาร์กอน และทับหน้าด้วยไฟฟ้า (เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการเชื่อม)

5. การเชื่อมท่อต่อกันเป็นรอยต่อชนิด Butt Weld ดังนั้นจะต้องมีร่องตัว V สำหรับท่อหนา เว้นระยะต่อที่ถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การเชื่อมท่อต่อกัน

6. เมื่อตัดท่อและเจียปลายท่อแล้ว จะต้องเคาะทำความสะอาดเหล็กภายในท่อให้เรียบร้อย และตรวจดูภายในท่อให้เรียบร้อย และ ตรวจดูภายในท่อไม่ให้มีวัสดุตกค้างอยู่ เช่นเศษพลาสติก เศษผ้าทำความสะอาด และถุงพลาสติก ก่อนทำการเชื่อมเสมอ

7. ห้ามตัดหรือเจาะท่อด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า

8. การเชื่อมทุกครั้ง ต้องมีแผ่นไม้หรือผ้าใบรองที่พื้น เพื่อป้องกันสะเก็ดไฟจากการเชื่อมไปทำให้พื้นหรือผนังห้องเย็นเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 รูปแสดงการใช้แผ่นไม้รองขณะเชื่อมทุกครั้ง

9. การแยกท่อด้วยการเจาะท่อ Main ถ้าเป็นไปได้ควรประกอบให้เสร็จเรียบร้อยใน Work Shop เสียก่อน จึงนำขึ้นไปประกอบในบริเวณที่จะติดตั้ง แต่ถ้าจำเป็นต้องทำการเจาะท่อ Main ที่วางบน Hanger ห้ามยึดท่อ Main ก่อน เพื่อที่จะสามารถหมุนรูท่อที่เจาะให้คว่ำลงเพื่อเคาะเศษขี้เหล็กออกให้หมด แล้วจึงเชื่อมยึดท่อ Main ต่อไป

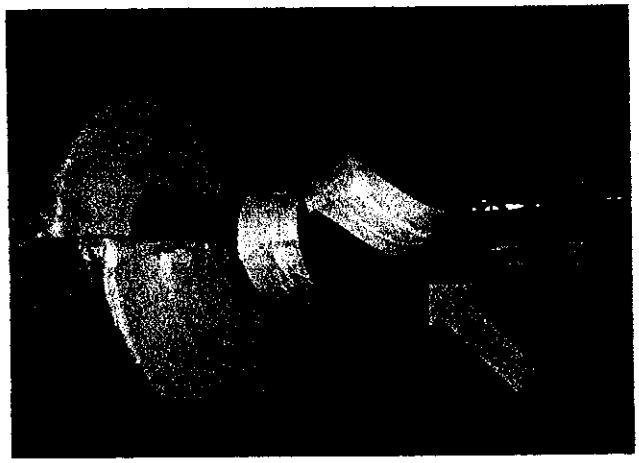
10. แนวเชื่อมแต่ละขนาดท่อ ควรดูให้เหมาะสมในเรื่องของความแข็งแรงของแนวเชื่อม

11. แนวเชื่อมท่อไม่ควรเกินผิวท่อหนักไปทางด้านใดด้านหนึ่ง ควรกินทั้งสองด้านเท่า ๆ กัน

12. การจรดลวดเชื่อมเพื่อเชื่อมต่อต่อจากแนวเชื่อมเดิมจะต้อง Over Lap ปลายแนวเชื่อมเดิม และก่อนจะลงมือเชื่อมต่อจากแนวเดิม จะต้องเคาะ Slag ของแนวเดิมเสียก่อน นอกจากเป็นการเชื่อมต่อเนื่อง Slag เก่ายังไม่เย็นตัวก็สามารถเชื่อมต่อได้เลย

13. ต้องทำการ Flush Line ทำความสะอาดด้วยลมสำหรับท่อแอมโมเนีย และด้วยน้ำสำหรับท่อโปรพิเลนไกลโคล หลังจากที่ทำการเชื่อมท่อเสร็จเรียบร้อย

14. ตามแนวต่อที่ยังไม่ได้เชื่อมปิด (แต่เชื่อมแต้มไว้ก่อน) ต้องใช้เทปกาวพันไว้โดยรอบ เพื่อป้องกันน้ำฝนหรือฝุ่นละอองเข้าไปภายในท่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การพันเทปกาวตามแนวที่ยังไม่ได้เชื่อม

3.2.2.2 การต่อท่อด้วยเกลียว

ในระบบการทำความเย็นจะใช้การต่อด้วยเกลียว สำหรับการต่อวาล์วกับท่อโปรพิเลนไกลโคลจะไม่ใช้กับท่อแอมโมเนีย เพราะเป็นการประหยัดแรงงานและต้นทุน แต่การป้องกันการรั่วซึมจะด้อยกว่าการเชื่อม วิธีการต่อแบบนี้ง่ายต่อการติดตั้ง ทางเข้าและออกของวาล์วจะทำเกลียวในตามมาตรฐาน ANSI

การต่อท่อด้วยเกลียวใช้เมื่อสารทำความเย็นมีความดันต่ำกว่า 1500 kPa และท่อที่ใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 3 นิ้ว แต่ถ้าสารทำความเย็นมีความดันสูงกว่า 1500 kPa ท่อที่ใช้ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2-1/2 นิ้ว ส่วนท่อที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 นิ้ว จะใช้การต่อด้วยหน้าแปลน

3.2.2.3 การต่อท่อโดยการต่อด้วยหน้าแปลน

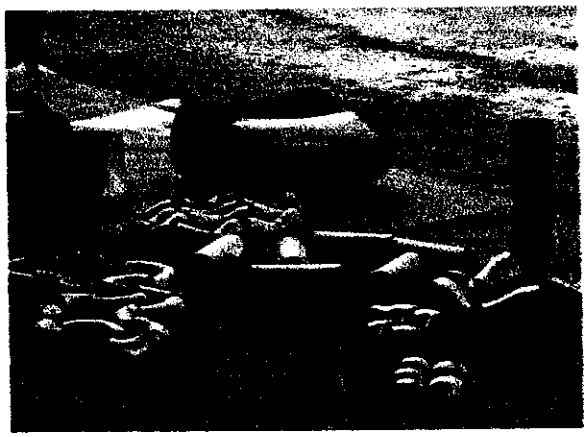
การต่อในลักษณะนี้ใช้ในการต่อท่อกับวาล์ว 3 นิ้ว หรือใหญ่กว่า การต่อแบบนี้ต้องการความประณีตมาก และประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนมาก จึงมีราคาแพง การต่อวาล์วแบบหน้าแปลนจะใช้เมื่อต้องการถอดประกอบบ่อย ๆ วาล์วสามารถป้องกันการรั่วไหลได้มั่นคงและทำจากวัสดุหลายชนิด ก่อนการเลือกวาล์วต้องรู้สภาพการทำงาน และกำลังของการต่อจะได้จากการขันแน่นสลักเกลียว โดยการเลือกใช้วิธีต่อท่อในระบบทำความเย็นสามารถดูได้จากตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางการเลือกใช้วิธีการต่อท่อ

ประเภทการต่อท่อ	ประเภทท่อ		หมายเหตุ
	ท่อไปรพิเลน ไกลโคล	ท่อแอมโมเนีย	
1. การเชื่อม	O	O	หลักการเชื่อมดูได้จากหัวข้อที่ 3.2.2.1
2. การต่อด้วยเกลียว	O	X	ใช้กับท่อขนาดไม่เกิน 3 นิ้ว และไม่ควรใช้กับท่อแอมโมเนียเพราะอาจเกิดการรั่วไหล ทำให้เกิดอันตรายได้
3. การต่อด้วยหน้าแปลน	O	O	ใช้กับท่อขนาดใหญ่ คือ ตั้งแต่ 3 นิ้วขึ้นไป

หมายเหตุ : O คือ สามารถใช้ได้
X คือ ไม่ควรใช้

3.2.3 ข้อต่อและวาล์ว (Fitting and Valves)



รูปที่ 3.20 ข้อต่อเหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ

สิ่งสำคัญในการออกแบบระบบท่อในระบบทำความเย็น คือ การเลือกใช้ข้อต่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อที่จะให้ได้ขีดความสามารถที่ถูกต้อง ใช้งานได้นาน และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ นอกจากนี้ก็ควรทราบส่วนประกอบและหลักการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดให้เข้าใจอย่างดี โดยในระบบทำความเย็น สามารถแบ่งประเภทข้อต่อและอุปกรณ์ ได้ดังนี้

3.2.3.1 ข้อต่อ ที่ใช้กับท่อเหล็กกล้ามักทำด้วยเหล็กหล่อ โดยข้อต่อที่ใช้กับท่อแอมโมเนียจะเป็นข้อต่อแบบไร้ตะเข็บ ส่วนข้อต่อที่ใช้กับท่อโปรพิเลนไกลโคลจะเป็นข้อต่อแบบมีตะเข็บ ซึ่งข้อต่อมีหลายประเภท ได้แก่

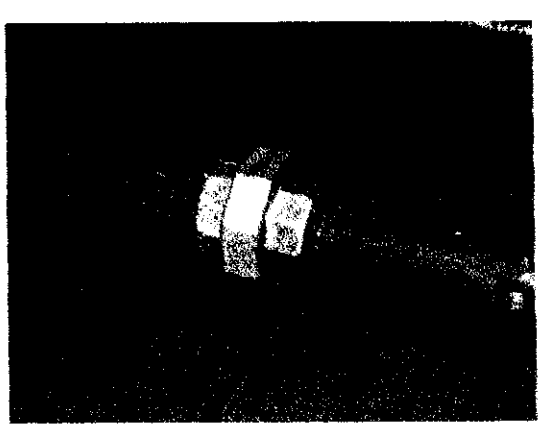
1. ข้องอ ใช้สำหรับเปลี่ยนทิศทางการเดินท่อ มีขนาดมุม 30°, 45° และ 90° ข้องอรัศมียาวมีการหักเลี้ยวทีละน้อยไม่มากเท่ากับข้องอมาตรฐานเพราะมีความดันสูญเสียน้อยกว่า แต่บางครั้งสถานที่อาจไม่เอื้ออำนวย ทำให้ต้องใช้ข้องอมาตรฐานแทน
2. ข้อต่อตัวที หรือสามทาง ใช้สำหรับเดินท่อแยก ใช้ได้ทั้งกับท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคล ซึ่งวิธีการเดินท่อแยกนั้นมีอยู่ด้วยกัน 2วิธี คือ ใช้ข้อต่อตัวทีและการเชื่อมโดยตรง ดังรูปที่ 3.21 ซึ่งวิธีการเชื่อมโดยตรงนั้นใช้กับท่อที่มีขนาดต่างกันไม่มากนัก สำหรับการเลือกวิธีการเดินท่อแยกนั้นสามารถดูได้จาก ตารางที่ 3.3

ก) การเจาะสวมท่อ

ข) การใช้สามทางแยกท่อ

รูปที่ 3.21 การต่อท่อแยก

3. ข้อลด ใช้เชื่อมกับท่อที่มีการเปลี่ยนขนาดเพื่อเพิ่มความเร็วของของไหลในท่อ
4. ยูเนียน ใช้สำหรับต่อท่อเข้ากับอุปกรณ์ซึ่งจะช่วยให้ถอดอุปกรณ์ออกไปซ่อมแซมได้ง่าย ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ยูเนียน

ตารางที่ 3.3 แสดงขนาดท่อที่อนุญาตให้ต่อท่อแยกโดยวิธีเจาะเชื่อม ไม่ต้องใช้สามทาง

ขนาดท่อเมน (นิ้ว) \ ขนาดท่อแยก (นิ้ว)	12	10	8	6	5	4	3	2-1/2	2	1-1/2	1-1/4	1	3/4	1/2
12	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
10		X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
8			X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
6				X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O
5					X	X	O	O	O	O	O	O	O	O
4						X	X	O	O	O	O	O	O	O
3							X	X	O	O	O	O	O	O
2-1/2								X	X	X	O	O	O	O
2									X	X	X	X	O	O
1-1/2										X	X	X	X	X
1-1/4											X	X	X	X
1												X	X	X
3/4													X	X
1/2														X

หมายเหตุ : X = *ห้าม เจาะท่อเมนเชื่อมท่อแยก ให้ใช้สามทาง*

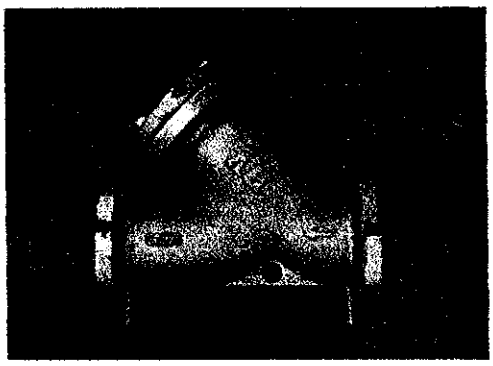
O = เจาะท่อเมนเชื่อมต่อท่อแยกได้โดยไม่ต้องใช้สามทาง

3.2.3.2 อุปกรณ์ประกอบท่อและวาล์ว

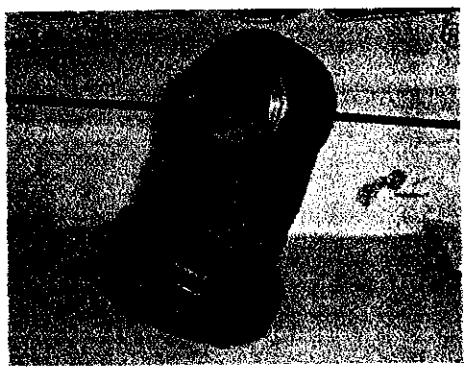
1. สเตรนเนอร์

หน้าที่ของเสตรนเนอร์ คือ ป้องกันอุปกรณ์บางอย่างเสียหาย ปกติแล้วสเตรนเนอร์จะติดตั้ง ณ ตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องสูบน้ำ ก่อนเข้าวาล์วต่าง ๆ และก่อนเข้าอุปกรณ์บางชนิดที่คิดว่าควรป้องกันการเสียหาย

ในระบบการทำความเย็นขนาดใหญ่ สเตรนเนอร์ควรติดตั้งอยู่ข้างหน้าวาล์วอัตโนมัติ ในระบบน้ำยาถ้าท่อน้ำยาเป็นเหล็กกล้าควรติดสเตรนเนอร์ที่ท่อน้ำยาด้านดูด เพื่อดักตะกรันและสนิมที่เกิดขึ้น



ก) สเตรนเนอร์ที่ใช้กับระบบน้ำ



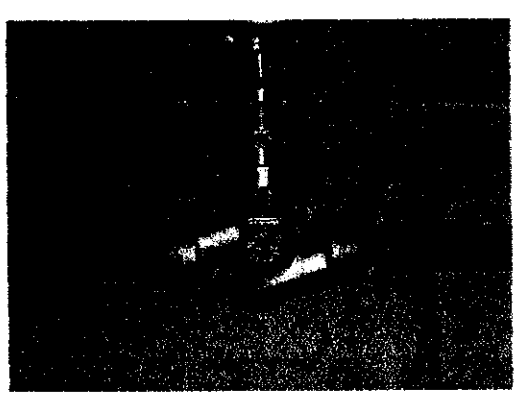
ข) สเตรนเนอร์ที่ใช้ระบบแอมโมเนีย

รูปที่ 3.23 สเตรนเนอร์

2. วาล์ว

2.1 โกล์บวาล์ว (Globe Valve) ทำหน้าที่เปิดปิดเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ได้สะดวก ในระบบท่อโปรพิเลน โกล์บวาล์วจะติดตั้งไว้ที่ทางออกจากระบบวาล์วเพื่อใช้ช่วยควบคุมอัตราการไหลเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้อง ส่วนในระบบท่อแอมโมเนีย โกล์บวาล์วจะติดตั้งที่บริเวณท่อก่อนเข้าและหลังออกจากระบบวาล์ว การติดตั้งโกล์บต้องให้อยู่ในบริเวณท่อที่มีการลาดเอียง เพื่อป้องกันไม่ให้ของไหลค้างอยู่ที่วาล์ว ควรติดตั้งในแนวนอนไม่ควรติดตั้งให้อยู่ในลักษณะแนวตั้ง

ก) โกล์บวาล์วที่ใช้กับระบบน้ำ



ข) โกล์บวาล์วที่ใช้กับระบบแอมโมเนีย

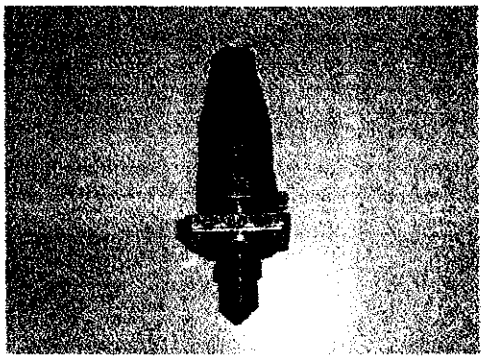
รูปที่ 3.24 โกล์บวาล์ว

2.2 เกทวาล์ว (Gate valve) ทำหน้าที่เป็นประตูน้ำเปิด-ปิดการไหลเท่านั้น ปกติจะเปิด- ปิดสุดมิฉะนั้น จะเกิด pressure drop มาก ใช้กับระบบท่อน้ำเท่านั้น โดยจะติดตั้งบริเวณก่อนเข้าระบบวาล์ว

เพื่อสะดวกในการถอดเปลี่ยนอุปกรณ์โดยไม่ต้องหยุดเดินเครื่อง เกทวาล์วปกติจะถูกติดตั้งอยู่ในแนวดิ่ง แต่ก็สามารถติดตั้งในตำแหน่งอื่น ๆ ได้ เช่นกัน แต่ไม่ควรเกินกว่ามุม 90° มีหมุนของวาล์วอย่าหันคว่ำลงควรให้อยู่ในแนวดิ่งด้านบนเสมอ เพราะถ้ามือหมุนคว่ำลงจะทำให้เปิดปิดวาล์วลำบากและกีดขวางการทำงาน

รูปที่ 3.25 เกทวาล์ว

2.3 เอ็กซ์แพนชั่นวาล์ว (Expansion Valves) หรือวาล์วเข็ม (Needle Valves) จะติดตั้งบริเวณทางเข้าอีแวปโพเรเตอร์ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลเพื่อลดความดันก่อนเข้าอีแวปโพเรเตอร์

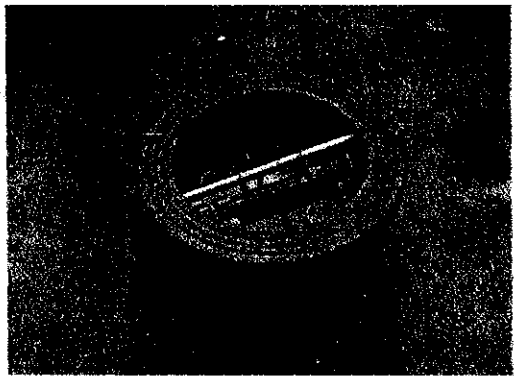


รูปที่ 3.26 วาล์วเข็ม

2.4 เช็ควาล์ว (Check Valves) ใช้บังคับการไหลของแอมโมเนียให้เดินตามระบบที่ต้องการ ในระบบท่อน้ำจะติดตั้ง ณ ตำแหน่งหลังออกจากปั๊ม เพื่อทำหน้าที่ป้องกันน้ำไหลกลับเข้าสู่ปั๊ม ซึ่งอาจทำความเสียหายแก่ปั๊มได้ เช็ควาล์วแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.4.1 *เช็ควาล์วเหวี่ยง* (Swing check valve) การติดตั้งควรติดตั้งในแนวนอน เนื่องจากถ้าติดตั้งในแนวดิ่งจะทำให้เกิดความดันลดมากขึ้น เช็ควาล์วเหวี่ยงมีความต้านทานต่อการไหลต่ำ ลักษณะการไหลผ่านคล้ายเกทวาล์ว ปกติจะใช้ร่วมกับเกทวาล์ว เช็ควาล์วเหวี่ยงเหมาะกับของเหลวที่มีความเร็วในการไหลต่ำ การปิดจะเป็นไปโดยอัตโนมัติด้วยน้ำหนักของลิ้น แรงดึงดูดของโลกและการไหลกลับของน้ำ ลิ้นจะหมุนผ่านเป็นส่วนโค้งมุม 90° ถึงบ่าลิ้น วาล์วชนิดนี้จะไม่ถูกเลือกใช้งานกับระบบท่อไอน้ำ เพราะการไหลเป็นจังหวะถูกคลื่นไหลกลับบ่อยครั้งหรือมีความดันสูง ก่อให้เกิดเสียงดังกังวาน และดังกระทบกันของลิ้นกับบ่าลิ้น ควรเลือกใช้เช็ควาล์วชนิดอื่นแทน

2.4.2 *เช็ควาล์วยก* (Life check valve) ลักษณะการไหลผ่านเช็ควาล์วคล้ายกับการไหลผ่านโกล์บวาล์ว เส้นทางการเดินของการไหลไม่ตรงจึงมีความต้านทานต่อการไหลมากกว่าแบบเหวี่ยง วาล์วชนิดนี้จะถูกนำมาใช้ร่วมกับโกล์บวาล์ว มีความสามารถปิดกั้นได้แน่นกว่า และอาจใช้ติดตั้งในท่อความดันสูงได้ดี เช่น น้ำ ไอน้ำ ลม ก๊าซ และอื่น ๆ ใช้กับระบบท่อแนวดิ่งและแนวนอน ช่องทางเปิดให้ไหลผ่านจะเปิดเต็มที่ และถูกเลือกมาใช้งานกับงานที่ต้องเปิดปิดบ่อย ๆ

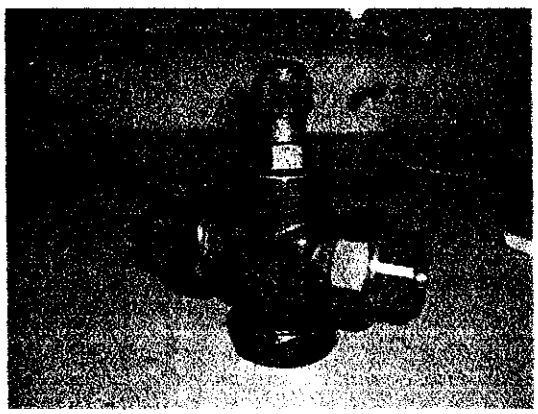


ก) เช็ควาล์วที่ใช้ในระบบน้ำ

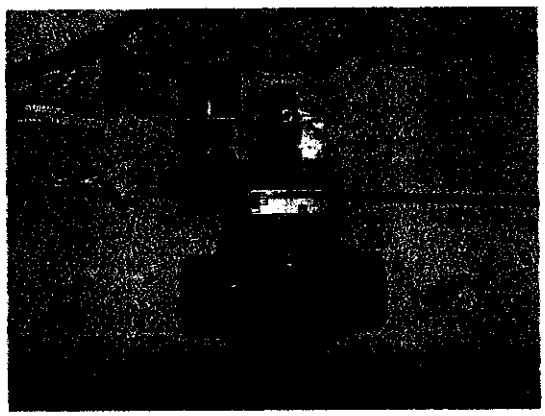
ข) เช็ควาล์วที่ใช้ในระบบแอมโมเนีย

รูปที่ 3.27 เช็ควาล์ว

2.5 โซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid Valves) มีหน้าที่ควบคุมระบบให้เป็นไปตามกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการ Cooling, Pump down และDefrost จะควบคุมจากโซลีนอยด์วาล์ว โดยจะควบคุมโซลีนอยด์วาล์วด้วยการตั้งเวลา



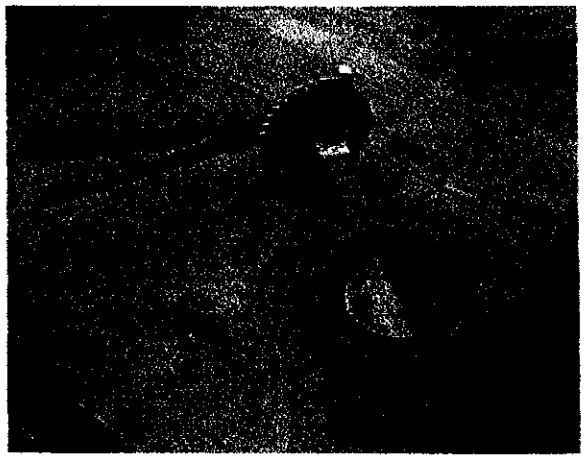
ก) โซลีนอยด์วาล์วที่ใช้ในระบบน้ำ



ข) โซลีนอยด์วาล์วที่ใช้ในระบบแอมโมเนีย

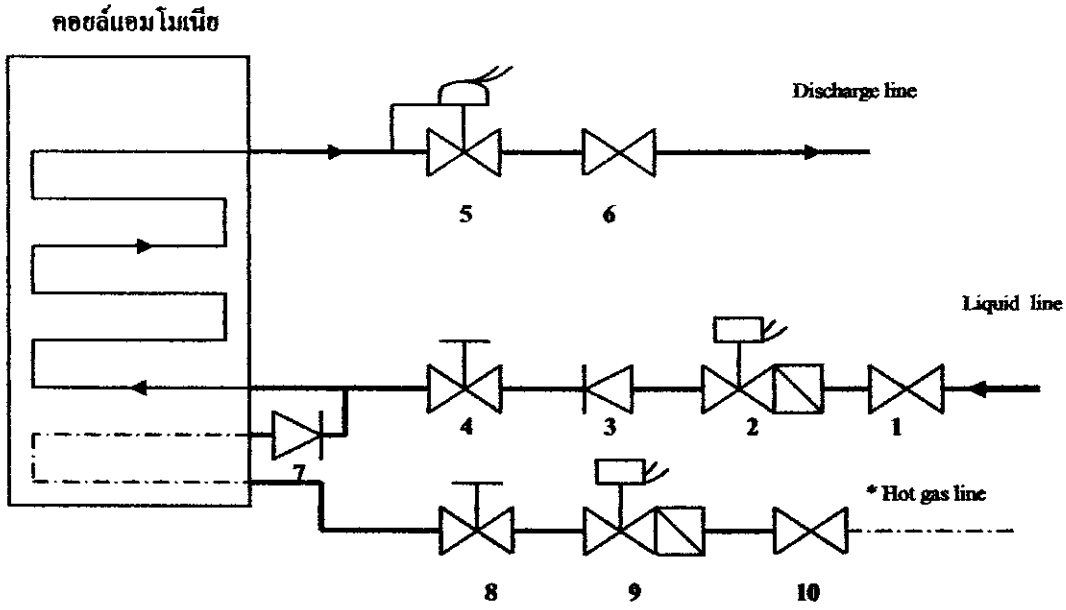
รูปที่ 3.28 โซลีนอยด์วาล์ว

2.6 วาล์วผีเสื้อ (Butterfly valves) ติดตั้งบริเวณท่อน้ำก่อนเข้าและหลังออกจากปั๊ม ทำหน้าที่ปิดเปิดระบบน้ำ การต่อลักษณะนี้ ทำให้ง่ายต่อการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนโดยไม่ต้องถ่ายน้ำออกจากระบบทั้งหมด



รูปที่ 3.29 วาล์วผีเสื้อ

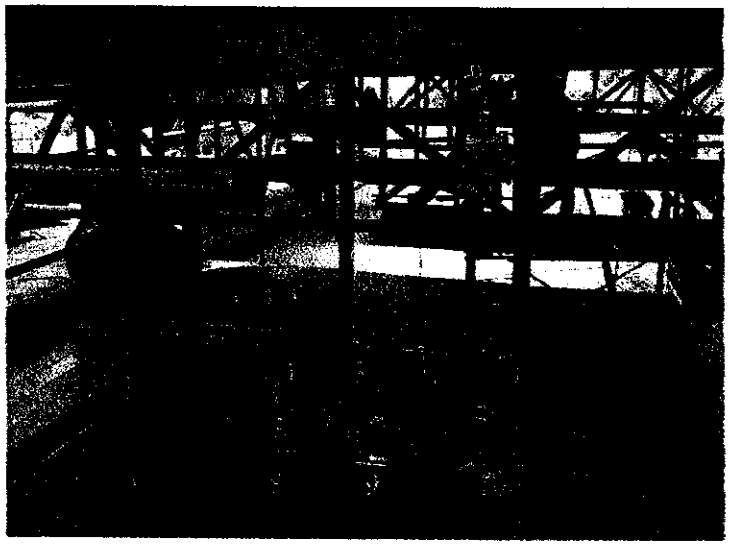
รูปแบบการติดตั้งวาล์วและอุปกรณ์ต่าง ๆสามารถดูได้จากรูปที่ 3.30, 3.31 และ 3.32



โซลีนอยด์วาล์ว (2,5,9) โกล์บวาล์ว (1,6,10) เช็ควาล์ว (3,7) เอ็กซ์แพนชั่นวาล์ว (4,8)

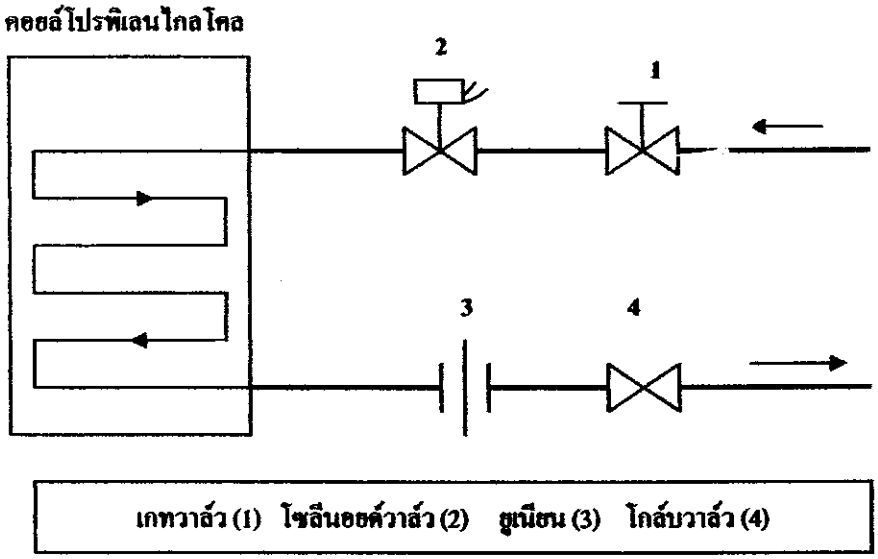
Hot gas line คือท่อที่ลำเลียงก๊าซอุณหภูมิสูงจากคอมเพรสเซอร์มาไหลเวียนในคอยล์แอมโมเนียเพื่อละลายน้ำแข็งที่คอยล์แอมโมเนียขณะทำความเย็น

ก) ไดอะแกรมแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่คอยล์แอมโมเนีย

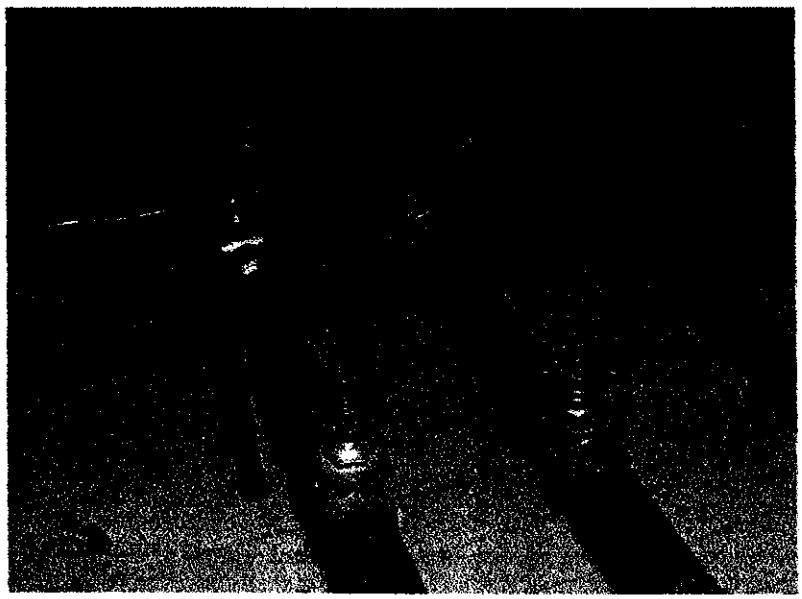


ข) รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่คอยล์แอมโมเนีย

รูปที่ 3.30 ไดอะแกรมและรูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่คอยล์แอมโมเนีย

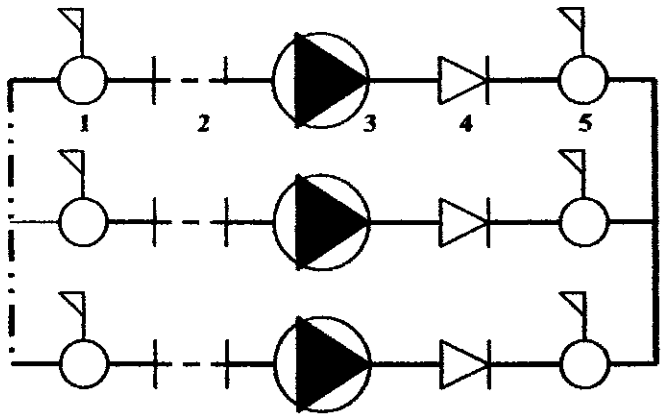


ก) ไดอะแกรมแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่คอยล์โปรพิเลนไกลโคล



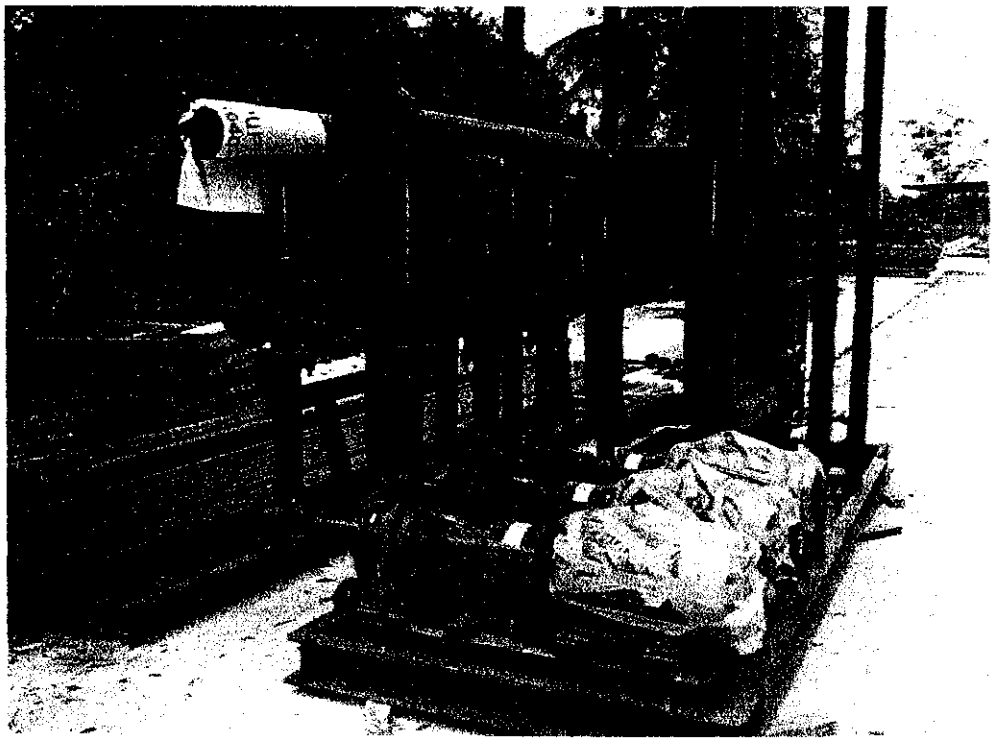
ข) รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่คอยล์โปรพิเลนไกลโคล

รูปที่ 3.31 ไดอะแกรมและรูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่คอยล์โปรพิเลนไกลโคล



วาล์วผีเสื้อ (1,5) สเตรนเนอร์ (2) เครื่องสูบน้ำ (3)
เช็ควาล์ว (4)

ก) ไดอะแกรมแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่เครื่องสูบน้ำในช่วง Water side



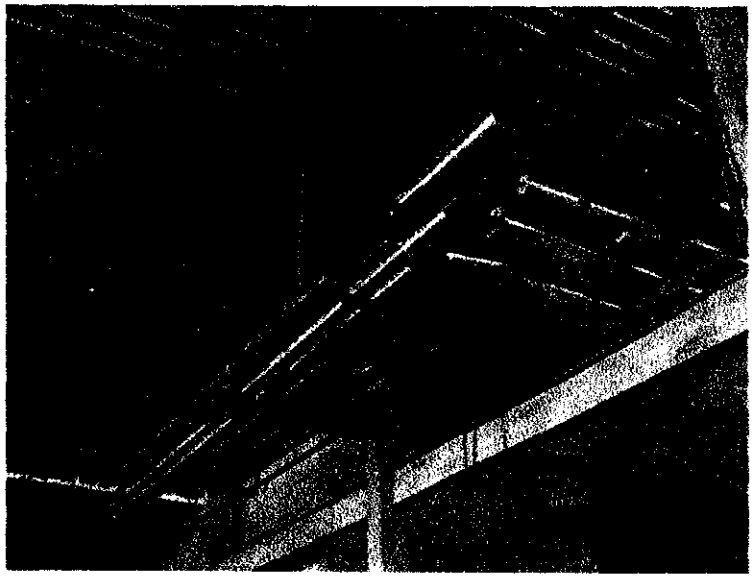
ข) รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่เครื่องสูบน้ำในช่วง Water side

รูปที่ 3.32 ไดอะแกรมและรูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่เครื่องสูบน้ำในช่วง Water side

3.2.4 หลักการทั่วไปในการติดตั้งท่อ

งานระบบท่อเป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์พื้นฐานของระบบการทำความเย็น เพื่อเป็นทางผ่านของสารทำความเย็น งานท่อเป็นงานที่ขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นจริงของหน้างาน การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องให้สอดคล้องกับการออกแบบตัวอาคาร โดยยึดหลักที่ว่าระบบต้องมีประสิทธิภาพสูงสุดและลดต้นทุนของการติดตั้ง (ในที่นี้หมายถึง ราคาอุปกรณ์และราคาค่าแรงงาน) หลักในการติดตั้งท่อทั่วไปควรปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ควรเดินท่อขนานหรือตั้งฉากกับผนังอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 3.33

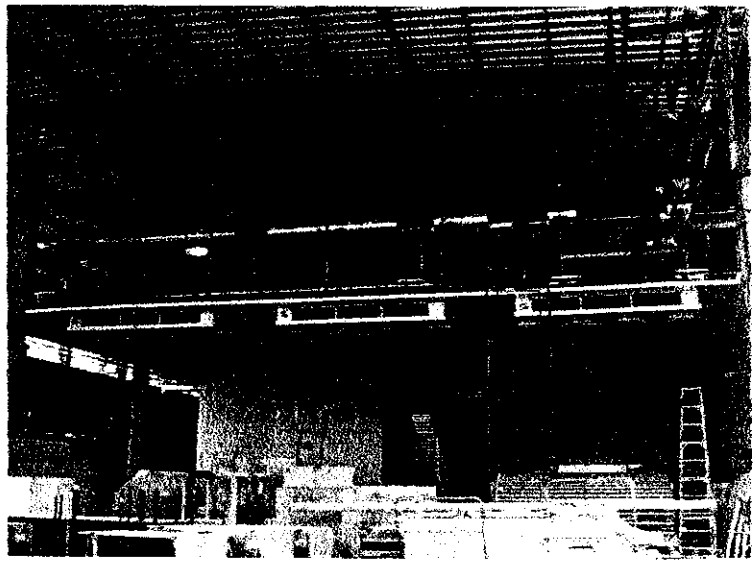


รูปที่ 3.33 แนวการเดินท่อ

2. ควรเดินท่อในแนวตรงหรือให้มีการหักเลี้ยวเปลี่ยนทิศน้อยที่สุด เพื่อลดจำนวนข้อต่อ
3. ควรเดินท่อในลักษณะที่สามารถเข้าถึงและบำรุงรักษาได้ง่าย
4. ไม่ควรเดินท่อทะลุเพดานหรือโครงสร้างที่ใช้รับน้ำหนักของอาคาร ถ้าในกรณีที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จะต้องปรึกษากับวิศวกรโครงสร้างเสียก่อน
5. ไม่ควรเดินท่อกีดขวางการติดตั้งอุปกรณ์อื่น ๆ ดังนั้นจึงควรตรวจสอบแบบทางเดินท่อลม ไฟแสงสว่าง และอื่น ๆ ก่อนการติดตั้ง
6. ตำแหน่งที่เดินท่อไม่ควรกีดขวางการใช้พื้นที่ของอาคาร ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด ได้แก่ การเดินท่อขวางประตู ทำให้เปิดประตูไม่ได้ เป็นต้น

7. ในการวางแผนทางเดินท่อควรคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย เช่น ไม่ควรติดตั้งวาล์วไว้เหนือหม้อแปลงไฟฟ้า เพราะถังวาล์วอาจก่อให้เกิดอันตรายขึ้นได้

8. ในการวางแผนการเดินท่อควรคำนึงถึงความสวยงามทางด้านสถาปัตยกรรมด้วย เช่น เดินท่อน้ำและท่อลมซ่อนไว้เหนือฝ้าแขวนหรือหลังผนัง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 การเดินท่อที่คำนึงความสวยงามทางสถาปัตยกรรม

9. ควรเดินท่อให้มีระยะทางสั้นที่สุด เพื่อลดต้นทุนของการติดตั้ง

10. แผนทางเดินท่อต้องถูกต้องตามข้อตกลงระหว่างบริษัทผู้ติดตั้งกับบริษัทลูกค้า

3.3 การตรวจสอบรอยรั่ว

รอยรั่วในระบบทำความเย็นอาจเป็นรอยรั่วออกนอกหรือรั่วเข้าไปในระบบ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับความดันที่จุดที่รั่วว่าสูงหรือต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ถ้าสูงกว่าความดันบรรยากาศ สารทำความเย็นก็จะรั่วออกนอกระบบ หากจุดที่รั่วความดันต่ำกว่าบรรยากาศจะไม่มีการรั่วของสารทำความเย็น แต่จะมีการดูดอากาศและความชื้นเข้าไปในระบบแทน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการรั่วของสารทำความเย็นออกมานอกระบบไม่ร้ายแรงเท่ากับการรั่วเข้าใน เพราะหากเราพบจุดรั่วก็สามารถซ่อมและเติมสารทำความเย็นในปริมาณที่เหมาะสมเข้าไปในระบบได้เลย ส่วนกรณีที่เป็นการรั่วเข้าใน ความชื้นที่ถูกดูดเข้าไปจะทำให้ความดันที่ทางออกของเครื่องอัดเพิ่มและเร่งอัตราการกัดกร่อนและความชื้นที่เข้าไปในระบบยังอาจทำให้เกิดการจับตัวเป็นน้ำแข็งที่อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารความเย็นได้อีก และหลังจากจุดรั่วได้ถูกตรวจนับจะต้องมีการถ่ายสารทำความเย็นออกมาให้หมดแล้วแยกน้ำออก

การตรวจสอบรอยรั่วในระบบทำความเย็นที่นิยมใช้ คือ

3.6.1 การตรวจสอบรอยรั่วโดยใช้น้ำ (Hydrolic Leak Test) โดยการอัดน้ำความดันไม่ต่ำกว่า 500 kPa เข้าไปในระบบท่อแล้วสังเกตดูว่ามีน้ำรั่วออกจากระบบหรือไม่ วิธีนี้ใช้เฉพาะกับท่อโปรพิเลนไกลโคลเท่านั้น ห้ามใช้กับท่อแอมโมเนีย โดยวิธีการนี้สามารถทำการตรวจสอบได้โดยไม่ต้องเดินเครื่อง

3.6.2 การตรวจสอบรอยรั่วโดยใช้ลม (Pneumatic Leak Test) โดยการอัดลมที่มีความดันไม่ต่ำกว่า 450 kPa เข้าไปในระบบท่อแล้วใช้น้ำสบู่ทาบริเวณที่ต้องสงสัย และใช้แสงจ้าฉายเพื่อให้สังเกตง่ายขึ้น ข้อดีของวิธีการนี้คือสามารถตรวจสอบการรั่วได้ในขณะที่การติดตั้งระบบทำความเย็นยังไม่เสร็จ โดยการนำฝา Cap ไปปิดบริเวณปากท่อ แล้วทำการตรวจสอบตามขั้นตอนข้างต้น วิธีการนี้สามารถทำการตรวจสอบได้โดยไม่ต้องเดินเครื่อง และทดสอบได้ทั้งท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคล

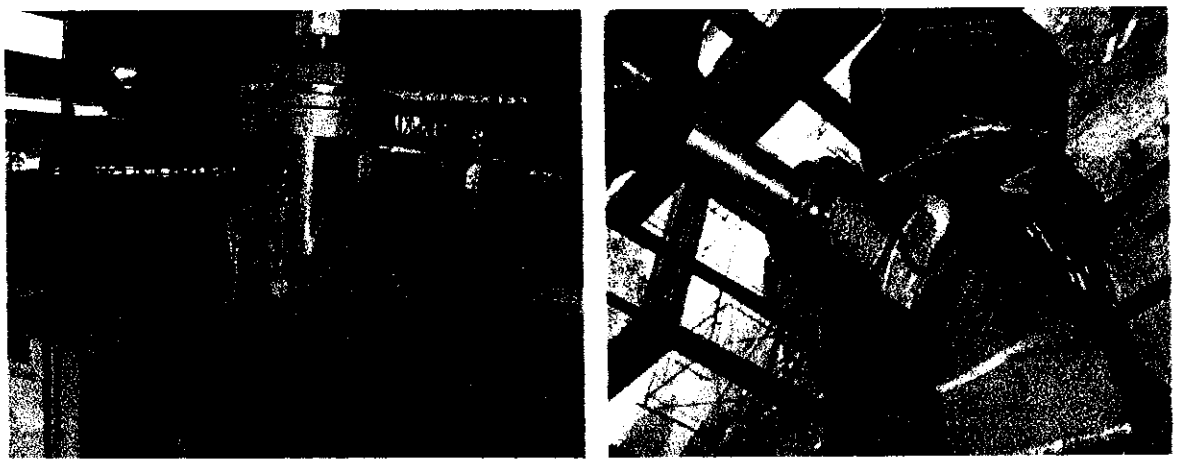
3.6.3 การตรวจสอบรอยรั่วโดยใช้แอมโมเนีย ไอกำมะถันและไอของแอมโมเนีย เมื่อรวมกันจะเป็นควันขาว (แอมโมเนียซัลไฟด์) ดังนั้นเราจึงสามารถตรวจสอบพบการรั่วในระบบที่ใช้แอมโมเนียได้โดยการนำกระเทียมกำมะถันไปในบริเวณใกล้ๆ จุดที่สงสัยว่ารั่วแต่ไม่ต้องสัมผัสกับท่อทางเหล่านั้น ซึ่งถ้าเกิดการรั่วเทียนกำมะถันจะให้ควันสีขาวออกมา หรือใช้กระดาษฟีนอพทาลีนเจือจาง ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อเจอไอแอมโมเนียที่จุดที่รั่ว วิธีการนี้ต้องทำการตรวจสอบในขณะเดินเครื่อง

ซึ่งข้อกำหนดต่าง ๆ การทดสอบรอยรั่วทั้ง 3 วิธี สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางสรุปวิธีการทดสอบการรั่ว

ข้อกำหนด	วิธีการทดสอบรอยรั่ว		
	Hydrolic Test	Pneumatic Test	แบบใช้แอมโมเนีย
1. ความดันที่ใช้ทดสอบ	ไม่ต่ำกว่า 500 kPa	ไม่ต่ำกว่า 450 kPa	เท่ากับความดันที่ใช้เดินเครื่อง
2. วิธีการตรวจสอบ	สังเกตดูรอยน้ำที่รั่วออกมา	ใช้น้ำสบู่ทา	ใช้เทียนกำมะถันหรือกระดาษฟีนอฟทาลีนเจือจาง
3. ประเภทของท่อที่ทำการตรวจสอบ	ท่อโปรพิเลนไกลโคล	ท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคล	ท่อแอมโมเนีย
4. สารที่ใช้การตรวจสอบ	น้ำ	อากาศ (ลม)	แอมโมเนีย
5. สถานะของระบบในขณะทดสอบ	ขณะยังไม่เดินเครื่อง	ขณะยังไม่เดินเครื่อง	ขณะเดินเครื่อง

หมายเหตุ : การทดสอบรอยรั่วทุกวิธี ความดันลดที่ยอมรับได้ต้องไม่เกิน 5% ของความดันที่ใช้ทดสอบ โดยใช้เวลาในการทดสอบไม่ต่ำกว่า 48 ชั่วโมง



ก) รอยรั่วด้านข้างตัววาล์ว ข) รอยรั่วที่ด้านบนของตัววาล์ว

รูปที่ 3.35 รูปแสดงรอยรั่วที่พบในการทดสอบรอยรั่ว

ข้อควรระวังในการตรวจสอบการรั่ว

1. ควรสังเกตบริเวณข้อต่อท่อ รอยเชื่อม และตัววาล์วเป็นพิเศษ เพราะเป็นบริเวณที่มักจะเกิดการรั่วได้ง่ายกว่าบริเวณอื่น ๆ
2. ใส่ถุงมือทุกครั้งที่ต้องสัมผัสกับวัสดุที่มีการรั่ว เพื่อป้องกันอันตรายจากแอมโมเนียหรือสารทำความเย็นที่รั่วไหลออกมา
3. ถ้าพบว่ารอยรั่วเกิดขึ้นที่ตัววาล์วให้รีบเคลมตัวใหม่กับบริษัทที่เกี่ยวข้องทันที เพื่อที่จะได้นำมาเปลี่ยน

หลังจากการตรวจสอบรอยรั่วของระบบท่อเสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอนการหุ้มฉนวนท่อ ซึ่งในทางปฏิบัติมักจะหุ้มฉนวนบริเวณที่ยังไม่มีรอยต่อก่อน โดยเว้นบริเวณรอยต่อไว้ตรวจสอบการรั่วภายหลังเพื่อไม่ให้เป็นการเสียเวลา และง่ายต่อการตรวจสอบ ซึ่งในหัวข้อต่อไปนี้จะอธิบายถึงคุณสมบัติของฉนวนและการติดตั้งฉนวน

3.4 การหุ้มฉนวนท่อ

การหุ้มฉนวนท่อในระบบทำความเย็น จะหุ้มหลังจากที่ได้ทำการตรวจสอบรอยรั่วของระบบท่อแล้วเท่านั้น โดยจะไม่หุ้มฉนวนก่อนการตรวจสอบรอยรั่ว เพราะถ้าหุ้มฉนวนไปแล้วพบรอยรั่วบริเวณที่หุ้มฉนวนแล้วต้องรื้อฉนวนออกมาหุ้มใหม่ทำให้เป็นการสิ้นเปลืองต้นทุน

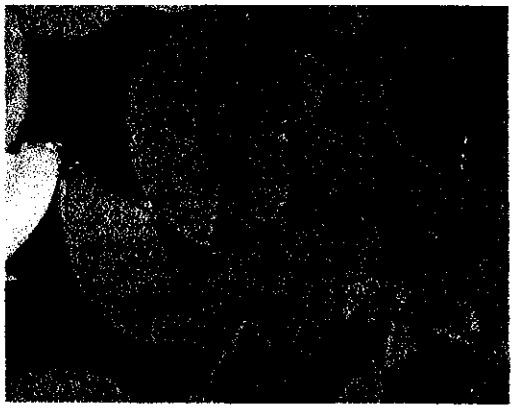
ฉนวนที่ใช้ในระบบการทำความเย็นมีหลายชนิด เช่น โฟมโพลียูรีเทน ฉนวนยาง (Aeroflex) ใยแก้ว (Fiber Glass) เป็นต้น แต่ในที่นี้ทางผู้ดำเนินโครงงานจะขอกล่าวถึงฉนวนประเภทโฟมโพลียูรีเทนเท่านั้น เนื่องจากในกรณีศึกษางานติดตั้งระบบทำความเย็นที่สถานที่ก่อสร้างของบริษัท ซี.เอฟ.พี. จำกัด ใช้เพียงโฟมโพลียูรีเทนหุ้มท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 โฟมโพลียูรีเทน (Polyeurethane)

โฟมโพลียูรีเทน เป็นวัสดุฉนวนที่ทำจากเรซินพลาสติกโฟมชนิดโพลียูรีเทน (Polyeurethane) โฟมโพลียูรีเทน เป็นฉนวนที่มีเซลลูลาร์เรียงติดกันแน่นจนเป็นแผ่นแข็ง สภาพนำความร้อนจะลดลงหลังจากเริ่มต้นใช้งาน เนื่องจากก๊าซที่ถูกดักอยู่ภายในโครงสร้างของเซลลูลาร์ถูกแทนที่ด้วยอากาศ มี

น้ำหนักเบา ตัดได้ดี ความทนทานต่อสารเคมีเปลี่ยนไปตามส่วนผสมภายใน ติดไฟแต่จะดับได้เอง อุณหภูมิใช้งานช่วงต่ำถึงปานกลาง Rigid P.U. Foam สามารถทนต่อสารเคมี สารละลายต่างๆ รวมทั้งกรดอ่อนและด่างต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี Rigid P.U. Foam จะไม่ถูกทำลายโดยเชื้อรา หรือจุลชีพต่าง ๆ ไม่มีกลิ่น สามารถใช้ในงานอุตสาหกรรมห้องเย็นได้ นอกจากนี้แล้ว ยังทนทานต่อสภาวะอากาศความชื้นและมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน

ฉนวนโฟมโพลียูรีเทนสามารถแบ่งออกตามการติดตั้งได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้สำหรับท่อโปรพิเลนไกลโคลและชนิดที่ใช้สำหรับท่อแอมโมเนีย ดังรูปที่ 3.36 ซึ่งทั้ง 2 ชนิดจะแตกต่างกันที่ความหนา โดยชนิดที่ใช้สำหรับท่อแอมโมเนียจะมีความหนามากกว่าเพราะท่อแอมโมเนียจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าท่อโปรพิเลนไกลโคลจึงต้องใช้ฉนวนโฟมที่หนากว่า และเมื่อสังเกตฉนวนโฟมชนิดที่ใช้สำหรับท่อแอมโมเนียจะเห็นว่ามีข้อต่อสวม ซึ่งสาเหตุที่ต้องมีข้อต่อสวมเพราะว่าเป็นการป้องกันอันตรายในกรณีแอมโมเนียรั่วไหลจากออกท่อทางรอยต่อของฉนวนโฟมในขณะเดินเครื่อง ซึ่งข้อต่อสวมนี้จะเป็นตัวป้องกันไม่ให้แอมโมเนียไม่รั่วไหลผ่านรอยต่อของฉนวนโฟมออกมาได้



ก) โฟมโพลียูรีเทนที่ใช้สำหรับท่อโปรพิเลนไกลโคล

ข) โฟมโพลียูรีเทนที่ใช้สำหรับท่อแอมโมเนีย

รูปที่ 3.36 โฟมชนิดโพลียูรีเทน

3.4.2 คุณสมบัติของโฟมโพลียูรีเทน

3.4.2.1 Thermal Properties

Rigid P.U. Foam เป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด (Low thermal conductivity) โดยปกติจะอยู่ในช่วง 0.016 - 0.022 Kcal/mhC เมื่อเทียบกับฉนวนกันความร้อนประเภทอื่น ถึงแม้ความหนาของชิ้นงาน Rigid P.U. Foam จะน้อยก็ยังมีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้เป็นอย่างดี ดังนั้น Rigid P.U.Foam จึงเหมาะกับงานทุกประเภทที่ต้องการประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนสูง ด้วยค่าใช้จ่ายที่ประหยัด

3.4.2.2 Flammabilty Classification

เมื่อต้องการคุณสมบัติในการกันไฟ Rigid P.U. Foam สามารถผสมสารกันไฟตามมาตรฐานสากลต่าง ๆ ได้ เช่น DIN 4102, Class B1 Rigid P.U. Foam ที่ออกแบบสำหรับใช้กันความร้อนจากหลังคา ยังมีคุณสมบัติพิเศษที่ไม่ติดไฟ และไม่หยดเมื่อถูกไฟเผาไหม้

3.4.2.3 Mechanical Properties & Installation

Rigid P.U. Foam สามารถใช้งานเป็นวัตถุดิบในการผลิตชิ้นงานต่าง ๆ สามารถให้ค่าความหนาแน่นได้ตามความต้องการของแต่ละคน โดยการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเนื้อโฟมให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

Rigid P.U. Foam สามารถเกาะยึดกับวัสดุต่างได้ดี มีความแข็งแรงทนทานและสามารถรับน้ำหนักได้สูงด้วยตัวเอง สามารถคงสภาพเดิม ไม่เปลี่ยนแปลงแม้อุณหภูมิที่นำไปใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงสูง

Rigid P.U. Foam มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก สามารถเลื่อย เจาะ ตัด และยึดติดกับวัสดุอื่น ๆ ได้ดี สะดวกต่อการใช้งาน และการติดตั้ง

3.4.2.4 Longterm Performance & Chemical Resistance

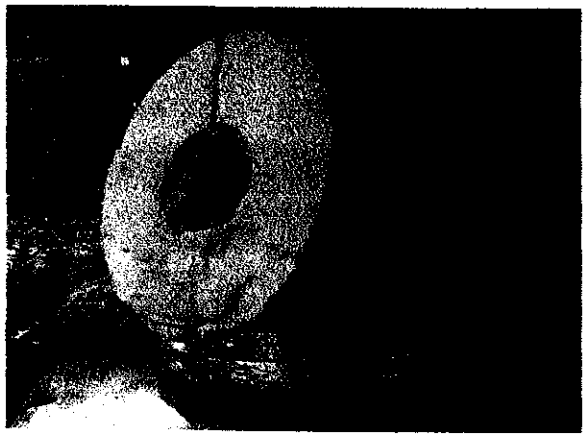
Rigid P.U. Foam สามารถทนต่อสารเคมี สารละลายต่างๆ รวมทั้งกรดอ่อน และด่างต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี Rigid P.U. Foam จะไม่ถูกทำลายโดยเชื้อรา หรือจุลชีพต่าง ๆ ไม่มีกลิ่น สามารถใช้ในงานอุตสาหกรรมห้องเย็นได้ นอกจากนี้แล้ว ยังทนทานต่อสภาวะอากาศความชื้น และมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน

3.4.3 ขั้นตอนการติดตั้งฉนวนโฟมโพลียูรีเทน

1. ตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจาก Piping Diagram และช่วงยุบหภูมิท่อจาก Schematic Diagram (แบบร่างของระบบทั้งหมด)
2. นำค่าที่ได้ทั้งสองมาหาขนาดความหนาของโฟม โดยเทียบกับตารางที่ 3.5
3. นำโฟมที่ได้ไปประกอบกับท่อ โดยนำโฟมที่ขึ้นรูปแล้วมาประกบบริเวณด้านล่างของท่อ จากนั้นเทโฟมเหลวใส่ให้เต็ม แล้วนำโฟมที่ขึ้นรูปแล้วอีกข้างมาประกบด้านบนของท่อ ดังรูปที่ 3.37

รูปที่ 3.37 การเทน้ำยาโฟมให้ประกบกับท่อ

4. นำโฟมเหลวมาหยอดบริเวณรอยต่อและบริเวณที่เป็นรูให้เต็ม
5. ในกรณีการติดตั้งบริเวณข้องอ ให้ตัดโฟมมาประกอบกัน ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 โฟมที่ใช้ติดตั้งบริเวณข้องอ

6. หลังจากหุ้มฉนวนท่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้พัน PVC เทป รอบฉนวนโฟม ซึ่งท่อแต่ละชนิดการใช้งานจะพัน PVC เทปต่างสีกัน โดยดูได้จากตารางที่ 3.6

ตาราง 3.5 ตารางเลือกใช้ฉนวนโฟมโพลียูรีเทนตามอุณหภูมิของท่อที่จะหุ้ม

PIPE AND INSULATION					
PIPE		PU.FOAM PIPE THICKNESS			
NOMINAL SIZE inch. (mm.)	SCH	TYPE A AT.<-30°C~-45°C (EXTERNAL ROOM)	TYPE B AT.>-11°C (EXTERNAL ROOM)	AT.<-11°C~-45°C (EXTERNAL ROOM)	REMARK
∅ 1/2" (15)	80	65	50	50	DENSITY 35 kgs./CU.M.
∅ 3/4" (20)	80				
∅ 1" (25)	80	75			
∅ 1 1/4" (32)	80				
∅ 1 1/2" (40)	80				
∅ 2" (50)	40				
∅ 2 1/2" (65)	40	100	75	75	
∅ 3" (75)	40				
∅ 4" (100)	40				
∅ 5" (125)	40	125	100	100	
∅ 6" (150)	40				
∅ 8" (200)	40				
∅ 10" (250)	40	150	125	125	

ตารางที่ 3.6 ข้อกำหนดสีต่าง ๆ สำหรับงานท่อและสี PVC เทป ของงานท่อที่หุ้มฉนวน

รายการชนิดท่อ	-10 °C	-30 °C	-40 °C
WET RETURN, DRY RETURN & SUCTION กลับ COMPRESSOR	สีน้ำตาล	สีฟ้า	สีฟ้า
ECONOMIZER	สีน้ำตาล	-	-
DISCHARGE (SCREW COMP) ทั้ง BOOSTER, HI-STAGE	สีแดง	สีส้ม	สีส้ม
DISCHARGE (RECIP, COMP)	สีเงิน/สีแดง	สีเงิน/สีแดง	สีเงิน/สีแดง
HOT GAS DEFROST	สีแดง	สีแดง	สีแดง
LIQUID จาก RECEIVER & INTERCOOLER, SOC	สีเหลือง	สีเหลือง	สีเหลือง
LIQUID จาก PUMP ไป ROOM	สีเหลือง	สีเหลือง	สีเหลือง
RELEIF LINE/EQUALIZER	สีแดง	สีแดง	สีแดง
EMPTY LINE	สีน้ำตาล/สีแดง	สีแดง/สีเหลือง	สีแดง/สีเหลือง

หมายเหตุ : Wet Return คือ ท่อที่ลำเลียงของไหลที่ออกจากอีแวปโพเรเตอร์ โดยอยู่ในทั้งสถานะของเหลวและก๊าซ, Dry Return คือ ท่อที่ลำเลียงของไหลที่ออกจากอีแวปโพเรเตอร์ ที่อยู่ในสถานะก๊าซ

ข้อควรระวัง ในการหุ้มฉนวน

1. ควรเทน้ำยาฉนวนโฟมให้ครอบคลุมตัวท่อเพื่อให้เยื่อโฟมชิดติดกับตัวท่อ
2. การคิดขนาดท่อที่ใช้ในการติดตั้ง ควรเผื่อขนาดของฉนวนไว้ด้วยเพื่อป้องกันปัญหาหุ้มโฟมไม่ได้เนื่องจากตัวโฟมติดโครงสร้างหรือเหล็กทรัสของอาคาร
3. การใช้ฉนวนโฟมโพลียูรีเทนควรสังเกตว่าเป็นท่อน้ำหรือท่อน้ำยาทำความเย็น เพื่อป้องกันการใช้โฟมผิดกับประเภทท่อ