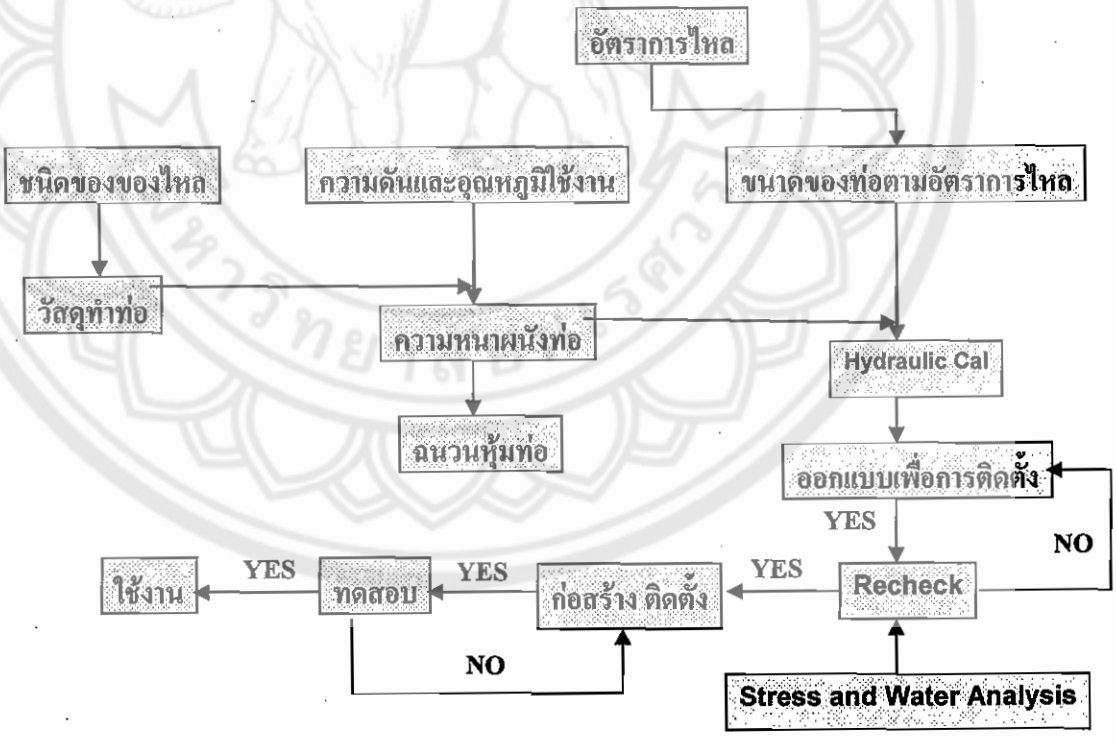
บทที่ 2
หลักการออกแบบท่อไอน้ำแจ็คเก็ต

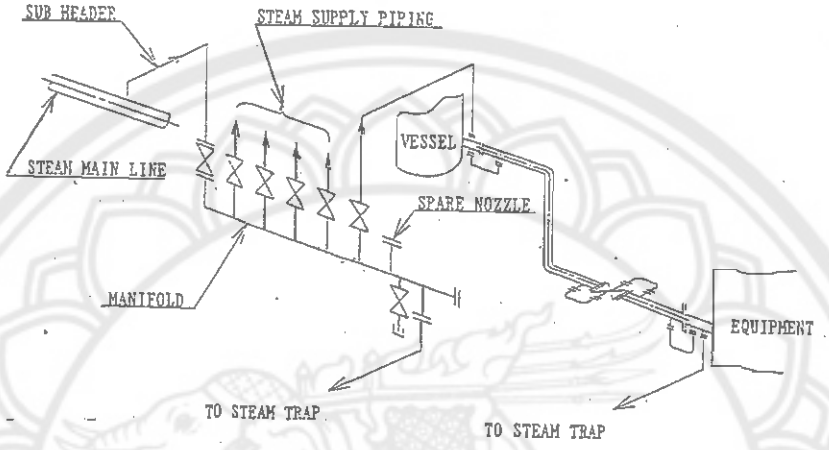
ในปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบการรักษาสถานะของสารทำงานในระบบท่อของขั้นตอนการผลิตภัณฑ์มาใช้ในอุตสาหกรรมไม่ว่าจะเป็นงานการผลิตทางด้านอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โรงไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมัน ฯลฯ การให้ความร้อนกับสารที่ทำงานภายในระบบท่อเพื่อรักษาสถานะของสารให้ทำงานได้ในระบบเพื่อที่จะป้อนเข้าสู่กระบวนการของระบบการผลิตต่อไป โดยการให้ความร้อนด้วยการใช้ไอน้ำไหลขนานไปตามท่อของสารทำงาน เพื่อรักษาอุณหภูมิและความดันให้คงไว้

โดยในโครงงานฉบับนี้จะขอกล่าวถึงการออกแบบท่อไอน้ำแจ็คเก็ต (Jacketed Pipe) เพื่อส่งไอน้ำความร้อนสูงรักษาสถานะของสารทำงาน ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป โดยมีขั้นตอนการออกแบบท่อไอน้ำแจ็คเก็ต สามารถสรุปเป็นแผนผังกระบวนการได้ดังรูปที่ 2.1

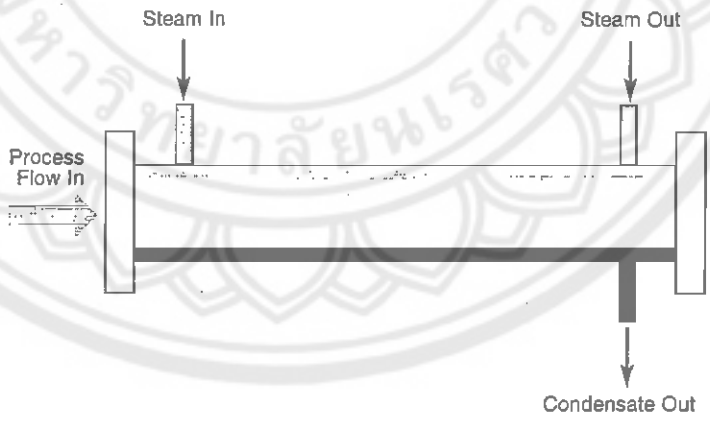


รูปที่ 2.1 แผนผังกระบวนการการออกแบบ ติดตั้งและทดสอบระบบท่อ

โดยระบบไอน้ำที่จ่ายให้กับท่อแจ็คเก็ตจะถูกส่งมาจากท่อหลักของท่อไอน้ำ (Steam main line) แล้วก็นำมาต่อเข้ากับท่อ Manifold โดยที่ท่อ Manifold จะเป็นตัวขับไอน้ำ (Steam) เพื่อที่จะเอาไปจ่ายให้กับท่อแจ็คเก็ตดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงระบบไอน้ำที่จ่ายให้กับท่อแจ็คเก็ต: *[3]*



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของท่อไอน้ำแจ็คเก็ต (Jacketed Pipe): *[12]*

จากรูปที่ 2.3 ท่อด้านในเป็นท่อสารทำงาน(Process flow in) และวงแหวนรอบนอกเป็นท่อแจ็คเก็ตสำหรับใช้ในการส่งไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูง โดยจากภาพด้านบนเป็นการใส่ไอน้ำ (Steam in)

รักษาสภาวะของสารทำงานของท่อด้านใน เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการแล้วจะปล่อยไอน้ำออก (Steam out) และระหว่างกระบวนการไอน้ำจะเกิดการควบแน่นดังนั้นน้ำที่เกิดการควบแน่นจะถูกปล่อยออกทางท่อคอนเดนเสต (Condensate out) โดยลักษณะของท่อแจ็คเก็ตที่ใช้ในการส่งไอน้ำมี 2 แบบโดยเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานและ ราคาของเครื่องมือ อุปกรณ์

2.1 ลักษณะของท่อแจ็คเก็ต

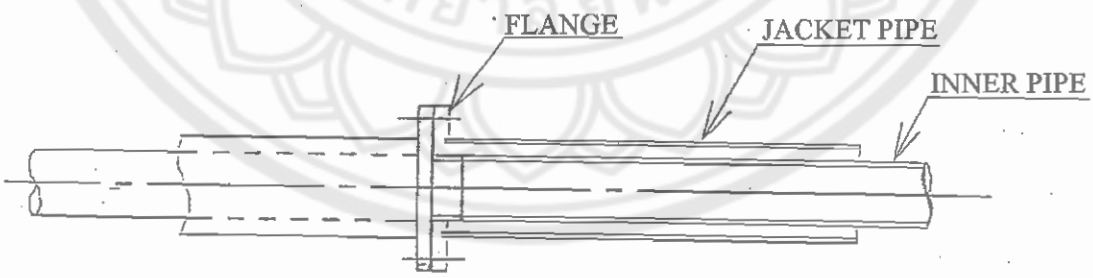
ท่อแจ็คเก็ต (Jacket) แบ่งออกเป็นได้ 2 แบบคือ

1. ลักษณะของท่อแจ็คเก็ตที่เป็นแบบ Full jacket
2. ลักษณะของท่อแจ็คเก็ตที่เป็นแบบ Semi jacket

ซึ่งการเลือกใช้ ท่อแจ็คเก็ต (Jacket) ทั้ง 2 แบบนั้นควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งานและราคาเครื่องมือ อุปกรณ์

2.1.1 ลักษณะของท่อแจ็คเก็ตที่เป็นแบบของ Full jacket

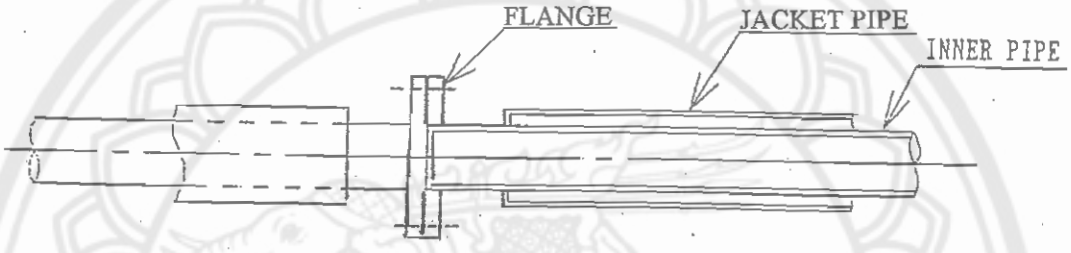
แบบของ Full jacket ท่อด้านในจะถูกหุ้มด้วยท่อด้านนอก (Jacket)จนถึงหน้าแปลน (flange) โดยส่วนมากจะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่สำคัญๆ และเป็นอันตรายเนื่องจากสามารถรักษาอุณหภูมิและป้องกันการรั่วของสารผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในท่อด้านในได้ดีแต่มีราคาแพง เช่น กระบวนการโพลีคาร์บอเนต (polycarbonet process) กระบวนการนี้จะมีสารฟอสจีน (phosgene) ไหลอยู่ภายในท่อด้านในและจะมีสารไนโตรเจน (nitrogen)ไหลอยู่ภายในท่อด้านนอก ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะ Full jacket *:[3]*

2.1.2 ลักษณะของท่อแจ็คเก็ตที่เป็นแบบของ Semi jacket

แบบของ Semi jacket ท่อด้านในจะไม่ถูกหุ้มด้วยท่อด้านนอกทั้งหมดเหมือนแบบ full jacket เหมาะกับกระบวนการผลิตที่ไม่ค่อยจะสำคัญมาก เช่นการให้ความร้อนกับสารผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในท่อด้านในเพื่อที่จะทำให้สารทำงานคงสถานะในกระบวนการผลิต โดยกระบวนการนี้จะมีสารคลอโรเบนซิน(chlorobenzene) ไหลอยู่ภายในท่อด้านในและจะมีไอน้ำ(steam)ไหลอยู่ภายในท่อด้านนอก ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของ Semi jacket *:[3]*

2.2 รายละเอียดและวัสดุที่ใช้ทำท่อ

ท่อทำจากวัสดุต่าง ๆ หลายชนิด การที่จะเลือกท่อซึ่งทำจากวัสดุชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการนำท่อไปใช้งาน โดยจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อนี้

1. คุณสมบัติของของไหลที่ไหลผ่านท่อ
2. อุณหภูมิ
3. ความดัน
4. แนวโน้มที่จะเกิดการ Oxidation

นอกจากนี้ราคาและความยากง่ายในการจัดซื้อยังมีอิทธิพลต่อการเลือกชนิดวัสดุ สิ่งสุดท้ายที่จำกัดการเลือกชนิดวัสดุสำหรับการนำมาใช้งานคือ บทบัญญัติและข้อบังคับต่าง ๆ ผู้ความคุมงานจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบ และระมัดระวังในการเลือกชนิดวัสดุให้เป็นไปตามบทบัญญัติ ซึ่งใช้บังคับกับงานแต่ละงาน

วัสดุท่อที่ใช้กับท่อในอุตสาหกรรมมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ เหล็กเหนียว(Carbon Steel) และเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) ดังสรุปได้ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะท่อที่ใช้กับท่อในอุตสาหกรรม *:[6]*

ผลิตภัณฑ์	วัสดุ	มาตรฐาน	ชนิด
ท่อ	Carbon Steel	API 5L Grade B ASTM A106 Grade B ASTM A53 Grade B	Seamless(Type : S)/ ERW (Type : E)
	Stainless Steel	ASTM A312 Grade TP304(L),TP316(L)	Seamless(Type : S)/ ERW (Type : E)

2.2.1 ท่อ Carbon Steel : ASTM A53 Grade B

ท่อชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Type S กับ Type E ซึ่งมีลักษณะดังนี้

Type E : โดยปกติจะใช้กับน้ำและใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไปโดยการทาสีภายในท่อหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง คือคุณภาพและอุณหภูมิน้ำ เป็นต้น โดยปกติจะทาสีภายในท่อน้ำเฉพาะบริเวณที่ติดตั้งท่อนั้นอยู่ใกล้ทะเลเท่านั้น

Type S : โดยปกติจะใช้กับน้ำและใช้กับท่อขนาดเล็กตั้งแต่ 4 นิ้วลงไป ในกรณีที่ท่อมีขนาดเล็กกว่า 3 นิ้วลงไปจะไม่สามารถทาสีภายในท่อเพื่อป้องกันการเกิดสนิมได้ ซึ่งจะแก้ไขโดยการใช้วิธีชุบGalvanized แทน ดูคุณสมบัติได้จากภาคผนวก ง

2.2.2 ท่อ Carbon Steel : ASTM A106 Grade B

ท่อชนิดนี้ใช้ได้ทั้งผลิตภัณฑ์น้ำและปิโตรเคมี ซึ่งมีเฉพาะท่อไร้ตะเข็บเท่านั้นเพราะจะใช้กับงานที่อุณหภูมิสูงๆ ดูคุณสมบัติได้จากภาคผนวก ง

2.2.3 ท่อ Carbon Steel : API 5L Grade B

ท่อชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Type S กับ Type E ซึ่งมีลักษณะดังนี้

Type S : ใช้กับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั่วไป โดยปกติจะเป็นท่อไร้ตะเข็บ(Seamless) จะใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 4 นิ้วลงมา ดูคุณสมบัติได้จากภาคผนวก ง

TypeE:ใช้กับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั่วไป โดยปกติท่อมีตะเข็บจะใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป ในกรณีที่ใช้กับน้ำมันต้องทาสีภายในท่อก่อน เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกเข้าไปข้างในระบบท่อ เช่นสนิมที่เกิดภายในท่อ

2.2.4 ท่อ Stainless Steel : ASTM A312 Grade TP304(L), TP316(L)

ท่อชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Type S กับ Type E ซึ่งมีลักษณะดังนี้

Type S : ใช้ได้กับน้ำและผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทุกชนิดและจะใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 4 นิ้วลงไป ท่อ Carbon Steel ขนาดเล็ก ชุบหรือไม่ชุบ Galvanized จะถูกนำมาใช้กับน้ำ เนื่องจากเกิดการกร่อนของผนังผิวหรือสนิม ทำให้ท่อไอน้ำไม่สะอาด จึงจำเป็นต้องใช้ท่อ Stainless Steel แทน และสามารถใช้กับของไหลที่มีการกัดก่อนสูง ปกติจะมีราคาแพง จึงไม่นิยมนำมาใช้ ปกติจะใช้กับน้ำ อาหารและนม ดูคุณสมบัติได้จากภาคผนวก ซ

TypeE :ใช้ได้กับน้ำและผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทุกชนิดและของไหลที่มีการกัดกร่อนสูงและน้ำ โดยปกติจะใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป ดูคุณสมบัติได้จากภาคผนวก ง

2.3 ชนิดของท่อเหล็ก แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต

การแบ่งชนิดของท่อ ถ้าใช้กรรมวิธีการผลิตเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภท สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.3.1 ท่อมีตะเข็บ (Seam pipe) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ท่อเชื่อมต่อชน (Butt welded pipe) เป็นวิธีการผลิตท่อจากเหล็กแผ่นนำมาม้วนให้ขอบชนกัน แล้วเชื่อมตะเข็บแบบใช้ความต้านทานไฟฟ้า

2. การเชื่อมต่อเกย (Lap Welded pipe) คล้ายกับการเชื่อมต่อชน เพียงแต่ขอบชนจะต้องเอียงมากกว่า เพื่อให้มีพื้นที่ผิวส่วนที่จะเชื่อมมากขึ้น ท่อจึงมีความแข็งแรงมากกว่าการต่อชน

2.3.2 ท่อไร้ตะเข็บ (Seamless pipe) เป็นท่อที่ไม่มีตะเข็บเชื่อม ใช้การแทงขึ้นรูป จึงมีความแข็งแรงมากกว่าท่อเชื่อมตะเข็บ เหมาะกับงานที่มีความดันและอุณหภูมิสูง

โดยส่วนใหญ่ท่อ Seam จะใช้กับท่อน้ำอุณหภูมิปกติ เพราะท่อ Seam มีราคาถูกกว่าท่อ Seamless ส่วนท่อ Seamless จะใช้กับท่อไอน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้รั่วซึมจากตะเข็บท่อ แต่มีข้อเสียคือราคาแพง

ตารางที่ 2.2 ตารางท่อมาตรฐาน:*[4]*

ขนาดระบุ (นิ้ว)	เส้นผ่าศูนย์กลางใน (นิ้ว)	เส้นผ่าศูนย์กลางนอก (นิ้ว)	พื้นที่เส้นผ่าศูนย์กลางใน (ตร.นิ้ว)	น้ำหนัก ปอนด์/ฟุต
1/8	0.269	0.405	0.057	0.244
1/4	0.364	0.540	0.104	0.424
3/8	0.493	0.675	0.191	0.567
1/2	0.622	0.840	0.304	0.850
3/4	0.824	1.050	0.533	1.130
1	1.049	1.315	0.864	1.678
1-1/4	1.308	1.660	1.496	2.272
1-1/2	1.610	1.900	2.036	2.717
2	2.067	2.375	3.356	3.652
2-1/2	2.469	2.875	4.788	5.793
3	3.068	3.500	7.393	7.575
3-1/2	3.548	4.000	9.887	9.109
4	4.026	4.500	12.730	10.079
4-1/2	4.560	5.000	15.497	12.538
5	5.047	5.563	20.006	14.617
6	6.065	6.625	28.890	18.974
8	7.981	8.625	50.027	28.554
10	10.020	10.750	78.854	40.483

จากตารางที่ 2.2 *ความดันที่ยอมรับได้ ที่ใช้พิจารณาเลือกท่อเป็นเพียงแนวทางอย่างหนึ่งเท่านั้น ควรระลึกไว้ด้วยว่าการกัดกร่อนและการผุกร่อน จะทำให้ผนังท่อบางลงหลังจากใช้งานไปหลาย ๆ ปี ดังนั้นถ้าเลือกท่อโดยเผื่อความหนาไว้บ้าง ระบบท่อจะมีอายุการใช้งานยาวขึ้น*

2.4. มาตรฐานและการเลือกใช้ท่อ

การผลิตและออกแบบระบบท่ออุตสาหกรรมนิยมทำตามรหัสและมาตรฐาน (Codes and Standard) ที่กำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลอเมริกัน (American National standards Institute,ANSI) และสถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกัน (American National Standards Institute) มาตรฐานทั้งสองนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก มาตรฐานได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุท่อ ชนิดท่อ และการผลิตท่ออุตสาหกรรมไว้อย่างละเอียด รวมทั้งการเลือกใช้งานที่ถูกต้องและเหมาะสมด้วย

2.5 รหัสและมาตรฐานท่อ

รหัสและมาตรฐานจะกำหนดไว้เพื่อไว้ใช้เป็นบรรทัดฐานในเรื่องการผลิตท่อ การออกแบบความกดดันใช้งาน และการนำไปใช้มีรายละเอียดดังนี้

รหัสท่อ (Piping codes) หมายถึง เกณฑ์มาตรฐานที่ออกแบบไว้เฉพาะ เช่น วัสดุที่อนุญาตให้ใช้ทำท่อ ความกดดันใช้งานที่อนุญาตให้ และภาระที่ต้องพิจารณาออกแบบ นอกจากนี้ยังเพิ่มกฎข้อบังคับเพื่อหาความหนาผนังท่อต่ำสุด พฤติกรรมทางโครงสร้างที่เป็นผลจากความดันภายในท่อ น้ำหนักท่อ ภาระคงที่ ภาระจกแผ่นดินไหว การเคลื่อนที่ การขยายตัวจากความร้อน รวมทั้งภาระบังคับภายในและภายนอกอื่น ๆ ที่กระทำต่อท่อ และรหัสท่อยังจัดเตรียมกฎข้อบังคับการออกแบบไว้สำหรับข้อต่อที่ไม่มาตรฐาน และท่อที่เสริมความแข็งแรงบนผนังด้านนอก รหัสนี้จะไม่ออกกฎข้อบังคับไว้สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ต่อระบบท่อ เช่น วาล์ว หน้าแปลน และข้อต่อมาตรฐาน ที่ต้องการออกแบบและก่อสร้างระบบท่อให้เป็นไปตามข้อบังคับทางกฎหมายที่ได้ระบุเอาไว้ การมีรหัสจะช่วยส่งเสริมเทคโนโลยีของการผลิตและใช้งานของระบบท่ออุตสาหกรรมให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น สำหรับระบบท่ออุตสาหกรรมจะกำหนดไว้ในมาตรฐาน ASME B31.3

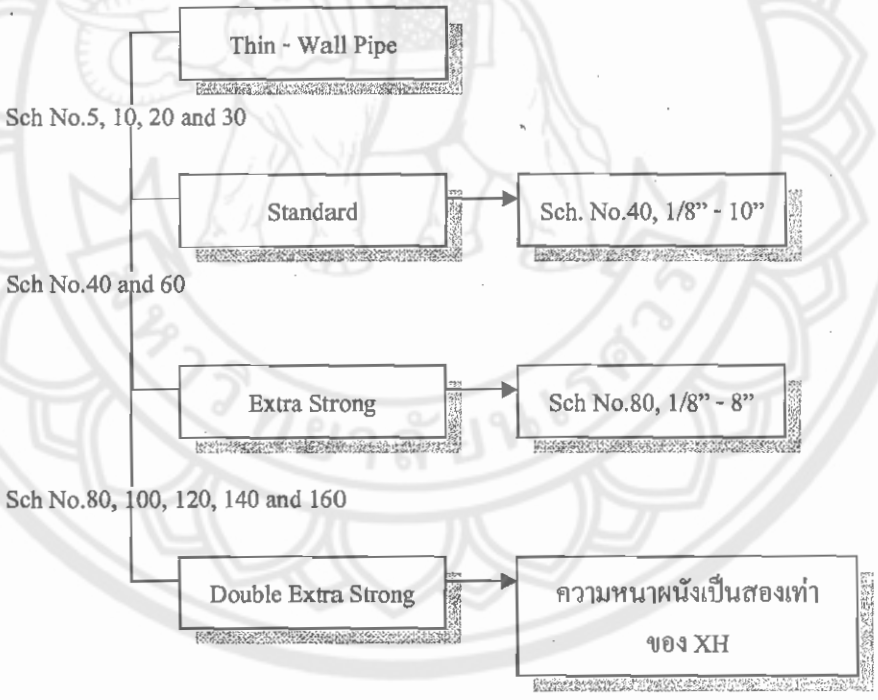
มาตรฐานท่อ หมายถึง เกณฑ์ที่ออกแบบเฉพาะและกฎข้อบังคับเกี่ยวกับอุปกรณ์ท่อหรือประเภทอุปกรณ์ท่อ เช่น วาล์ว หน้าแปลน และข้อต่ออื่น ๆ มาตรฐานแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ มิติหรือขนาด (dimensional) และ ความกดดันเฉพาะ (Pressure integrity)

มิติมาตรฐาน (Dimensional Standard) เป็นข้อมูลที่ใช้ควบคุมขนาดรูปร่างของอุปกรณ์ทั้งหลายที่ผลิตขึ้นมาจากโรงงานต่าง ๆ ให้มีขนาดเท่ากันและรูปทรงคล้ายคลึงกัน สมรรถนะในการใช้งานเท่าเทียมกัน เช่น NPS 10 Class 150 Flanged-end gate valve ต้องผลิตตามมาตรฐาน ASME / ANSI Standard B 16.10 Face-to-Face and End to End Dimension of Ferrous

มาตรฐานความกดดัน (Pressure-integrity Standards) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดถึงสมรรถนะด้านความกดดันของอุปกรณ์ที่ผลิตและออกแบบมาใช้งาน เช่น หน้าแปลน NPS 10 Class 150 ASTM A 105 ต้องผลิตตามมาตรฐาน ASME / ANSI Standard B 16.5 หน้าแปลนท่อและหน้าแปลนข้อต่อ มีพิกัดอุณหภูมิและความกดดัน 300 ^{o}C และ 230 psig มาตรฐานไม่จำเป็นต้องทำตามข้อบังคับทางกฎหมายก็ได้

ขนาดและหมายเลขท่อ (Schedule Number)

ความหนาของผนังท่อจะเปลี่ยนไปตามเบอร์ท่อ(Schedule Number) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อจะโตกว่าขนาดจริง และปรับเส้นผ่าศูนย์กลางในตามเบอร์ท่อ ท่อขนาด 1/8 - 12 นิ้ว การวัดจะวัดที่เส้นผ่าศูนย์กลางในตามชั้นหรือเบอร์แล้ว ขนาดจริงที่วัดได้จึงไม่ตรงกับที่ระบุไว้ ดังนั้นขนาดจริงของท่อจะเป็นเพียงค่าบอกขนาดระบุหรือชื่อเรียกท่อเท่านั้น (Name Size, Nominal Size or Nominal Diameter) ส่วนท่อตั้งแต่ 14 นิ้วขึ้นไปจะวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอกท่อ



รูปที่ 2.6 แผนภูมิการจัดเกรดและหมายเลขท่อ

2.6 การเลือกใช้ท่ออุตสาหกรรม

ความกดดันไอน้ำสูงกว่า 125 psi และไม่เกิน 2500 psi อุณหภูมิไม่เกิน 1100°F (593°C)

ความกดดันเกิน 100 psi ใช้ท่อเหล็กกล้าไร้ตะเข็บ A 106, A 312, A 335 หรือ A 376หรือเป็นท่อเหล็กกล้าเชื่อมละลายด้วยไฟฟ้า A 691หรือเป็นท่อเหล็กกล้าตีขึ้นรูป A 369 ท่อเหล็กกล้าเชื่อมไฟฟ้าอัตโนมัติ A 312 สำหรับความกดดันระหว่าง 250 และ 600 psi (9224 และ 22137N/m^2) ใช้เหล็กกล้าไร้ตะเข็บ A 106 หรือ A 53 ท่อเหล็กกล้าเชื่อหลอมละลายด้วยไฟฟ้า A 155 ท่อเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า A 135 หรือ A 53 สำหรับความกดดัน 250 psi และต่ำกว่าและใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 750°F (399) ใช้ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า A 135 ท่อไร้ตะเข็บหรือเชื่อม A 53 ท่อไร้ตะเข็บ A106 หรือ A 53 หรือ ท่อเชื่อมด้วยไฟฟ้า A 53 เกรด A 135 หรือ A 139

ความกดดันไอน้ำ 25- 125 psi

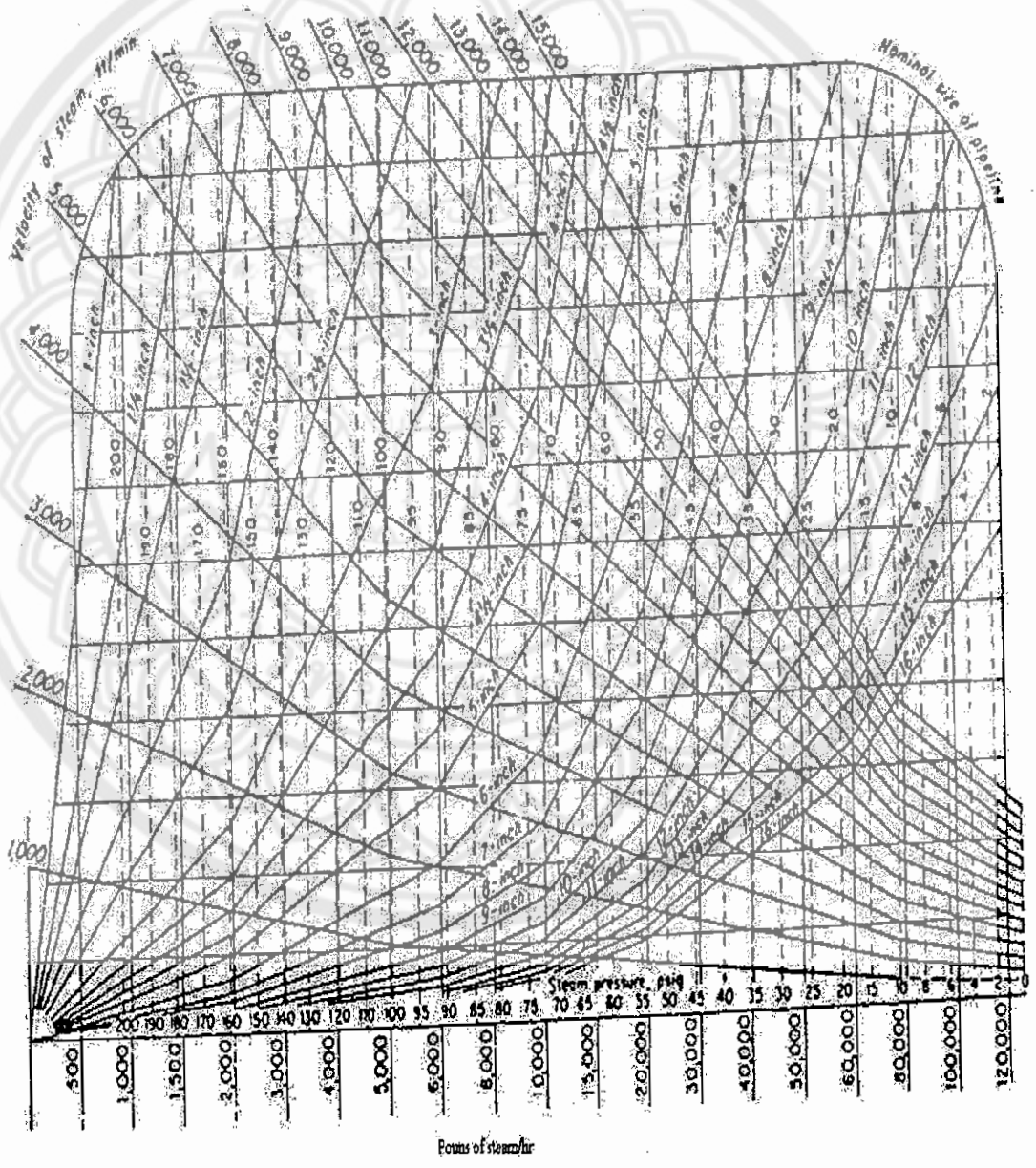
ใช้ท่อเหล็กกล้า เหล็กหล่อเหนียว ทองแดงหรือทองเหลือง เหล็กหล่ออบเหนียว เหล็กหล่อเหนียว เหล็กกล้าหรือทองเหลือง

ความกดดันไอน้ำ 25 psi และน้อยกว่า

ใช้เหล็ก ทองเหลือง ทองแดง หรือเหล็กหล่อ Class 25 ANSI standard B 16.1 ต่อด้วยหน้าแปลน Class 125 ANSI standard B 16.4 ต่อด้วยเกลียว Class 150 ANSI standard B 16.3 เป็นเหล็กหล่ออบเหนียวส่วน B 16.15 เป็นบรอนซ์หล่อ

2.7 การหาขนาดของท่อ

การคำนวณเกี่ยวกับของไหลอัดได้ สำหรับเช่นไอน้ำนั้น มีความยุ่งยาก ผู้ออกแบบที่มีเวลาน้อยควรใช้สูตรมาตรฐาน แล้วค่อยไปตรวจสอบผลการคำนวณที่ได้มากับสมการที่รู้กันทั่วไป หรือตาราง หรือกราฟ ซึ่งในการหาขนาดท่อแคเก็ดในโครงงานนี้ผู้จัดทำเลือกใช้กราฟ ซึ่งเป็นแผนภาพความเร็ว ช่วยประหยัดเวลาในการคำนวณหาความเร็ว อัตราการไหล และขนาดท่อที่ต้องการ เมื่อทราบสภาวะการไหลของไอน้ำดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผ่นภาพความเร็วของไอน้ำ (Steam Velocity Chart :*[2]*

2.8 การคำนวณหาความหนาของท่อ

การออกแบบของท่อนั้น จะต้องทราบค่าต่างๆดังต่อไปนี้

1. **ความดันขณะที่ปฏิบัติการ**
2. **ค่าความเครียดสูงสุดของวัสดุท่อที่อนุญาตให้เนื่องจากความดันภายใน**
3. ค่าความเผื่อเป็นค่าที่มีไว้สำหรับการทำเกลียว การตกร่อง การตอกเครื่องหมายกำลังทางกลการกัดกร่อน การกัดเซาะและการสึกหรอ เผื่อเกิดการกัดกร่อนภายในท่อ ซึ่งจะทำให้ท่อยังทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยปกติท่อที่ไม่มีตะเข็บจะมีค่าความกัดกร่อนอนุญาต (A) เท่ากับ 1

สูตรการคำนวณหาความหนาของท่อ

$$t_m = \frac{P \times D_o}{2(SE + PY)} + A \qquad (2.1)$$

เมื่อ t_m = ความหนาต่ำสุดของท่อ (นิ้ว)

P = ความดันออกแบบ (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, psi)

D_o = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ (นิ้ว)

S = ค่าความเค้นสูงสุดของวัสดุท่อ ที่อนุญาตให้เนื่องจากความดันภายใน (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, psi) (ตาราง ข.1)

E = ตัวประกอบคุณภาพ (ภาคผนวก ข.3)

A = ค่าความเผื่อ (จากตารางที่ 2.4)

Y = ค่าสัมประสิทธิ์เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ (ตารางที่ 2.3)

หมายเหตุ ค่าความเค้นที่อนุญาตให้ของวัสดุท่อต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิสูงสุดที่จะนำระบบท่อไปใช้ ทำให้ผนังท่อที่คำนวณได้หนาขึ้นกว่าสภาพอุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ Y (ASTM B31.1) *:[1]*

ชนิดเหล็ก	อุณหภูมิ (°F)					
	900 (482)และต่ำกว่า	950 (510)	1000 (538)	1050 (566)	1100 (593)	1150 (621)และสูงกว่า
เหล็กกล้าเฟอริติก	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
เหล็กกล้าออสเตนนิติก	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7

ตารางที่ 2.4 ค่าความเผื่อ *A* :*[1]*

ชนิดของท่อ	ค่า *A*, นิ้ว
- ท่อเหล็กหล่อ หล่อเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	0.14
- เหล็กหล่อ หล่อพิต	0.18
เกลียวท่อเหล็กกล้า ท่อเหล็กเหนียวอ่อนหรือท่อออโลหะ	
3/8 นิ้ว และเล็กกว่า	0.05
½ นิ้ว และท่อใหญ่	เท่ากับความลึกของเกลียว
- ตกร่องท่อเหล็กกล้า ท่อเหล็กเหนียวอ่อนหรือท่อโลหะ	เท่ากับความลึกตกร่อง
ท่อเหล็กกล้าไม่ทำเกลียว ท่อเหนียวอ่อนหรือท่ออ่อน	
1 นิ้ว และเล็กกว่า	0.05
1 ¼ นิ้ว และใหญ่กว่า	0.065
- ท่ออโลหะ ไม่ทำเกลียวหรืออ่อน	0.000

2.9 การคำนวณหาหมายเลขท่อ (Schedule number)

เกรดท่อเหล็กกล้าทั้ง 3 เกรด คือ Standard , Extra strong และ Double extra strong มีมานานกว่า 100 ปีเศษแล้ว ซึ่งเกรดทั้ง 3 นี้จะไม่มีผนังบางเลย และมีความหนาเพียง 3 ชั้นความหนาเท่านั้น และไม่มีความหนาอื่นแทรกอยู่ระหว่างกลางของแต่ละเกรดความหนา จึงส่งผลต่อค่าเศรษฐศาสตร์ในการเลือกใช้ความหนาผนังท่อ กรณีที่ต้องการให้มีความเหมาะสมกับความกดดัน อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมใช้งาน เนื่องจากความหนาของเกรดทั้งสามต่างกัน จึงมีการกำหนดและผลิตชั้นความหนาท่อออกมาแทรกระหว่างกลางความหนาแต่ละเกรด เพื่อให้ท่อมีความหนาผนังหลายขนาดและเลือกใช้งานอย่างเหมาะสม ชั้นความหนานี้กำหนดเรียกเป็นหมายเลขว่า Schedule number แต่ละหมายเลขจะมีความหนาบางแตกต่างกัน ยิ่งตัวเลขกำกับหมายเลขสูง ความหนาก็ยิ่งมาก Schedule number สามารถประมาณได้จากอัตราส่วนระหว่าง 1,000 เท่า ของความดันต่อความเค้นเขียนเป็นสูตรดังนี้

$$\text{Schedule number} = \frac{1000P}{SE} \qquad (2.2)$$

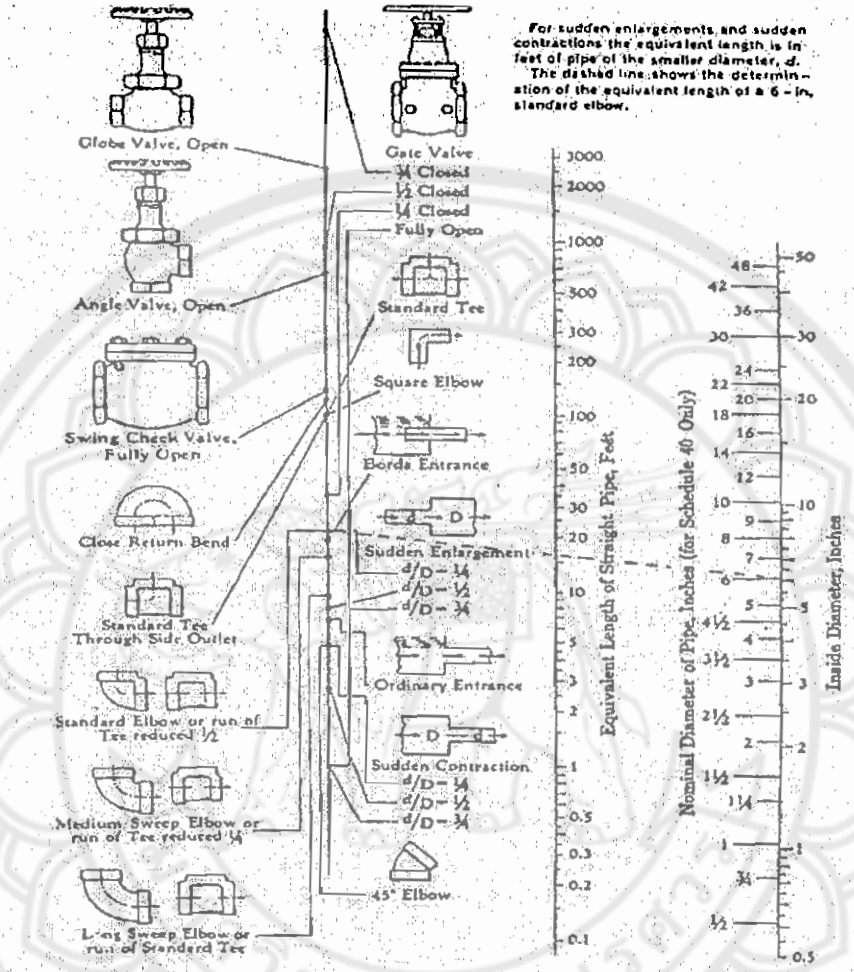
โดยที่ P = ความดันภายในท่อ , ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

S = ค่าความเค้นสูงสุดของวัสดุท่อที่อนุญาตให้เนื่องจากความดันภายใน (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, psi) (จากตาราง ข.1)

E = ตัวประกอบคุณภาพ (จากตารางที่ ข.3)

หมายเหตุ : ค่าความเค้นที่อนุญาตให้ของวัสดุท่อต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิสูงสุดที่จะนำระบบท่อไปใช้ ทำให้ผนังท่อที่คำนวณได้หนาขึ้นกว่าสภาพอุณหภูมิอุณหภูมิต่ำ

2.10 การคำนวณหาความดันที่สูญเสีย



รูปที่ 2.8 ความต้านทางของวาล์วและข้อต่อ:*[2]*

2.11 หน้าแปลนและข้อต่อชนิดต่างๆ (Flange and Fittings)

การประกอบท่อมีความจำเป็นสำหรับท่อทุกระบบ เป็นขั้นตอนที่ทำให้ระบบท่อได้รับการออกแบบและวางผังไว้ไปสู่ขั้นตอนการปฏิบัติงานจริง จึงถือเป็นส่วนของระบบท่อทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในกระบวนการผลิต โดยการต่อท่อแบบหน้าแปลนจะใช้กับท่อที่มีขนาดใหญ่โดยทั่วไปตั้งแต่ขนาดท่อระบุ 50 mm หรือ 4 นิ้ว และกับระบบท่อที่อยู่ในสภาวะความดันและอุณหภูมิสูง

2.11.1 หน้าแปลน (Flange)

เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในระบบท่อวาล์ว เพื่อให้การถอดเปลี่ยนหรือซ่อมแซมเป็นไปโดยง่าย การต่อหน้าแปลนจะใช้สลักเกลียวขันยึดแน่น ซึ่งง่ายกว่าการต่อเกลียวหรือเชื่อมซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายในการต่อประกอบท่อ หน้าแปลนทำจากเหล็กกล้าหล่อ หรือตีขึ้นรูป หน้าแปลน ที่นำมาต่อประกอบเข้าด้วยกันต้องกั้นการรั่วระหว่างหน้ารอยต่อปะเก็น ค่า Dimension ต่างๆของหน้าแปลนนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน ASME/ANSI B16.5 (Pipe Flanged Fittings)

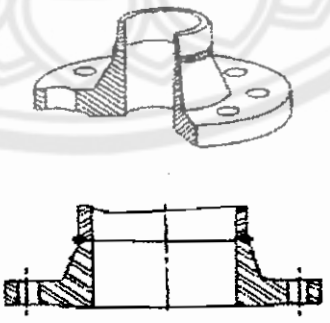
2.11.2 วัสดุของหน้าแปลนที่ใช้ในการออกแบบ

วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนจะต้องสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ทำท่อ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมประกอบเข้ากับท่อได้และไม่เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดการสึกหรอได้อย่างรวดเร็ว

1. Carbon Steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 105
2. Stainless Steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 182 Gr. F304, F304(L), F321

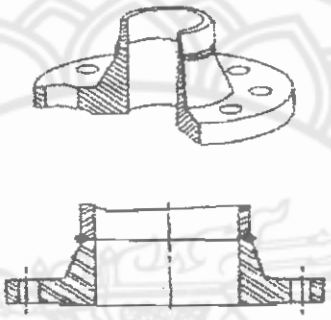
2.11.3 ชนิดหน้าแปลน แบ่งออกเป็น 7 ชนิด ดังนี้

2.11.3.1 หน้าแปลนเกลียว (Screwed flange) เป็นหน้าแปลนที่มีเกลียวในเพื่อขันแน่นประกอบท่อเหมาะกับงานที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำ หรืองานที่เชื่อมกันรั่วระหว่างรอยต่อท่อกับหน้าแปลนไม่ได้เพราะอาจเกิดการระเบิด เป็นหน้าแปลนที่ใช้กับท่อขนาดเล็กตั้งแต่ 1.5 นิ้วลงไป บางครั้งจะมีการเชื่อมต่อฉากระหว่างหน้าแปลนกับท่อเพื่อให้กันการรั่วไหลได้เต็มที่ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 หน้าแปลนเกลียว:*[2]*

2.11.3.2 หน้าแปลนปลายเชื่อมต่อ (Welding neck flange) ปลายต่อต่อหน้าแปลนจะกลึงบากมุมและคว้านรูให้มีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางในท่อ ตรงคอหน้าแปลนจะหนาเป็นเนื้อเดียวกันตลอดกับส่วนหน้าแปลน ทำให้สามารถต้านความเครียดที่เกิดขึ้นจากการต่อท่อได้ดี ขณะเดียวกันก็ต้านการกัดกร่อนและการสึกกร่อนได้ดีกว่าหน้าแปลนแบบอื่นๆ เหมาะกับงานถังอัดความดัน หรือ หัวฉีด ถ้าเป็นปลายต่อยาวจะรับความกดดันได้ถึง 2500 ปอนด์ ดังรูปที่ 2.10

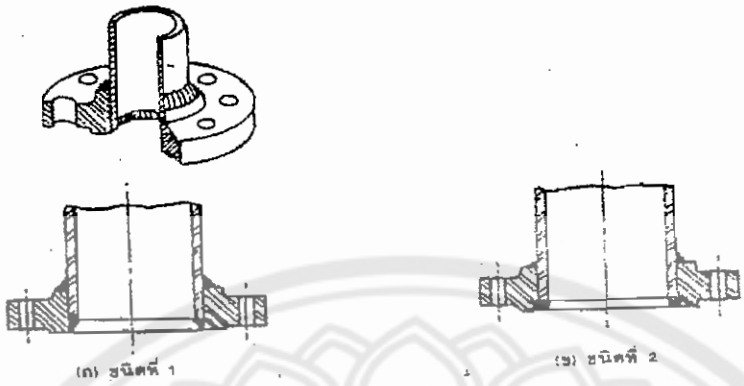


รูปที่ 2.10 หน้าแปลนปลายต่อเชื่อม *: [2]*

2.11.3.3 หน้าแปลนสวมเชื่อม (Sip-on welding flange) หน้าแปลนจะถูกคว้านรูในให้เท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกพอดีเพื่อสวมเชื่อมซึ่งจะเชื่อมทั้งด้านนอกและด้านใน ที่ความกดดันและพิกัดอุณหภูมิต่ำ แบ่งได้ 2 ชนิด

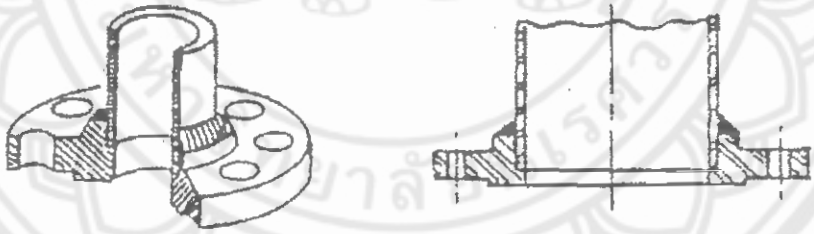
1. ชนิดที่ 1 เป็นหน้าแปลนมาตรฐานที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กเหนียวอ่อน มีมาตรฐาน 150 และ 300 ปอนด์ การต่อจะสอดท่อเข้ามาในหน้าแปลนแต่ไม่เสมอกับผิวหน้าแปลน เชื่อมทั้งด้านในและด้านนอก แล้วไม่ต้องแต่งผิวหน้าแปลนอีก

2. ชนิดที่ 2 ทำจากวัสดุชนิดเดียวกันกับชนิดที่ 1 แต่เป็นเกรดทนความกดดันได้สูง 400 ปอนด์ หรือมากกว่านี้ ท่อที่สอดประกอบเข้ามาเสมอกับหน้าแปลนเชื่อมทั้งด้านหน้าและด้านหลัง แล้วแต่งผิวหน้าส่วนที่เชื่อมนั้นใหม่ ดังรูปที่ 2.11



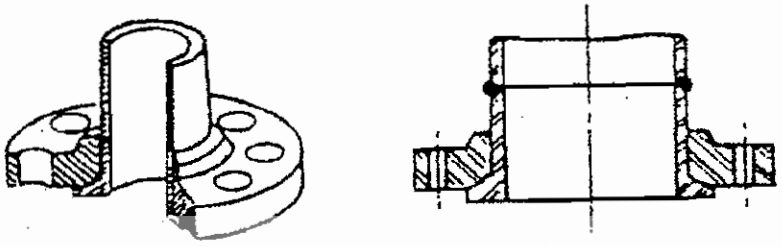
รูปที่ 2.11 หน้าแปลนลวดเชื่อม: *[2]*

2.11.3.4 หน้าแปลนที่มีบ่าสวมเชื่อม (Socket-weld flange) หน้าแปลนจะถูกคว้านรู แต่ไม่ทะลุตลอด จะมีไว้ยันปลายท่อพอดีขณะสอดเข้าไป แล้วเชื่อมด้านนอก ใช้กับท่อขนาดเล็ก และความดันต่ำ หน้าแปลนชนิดนี้อาจเป็นแบบเกลียวในเพื่อขันประกอบท่อแล้วเชื่อมกันรั่ว ดังรูปที่ 2.12



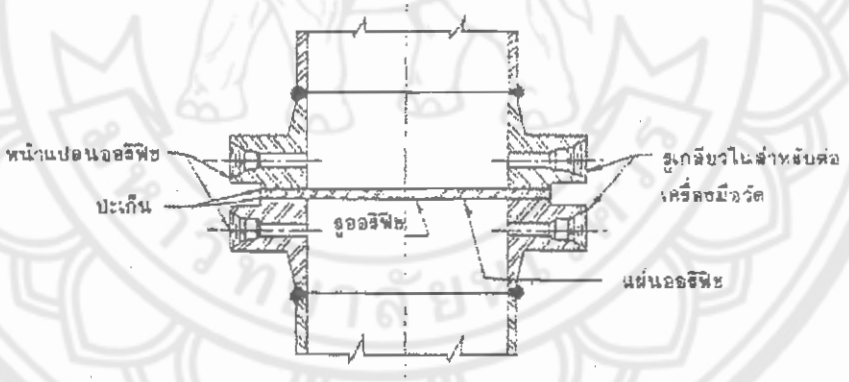
รูปที่ 2.12 หน้าแปลนมีบ่าสวมเชื่อม: *[2]*

2.11.3.5 หน้าแปลนเกย (Lap flange) หน้าแปลนชนิดนี้ประกอบไปด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นหน้าแปลนสอดเกย และส่วนที่หน้าแปลนโดยสองส่วนนี้จะ ไม่เชื่อมติดกัน การต่อหน้าแปลนชนิดนี้ทำได้รวดเร็วเพราะปรับแนวศูนย์ของรูสอดสลักเกลียวบนหน้าแปลนทั้งสองได้ง่าย ความกดดันสลักเกลียวและปะเก็นก็พอสำหรับรอยเชื่อมต่อชนิดนี้ ดังรูปที่ 2.13



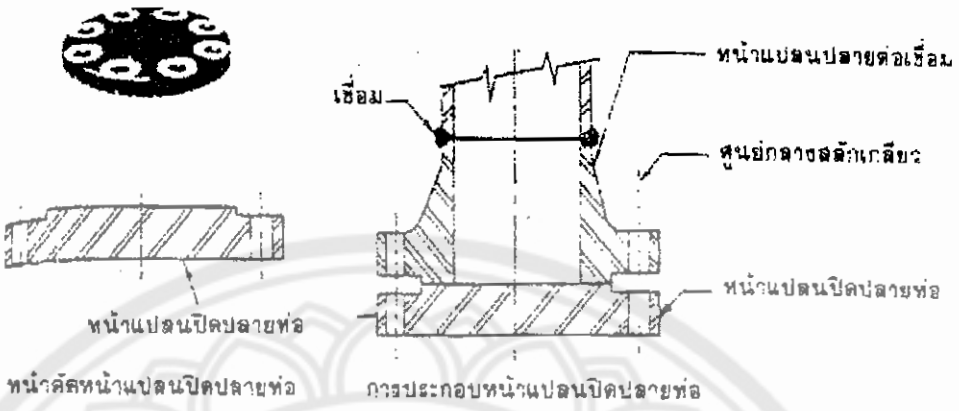
รูปที่ 2.13 หน้าแปลนเกย: *[2]*

2.11.3.6 หน้าแปลนออริฟิซ (Orific flange) หน้าแปลนชนิดนี้จะเรียกตามแผ่นออริฟิซที่ถูกยึดระหว่างหน้าแปลนทั้งสอง หน้าแปลนออริฟิซวัดหรือบังคับการไหลของไหลในระบบท่อ โดยจะมีรูเจาะสองรูตรงข้ามกันซึ่งจะเป็นรูเจาะธรรมดาหรือรูเจาะทำเกลียวก็ได้ หน้าแปลนชนิดนี้จะมีทั้งชนิดปลายต่อเชื่อม สวมเชื่อมและเกลียวดังรูปที่ 2.14 หน้าแปลนแบบนี้ต้องใส่หมุดเกลียวไว้เพื่อขันแยกหน้าแปลนจากแผ่นออริฟิซ โดยที่ตำแหน่งมุม 90 จากรูใส่เครื่องมือวัด



รูปที่ 2.14 หน้าแปลนออริฟิซ (Orific flange) *: [2]*

2.11.3.7 หน้าแปลนปิดปลายท่อ (Blind flange) ใช้ปิดปลายท่อ จุดสิ้นสุดระบบหรือจุดที่เผื่อไว้สำหรับการต่อท่อในอนาคต มีหลายขนาดและความกดดันให้เลือกใช้ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 หน้าแปลนปิดปลายท่อ *[2]*

2.12 ความกดดันประเมินของหน้าแปลนเหล็กกล้าตีขึ้นรูป (Pressure rating)

ความกดดันประเมินหรือพิกัดความกดดัน(Pressure rating) (ตารางที่2.5) ของหน้าแปลนเหล็กกล้าตีขึ้นรูปมี 7 ระดับคือ Class 150 lb,300 lb ,400lb, 600lb, 900lb, 1500lb และ 2500lb แต่ละพิกัดความกดดันจะมีมิติเฉพาะซึ่งจะต้องพิจารณาถึงสิ่งนี้ด้วย หากประกอบหน้าแปลนเข้ากับวาล์วหรืออุปกรณ์ชนิดอื่นๆต้องให้มิติตรงกัน ไม่เช่นนั้นจะประกอบเข้าด้วยกันไม่ได้ โดยปกติในระบบท่อไอน้ำจะความกดดันประเมินระดับ 150 lb,300 lb และ600 lb

ตารางที่ 2.5 การเลือกใช้งานของหน้าแปลนตามความดันและอุณหภูมิและระดับความดันที่ใช้งาน : *[7]*

PRESSURE / TEMPERATURE RATINGS FOR CARBON STEEL FLANGES

Maximum Rating for flange conforming to ANSI Standard B16.5 dimension and material specification ASTM A 108							
Temperature Fahrenheit	GAGE WORKING PRESSURE IN psi FOR FLANGE CLASSES 150 - 2500						
	FLANGE CLASSES						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 to 100	285	740	990	1480	2220	3705	6170
200	260	675	900	1350	2025	3375	5625
300	230	655	875	1315	1970	3280	5470
400	200	635	845	1270	1900	3170	5280
500	170	600	800	1200	1795	2995	4990
600	140	550	730	1095	1640	2735	4560
650	125	535	715	1075	1610	2685	4475
700	110	535	710	1065	1600	2665	4440
750	95	505	670	1010	1510	2520	4200
800	80	410	550	825	1235	2060	3430
850	65	270	355	535	805	1340	2230
900	50	170	230	345	515	860	1430
950	35	105	140	205	310	515	860
1000	20	50	70	105	155	260	430

2.13 ข้อต่อและข้องอ

โดยทั่วไป เพื่อความสะดวกในการต่อท่อและควบคุมทิศทางการไหล จะใช้ข้อต่อสำเร็จในการช่วยประกอบเส้นท่อ

2.13.1 วัสดุของ Fitting ที่ใช้ในระบบท่อ

วัสดุที่ใช้ทำ จะต้องสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ในการทำท่อ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมประกอบกันได้และไม่เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าซึ่งจะทำให้เกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว โดยวัสดุที่ใช้มีดังนี้

Butt welding fitting

1. Carbon Steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 234 Gr. WPB
2. Stainless Steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 403 Gr. WP304(L), 316(L)

Forged fitting : Threaded or socket welding

1. Carbon Steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 105 Gr. WPB
2. Stainless Steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 182 Gr. WPB

2.13.2 ข้อต่อสำหรับการต่อท่อ แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

1. แบบเชื่อม (Butt welding fitting)

ใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไป ซึ่ง fitting การต่อท่อชนิดนี้จะให้ความแข็งแรงสูงสุด ไม่จำเป็นไม่ควรใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้วลงไปเนื่องจากรอยเชื่อมต่อชนที่ซึมลึกเข้าไปในรูท่ออาจอุดตันหรือทำให้รูท่อเล็กลงอีกได้ ส่งผลต่อการไหลในท่อ ค่า Dimension เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI B16.9 (Wrouht Steel Buttwelding Fittings) โดยความหนาของ fitting จะกำหนดเป็น Schedule ตามความหนาท่อ

2. แบบขันเกลียว (Threaded welding)

ใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 1 ½ นิ้วลงไป การขันเกลียวมีข้อดีที่สามารถถอดประกอบได้ง่ายกว่าการเชื่อม แต่มีโอกาสที่จะเกิดการรั่วซึมได้ในภายหลัง มีค่า Dimension เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI B16.11 (Forged Steel Fittings, Socket-Welding and Threaded) โดยความหนาของ fitting จะกำหนดเป็น Ratting เช่น Class 3000 lb = SCH. 160, 6000lb = SCH. XXX สำหรับมาตรฐานของเกลียวที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็น NPT (Standard Taper Pipe Thread)

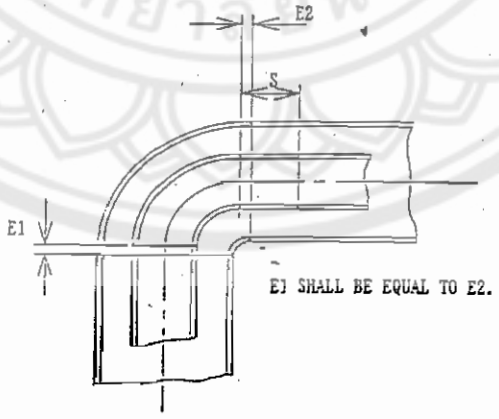
ป
TD
873.6
.P55
ว558ท
2548.
1. 385906X
17 มี.ค. 2551
สำนักหอสมุด

3. แบบสวมปลอก (Socket welding fitting)

ใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 1 ½ นิ้วลงไป การเชื่อมแบบสวมปลอกจะให้ความแข็งแรงน้อยกว่าการเชื่อมต่อขนมีค่า เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI B16.11 (Forged Steel Fittings, Socket-Welding and Threaded) โดยความหนาของ fitting จะกำหนดเป็น Ratting เช่น Class 3000 lb = SCH. 80, 6000lb = SCH. 160 สำหรับมาตรฐานของเกลียวที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็น NPT (Standard Taper Pipe Thread)

2.13.3 ข้อต่อ (Fitting) สิ่งสำคัญในการออกแบบระบบท่อแจ็คเก็ต คือ การเลือกใช้ข้อต่อและอุปกรณ์ ต่าง ๆ เพื่อที่จะให้ได้ขีดความสามารถที่ถูกต้อง ใช้งานได้นาน และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ นอกจากนี้ก็ควรทราบส่วนประกอบและหลักการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดให้เข้าใจอย่างดี วัสดุที่ใช้ทำข้อต่อ (Fitting) จะต้องสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ทำท่อ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมประกอบกันได้และไม่เกิดการถ่ายประจุไฟฟ้าซึ่งจะทำให้เกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว โดยในระบบท่อไอน้ำแจ็คเก็ต สามารถแบ่งประเภทข้อต่อและอุปกรณ์ ได้ดังนี้

2.13.4 ข้องอ (Corner) ใช้สำหรับเปลี่ยนทิศทางการเดินท่อ มีขนาดมุม 30°, 45° และ 90° ข้องอรัศมียาวมีการหักเลี้ยวทีละน้อยไม่มากเท่ากับข้องอมาตรฐานดั้งนั้นจึงมีความดันสูญเสียน้อยกว่า แต่บางครั้งสถานที่อาจไม่เอื้ออำนวย ทำให้ต้องใช้ข้องอมาตรฐานแทนตัวอย่างลักษณะของข้องอที่มีขนาดมุม 90° ดูได้จากรูปที่ 2.16 ตามรูประยะ s ควรที่จะสามารถปรับระยะได้เพราะปกติแล้วในแบบอาจจะไม่ได้บอกไว้ ดั้งนั้นควรที่จะเผื่อไว้เวลาที่จะประกอบ

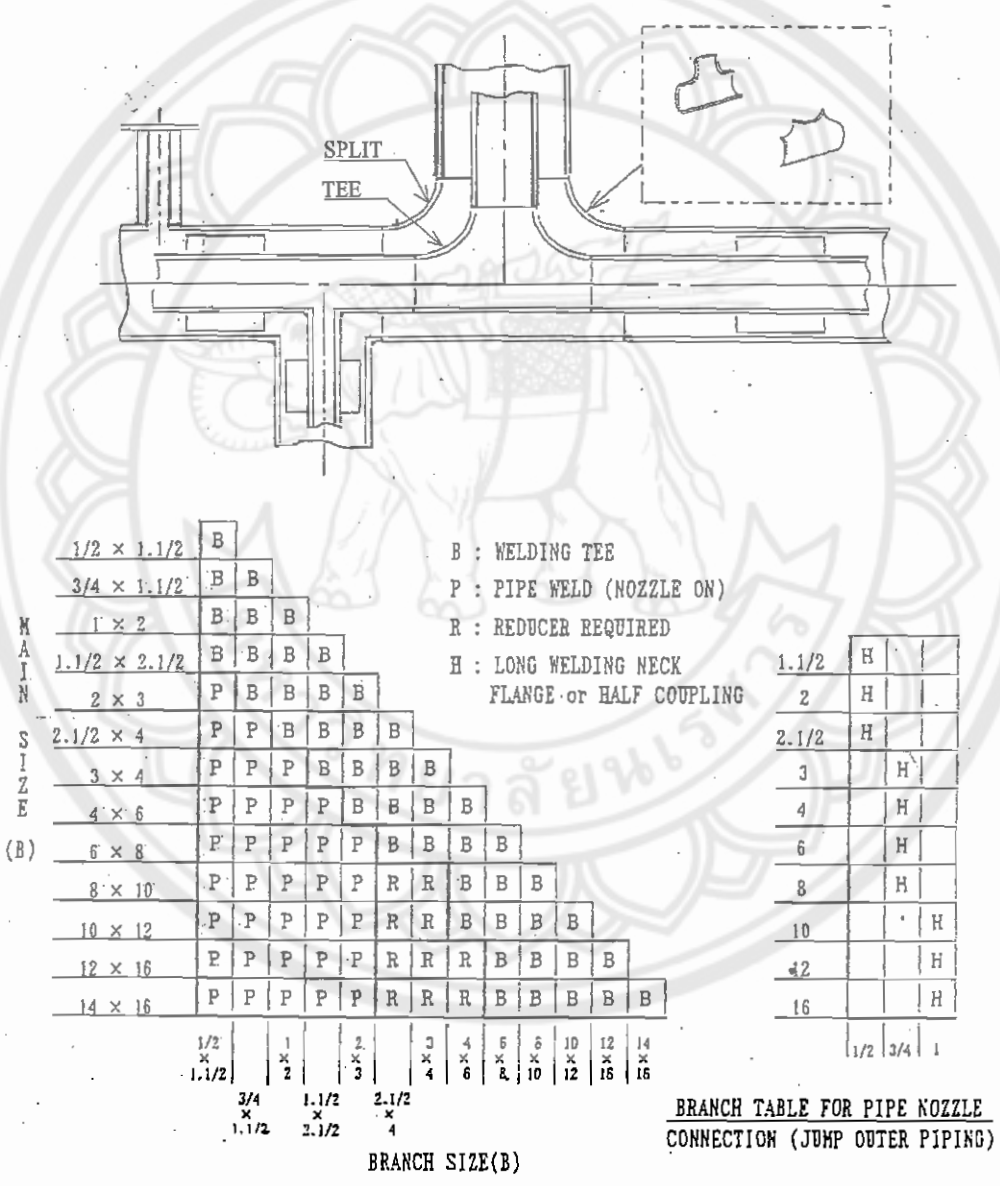


รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของข้องอ *: [1]*

2.13.5 ท่อแยก (Brach) หรือสามทาง ใช้สำหรับเดินท่อแยก ซึ่งวิธีการเดินท่อแยกนั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ ใช้ข้อต่อตัวทีและการเชื่อมโดยตรง ซึ่งวิธีการเชื่อมโดยตรงนั้นใช้กับท่อที่มีขนาดต่างกันไม่มากนัก ลักษณะของทางแยกของท่อดูได้จากรูปที่ 2.17

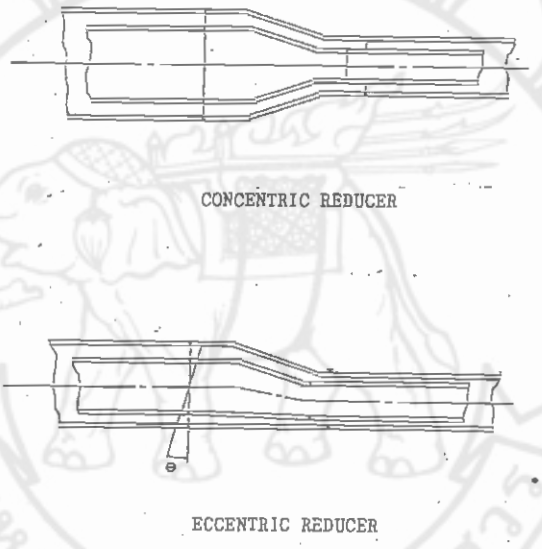
ท่อด้านใน : เป็นแบบท่อแยกสามทาง (Tee)

ท่อด้านนอก : เป็นแบบท่อผ่า(Split) สามทาง



รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะท่อแยก: *[1]*

2.13.6 ท่อลดขนาด (Reducer) ใช้เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อเพื่อเพิ่มความเร็วหรือลดความเร็วของของไหลในท่อ โดยสามารถแบ่ง ท่อลดขนาด (Reducer) ออกเป็น 2 แบบคือ ท่อลดขนาดแบบตรงศูนย์ (Concentric) และ ท่อลดขนาดแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric) โดยถ้าท่อด้านในเป็นท่อลดขนาดแบบตรงศูนย์ (concentric) ท่อด้านนอกก็ควรที่จะเป็นแบบเดียวกัน หรือถ้าท่อด้านในเป็นท่อลดแบบเยื้องศูนย์ (eccentric) ท่อด้านนอกก็ควรที่จะเป็นแบบเดียวกัน การเชื่อมต่อท่อลดขนาดทั้งทางด้านนอกและด้านในควรที่ใช้การเชื่อมแบบต่อชน และควรมีการปรับรอยเชื่อมให้เรียบสม่ำเสมอกัน ดังรูปที่ 3.43

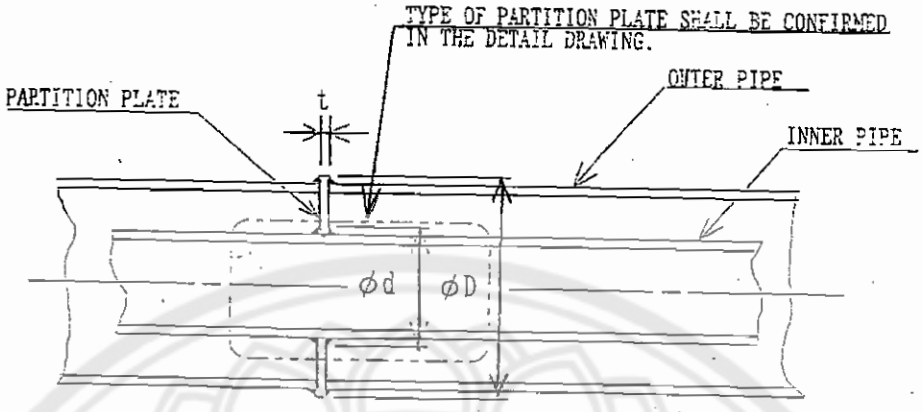


รูปที่ 2.18 ลักษณะท่อลดขนาด *[3]*

2.14 อุปกรณ์ประกอบท่อ

2.14.1 แผ่นกั้นไอน้ำ(Partition plate, Steam Block)

แผ่นกั้นไอน้ำ(Partition plate) คือ แผ่นเหล็กที่ใช้สำหรับกั้นไอน้ำในแต่ละเส้นเพื่อที่จะไม่ให้ไอน้ำไหลไปยังเส้นท่ออื่นที่ไม่ต้องการ การติดตั้งแผ่นกั้นไอน้ำควรที่จะติดตั้งภายในของท่อด้านนอก และควรที่จะหลีกเลี่ยงบริเวณที่จะทำให้เกิดการสูญเสียความดันภายในท่อ วัสดุที่ใช้ทำแผ่นกั้นไอน้ำ(Partition plate) ควรที่จะเป็นแบบเดียวกันกับท่อด้านนอกและท่อด้านใน ซึ่งขนาดและความหนาของแผ่นกั้นไอน้ำ (Partition plate) ดูได้ดังรูปที่ 2.19 และตารางที่ 2.6



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะแผ่นกั้นไอน้ำ(Partition plate) : *[3]*

ตารางที่ 2.6 แสดงลักษณะของแผ่นกั้นไอน้ำ: *[3]*

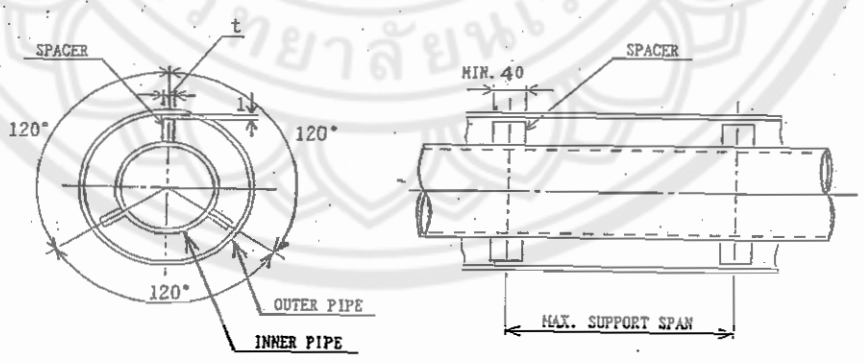
ขนาดท่อด้านใน (นิ้ว)	ขนาดท่อด้านนอก (นิ้ว)	d (มม.)	D(มม.)	t (มม.)
1/2	1.1/2	22.5	59	4.5
3/4	1.1/2	28.0	59	4.5
1	2	35.5	71	4.5
1.1/2	2.1/2	49.5	87	4.5
2	3	62.0	102	4.5
2.1/2	4	74.5	129	6
3	4	90.5	129	6
4	6	116.0	185	6
5	8	143.5	238	6
6	8	170.5	238	6
8	10	221.5	292	6
10	12	276.5	343	9
12	16	327.0	425	12

2.14.2 Spacer

การหนุนรองท่อด้านนอกด้วยท่อด้านในนั้นจะใช้ spacer เชื่อมแบบต่อชนยึดกับท่อด้านในเพื่อที่หนุนรองท่อด้านในกับด้านนอกมีระยะห่างกันอย่างสม่ำเสมอตลอดแนวท่อ ซึ่งระยะห่างของการติดตั้ง spacer ดูได้จากตารางที่ 2.7 การเชื่อม spacer กับท่อด้านในไม่ควรที่จะเชื่อมใกล้กับท่อโค้ง เพราะมันจะส่งผลต่อการหดตัวและขยายตัวของท่อเมื่อท่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งระยะห่างระหว่าง spacer กับท่อโค้งไม่ควรต่ำกว่า 500 มม.วัสดุที่ใช้ทำ spacer ควรที่ใช้แบบเดียวกันกับท่อด้านนอกและท่อด้านใน รายละเอียดของ spacer ดูได้ในรูปที่ 2.20

ตารางที่ 2.7 ระยะห่างของ spacer: *[3]*

ขนาดท่อด้านใน (นิ้ว)	ระยะห่างระหว่าง spacer สูงสุด (มม.)
1/2 ~ 1	3000
1.1/2 ~ 2	4000
2.1/2 ~ 4	5000
5 ~ 8	6000
10 ขึ้นไป	8000



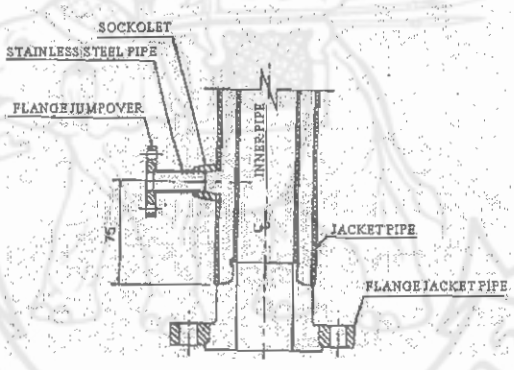
รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะของ spacer: *[3]*

2.14.3 Jump over

การ Jump over เป็นส่วนที่ขนถ่ายไอน้ำข้ามจากท่อด้านหนึ่งไปยังอีกท่อด้านอื่นๆ ซึ่งมีหน้าแปลน(flange) กั้นไว้วัสดุที่ใช้ทำ Jump over มักจะเป็นท่ออ่อนเหล็กกล้าไร้สนิมมีขนาดตั้งแต่ 1/2 - 1 นิ้ว ลักษณะของการ Jump over จะแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1. การ Jump over แบบแนวดิ่ง (Vertical)

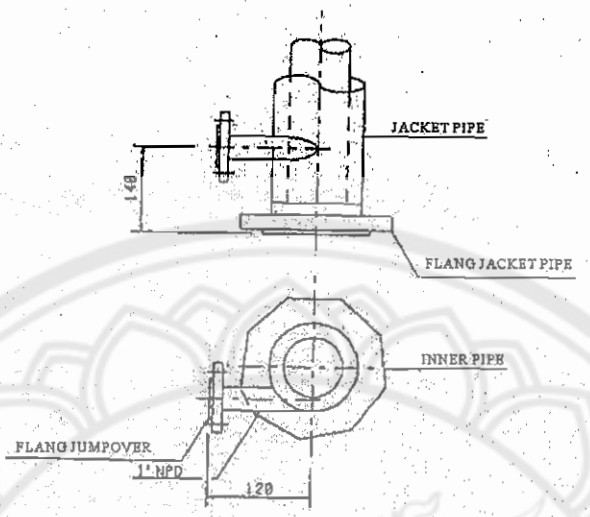
การ Jump over แบบแนวดิ่ง (Vertical) ใช้กับท่อ Jacketที่มีการวางท่อแบบแนวดิ่ง (Vertical) และตรงบริเวณ Jump over ออกมาจากท่อ Jacket จะใช้ Sockolet เชื่อมเข้ากับท่อ Jacket ซึ่งมีขนาด 4" x 1" ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การ Jump over แบบแนวดิ่ง (Vertical) *: [3]*

2. การ Jump over แบบแนวขวาง (Horizontal)

การ Jump over แบบแนวขวาง (Horizontal) ใช้กับท่อ Jacket ที่มีการวางท่อ แบบแนวขวาง (Horizontal) และตรงบริเวณ Jump over ออกมาจากท่อ Jacket จะใช้ วิธีการเชื่อมด้วยการต่อชน (Butt weld) เข้ากับบริเวณด้านล่างของท่อ Jacket ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 การ Jump over แบบแนวขวาง (Horizontal) *: [3]*

2.15 ข้อมูลเบื้องต้นของฉนวน

ในการส่งไอน้ำ การหุ้มฉนวนท่อถือเป็นสิ่งสำคัญ เพราะเป็นการช่วยคงอุณหภูมิของสารที่ทำงานภายในท่อให้คงที่ตามความต้องการ เพื่อลดการเสียเปล่าของพลังงาน และประหยัดค่าใช้จ่ายในการให้ความร้อนแก่ระบบ ดังนั้นวิศวกรหรือช่างผู้ควบคุมการติดตั้งท่อ ควรทำความเข้าใจในข้อมูลเบื้องต้นของฉนวนที่ใช้ในระบบท่อ เพื่อการเลือกใช้ฉนวนที่ถูกต้องและเหมาะสม โดยข้อมูลเบื้องต้นของฉนวนที่ใช้ในระบบท่อมีดังนี้

2.15.1 คุณสมบัติวัสดุฉนวน

คุณสมบัติสำคัญของวัสดุฉนวนความร้อนที่นำมาใช้หุ้มท่อ มีดังนี้

การนำความร้อนต่ำ (Low thermal conductivity) **วัสดุที่ใช้ต้องมีความต้านทานการไหลผ่านของความร้อนเป็นตัวนำที่เหลวเพื่อลดการนำความร้อนจากผิวท่อที่ร้อนกว่าไปยังส่วนที่เย็นกว่าขณะเดียวกันวัสดุนี้ต้องลดการสูญเสียจากการแผ่กระจายความร้อนและการพาได้ดี**

ความพรุน เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากอันหนึ่ง เพราะฉนวนความร้อนต้องทำให้อากาศนิ่งสงบได้ หากอากาศรอบ ๆ ท่อนิ่งสงบจะช่วยให้การหุ้มฉนวนดี ซึ่งความพรุนของโครงสร้างเนื้อฉนวนช่วยดักอากาศรอบให้สงบนิ่งได้

ไม่ติดไฟ หรือลุกไหม้ง่าย เพื่อป้องการความเสียหายของระบบท่อและอุปกรณ์อื่น

น้ำหนักเบา ไม่เพิ่มน้ำหนักของท่อมากเกินไป โดยเฉพาะท่อที่แขวนติดกับเพดาน

ความต้านทานต่อการเกิดของเชื้อรา เชื้อราเกิดจากการดูดความชื้นของวัสดุฉนวน หากมีความชื้นมากไม่ควรเลือกวัสดุที่ทำจากสารอินทรีย์ เช่น หนังสัตว์ หรือวัสดุทำด้วยไม้ แต่ควรเลือกใช้วัสดุอนินทรีย์ เช่น ใยแก้ว ใยหิน โฟม หรือพลาสติก

ความต้านทานต่อการกัดหรือทำลายของสัตว์ หากวัสดุฉนวนทำจากหนังสัตว์ ไม้หรือสารอินทรีย์อื่น ๆ อาจเกิดความเสียหายต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม

ไม่ดูดความชื้นหรืออมน้ำ เฉพาะอย่างยิ่งการหุ้มฉนวนนอกอาคาร เซลล์ของวัสดุฉนวนอาจกักน้ำ ขณะอากาศสงบนิ่งน้ำจะซึมเข้าและมีผลเสียหายต่อฉนวน และลดประสิทธิภาพการหุ้มฉนวนเพราะน้ำจะถูกดูดซับเอาความร้อนถ่ายเทออกสู่อากาศภายนอกมากกว่าฉนวนที่แห้ง ฉนวนใยแก้ว ใยหิน เส้นใยแร่ ไม้ก๊อก สามารถใช้หุ้มนอกอาคารได้

ผิวเรียบ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อน สามารถทาสีได้สะดวก

การใช้งานง่าย สะดวกต่อการนำมาหุ้ม ถอดเปลี่ยนได้โดยไม่ยุ่งยาก เมื่อจะซ่อมแซม

ทนต่อสภาพกรด-ด่าง วัสดุต้องไม่เปื่อยหรือเสียหายจาการกัดกร่อนของกรดด่าง เพื่อป้องกันไม่ให้การกัดกร่อนกระจายไปสู่ผิวโลหะที่สัมผัสกับฉนวน

ความต้านทานต่อการกดอัด เมื่อต้องหนุนรองหรือยึดแขวนท่อ ฉนวนต้องสามารถรับภาระและคงสภาพอยู่ได้โดยไม่ฉีกขาดหรือถูกอัดเยินไป

สามารถคงสภาพ ต้องสามารถคงสภาพอยู่ได้ แม้จะสัมผัสอยู่กับบรรยากาศหรือรับภาระทางกล เช่น การบิด ความสั่นสะเทือน การขยายตัวของท่อเนื่องจากความร้อน และไม่ยุบตัว เมื่อใช้กับอุณหภูมิและฝังในซีเมนต์

ความต้านทานต่อแสงอัลตราไวโอเลต เมื่อใช้งานนอกอาคาร

ไม่เป็นพิษ เมื่อใช้กับกระบวนการการผลิตอาหาร และถ้าเกิดเพลิงไหม้ต้องไม่เป็นอันตราย

2.15.2 การเลือกฉนวนความร้อน

การเลือกฉนวนความร้อนต้องคำนึงถึงความเหมาะสมหลายประการ ดังหัวข้อต่อไปนี้

สะดวกต่อการใช้งาน ฉนวนป้องกันความร้อนผลิตออกมาใช้กันหลายแบบ ได้แก่ แบบแผ่นแข็ง (Right board) แบบแผ่นผืน (blanket) ซึ่งม้วนแบบม้วนผ้า แบบแผ่นผืนสำเร็จ (batts) ซึ่งก็คือแบบแผ่นผืนนั่นเอง แต่ตัดขนาดมาตรฐาน แบบผงหรือเส้นใยสั้น ๆ (loose fill) ซึ่งใช้เทหรือพ่นหุ้มงานที่มีสิ่งหุ้ม (lagging) แบบหล่อสำเร็จรูป (Precast) เช่น ทำตามขนาดท่อ เป็นต้น และแบบที่ประกอบขึ้นเองในงานสนาม ชนิดใดที่จะเหมาะสมกับงานขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ใช้

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ฉนวนความร้อนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจะป้องกันความร้อนนำได้ดีกว่าฉนวนกันความร้อนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง ดังนั้นฉนวนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจึงดีกว่า เพราะช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้มาก จึงประหยัดค่าใช้จ่าย

ช่วงอุณหภูมิการใช้งาน อุณหภูมิของงานจะต้องไม่สูงเกินช่วงอุณหภูมิใช้งานของฉนวนความร้อนนั้น เพราะจะทำให้ฉนวนเสียหายและอาจทำให้งานเสียหายด้วย

ราคา ราคาในที่นี้หมายถึงต้นทุนของฉนวนความร้อน ค่าติดตั้งและบำรุงรักษา ราคาของฉนวนขึ้นอยู่กับประเภทและความหนาของฉนวน ความร้อนที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ คือ ความหนาของฉนวนความร้อนที่สามารถประหยัดความร้อนคิดเป็นราคาเชื้อเพลิงได้เท่ากับราคาของฉนวนความร้อนเมื่อฉนวนความร้อนนั้นหมดอายุการใช้งานพอดี เมื่อทราบราคาของฉนวนความร้อนตามความหนาที่เหมาะสมของฉนวนแบบต่าง ๆ ผู้ใช้งานก็จะตัดสินใจเลือกฉนวนความร้อนได้ถูกต้อง

ความหนาแน่น ความหนาแน่นของฉนวนความร้อนจะเป็นสิ่งที่ช่วยบอกความพรุนหรือฟองอากาศในเนื้อฉนวน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน นอกจากนี้ยังบอกถึงน้ำหนักที่โครงสร้างจะต้องรับอีกด้วย

การทนไฟ เนื่องจากในงานบางประเภท เช่น งานอาคารพาณิชย์ ต้องการความปลอดภัยแก่ผู้ใช้หรือผู้อยู่อาศัยจากการเกิดอัคคีภัย ดังนั้นฉนวนความร้อนจึงควรมีคุณสมบัติติดไฟได้ยากและในบางประเภทอาจทนไฟได้เป็นระยะเวลาพอสมควร

การทนความชื้น ฉนวนความร้อนจะเสื่อมสภาพลง เมื่อความชื้นเข้าไปอยู่ในฟองอากาศของฉนวน สำหรับฉนวนความร้อนที่อมน้ำ เมื่อได้รับความชื้นก็จะเสียไป จึงจำเป็นต้องมีสิ่งป้องกันความชื้นหุ้มฉนวนไว้อีกทีหนึ่ง ดังนั้นฉนวนความร้อนที่ไม่อมน้ำจึงทนกว่าฉนวนความร้อนประเภทแรก

อายุการใช้งาน อายุการใช้งานของฉนวนความร้อนขึ้นอยู่กับสภาพการทำงานหลายอย่าง เช่น งานมีความสั่นสะเทือน มีการยืดหดตัว หรือบิดตัว หรือเสื่อมสภาพ เนื่องจากการทำปฏิกิริยากับอากาศ สารเคมี และรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นต้น ในการเลือกฉนวนความร้อนจึงต้องคำนึงสภาพการทำงานที่มีผลต่ออายุการใช้งานเหล่านี้ด้วย

ความปลอดภัย ฉนวนความร้อนที่ใช้ไม่ควรมีกลิ่นหรือมีพิษ ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้ติดตั้งและผู้ใช้งาน

ความสวยงาม สำหรับงานก่อสร้าง ฉนวนความร้อนบางประเภทสามารถใช้ในงานตกแต่งเป็นผนังหรือเพดานได้เลย บางประเภทต้องมีสิ่งปกปิด ซึ่งบางครั้งฉนวนความร้อนนั้นต้องรับน้ำหนักสิ่งของปกปิดนั้นด้วย

2.15.3 อุณหภูมิการใช้งานของฉนวน

ฉนวนความร้อน แบ่งช่วงอุณหภูมิใช้งานออกเป็น 3 ระดับ คือ

1. ฉนวนอุณหภูมิต่ำ

1.1 -101°C ถึง -0.6°C (-150 °Fถึง 31°F) การทำความเย็นไอน้ำที่ผ่านฉนวนกั้นไอต้องไม่กลั่นตัวแต่จะแข็งตัว ความเย็นถึงจุดแข็งตัว และน้ำแข็งที่เกิดขึ้นต้องไม่ทำลายระบบการหุ้มฉนวน

1.2 0 °C ถึง 1.4°C (32 °F ถึง 60°F) น้ำเย็นและน้ำเย็นจัด ไอน้ำจะกลั่นตัวที่ผิวโลหะ ทำให้เกิดสนิม การแทรกซึม ได้ของฉนวนกั้นไอต้องไม่เกิน 0.02

ท่ออุณหภูมิต่ำ (-40°C ถึง อุณหภูมิบรรยากาศ) ระบบท่อที่ใช้ในช่วงนี้ได้แก่

- ท่อดูดสารทำความเย็น ท่อนำเกลือและแอมโมเนีย ท่อที่มีอุณหภูมิร้อนและเย็น ท่อเติมน้ำระบบ ท่อในอาคารอยู่อาศัย ท่อน้ำเย็นจัด ท่อระบาย ท่อเติมน้ำเข้าหม้อ ต้ม และท่อเคมี

วัสดุฉนวนที่ใช้สำหรับอุณหภูมิต่ำ มีดังนี้

-แซลลูล่าร์กลาส -212°C ถึง 232°C (-350°F ถึง -450°F)

-อีลาสโตเมอร์พลาสติกโฟม -41°C ถึง 104°C (-40°F ถึง 220°F)

-ไยแก้ว -29 °C ถึง 343°C (-20°F ถึง 650°F)

-โพลิสไตรีน -41°C ถึง 74°C (-40°F ถึง 165°F)

-โพลียูรีเทน -184 °C ถึง 74°C (-300 °F ถึง 165°F)

2. ฉนวนอุณหภูมิปานกลาง

1. 16°C ถึง 100 °C (61°F ถึง 212°F) น้ำร้อนและไอน้ำความดันต่ำ
2. 101°C ถึง 315°C (213°F ถึง 600°F) ไอน้ำท่อโรงต้นกำลัง และท่อกระบวนการผลิต

ท่ออุณหภูมิปานกลาง (อุณหภูมิบรรยากาศถึง 100°C) ระบบท่อที่มีช่วงอุณหภูมินี้ได้แก่

- ท่อน้ำร้อนในอาคารอยู่อาศัย ท่อที่มีอุณหภูมิร้อนและเย็น ท่อน้ำร้อนทำความอุ่นและเย็น ท่อน้ำร้อนกลั่นตัวไหลเวียนกลับ ท่อกระบวนการอื่นๆ

วัสดุฉนวนที่ใช้สำหรับอุณหภูมิปานกลาง มีดังนี้

-แคลเซี่ยมซิลิเกต ถึง 649 $^{\circ}$C (1200°F)

-เซลลูลาร์กลาส ถึง 316°C (600°F)

-อีลาสโตเมอร์พลาสโฟม ถึง 140°C (220°F)

-วิลิก้าหรือเพอร์ไลท์ 816°C (1500°F)

-ใยแก้ว ถึง 343°C (650°F)

-ใยแร่ ถึง 649°C (1200°F)

-โฟมโพลิสไตรีน ถึง 74°C (165°F)

-โฟมโพลิยูรีเทน ถึง 104°C (220°F)

3. **ฉนวนอุณหภูมิสูง**

- 360°C ถึง 816 °C (601°F ถึง 1500°F)กังหันปล่องควัน ท่อไอเสีย เตาเผาขยะ หม้อต้ม

ท่ออุณหภูมิร้อน 101 °C ถึง 538 °C ระบบท่อที่มีช่วงอุณหภูมินี้ได้แก่

- ท่อไอน้ำ ท่อไอน้ำกลั่นตัวไหลเวียนกลับ ท่อน้ำร้อนอุณหภูมิสูง ท่อร้อนในกระบวนการท่อสอดสัมผัสให้ความร้อน ท่ออื่นๆ

วัสดุฉนวนที่ใช้สำหรับอุณหภูมิสูง มีดังนี้

- แคลเซี่ยมซิลิเกต ถึง 649 $^{\circ}$Cถึง 816°C (1200°F ถึง 1500°F)
- ไฟเบอร์เซรามิก 871°C ถึง 1427°C (1600°F ถึง 2600°F)
- ซิลิก้าหรือเพอร์ไลท์ 316°C ถึง 816°C (600°F ถึง 1500°F)
- ใยแร่ 538°C ถึง 1038°C (1000°F ถึง 1900°F)

ตัวอย่างการออกแบบท่อไอน้ำแจ็คเก็ตของสารคลอโรเบนซินของบริษัทไบเออร์-ไทย จำกัด

ผู้จัดทำโครงงานได้รับมอบหมายจากวิศวกรผู้ออกแบบการเดินท่อให้ออกแบบท่อไอน้ำแจ็คเก็ตของสารคลอโรเบนซินซึ่งเป็นสารที่มีส่วนในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ของ บริษัทไบเออร์-ไทย จำกัด ซึ่งไหลออกจากเครื่องให้ความร้อนไปยังขั้นตอนการผลิต ดังนั้นระยะทางการไหลอาจทำสถานะของสารคลอโรเบนซินเปลี่ยน จึงต้องใช้ไอน้ำความร้อนไหลตามท่อส่งไอน้ำซึ่งคร่อมท่อสารคลอโรเบนซิน ซึ่งในสภาวะการทำงานของสารคลอโรเบนซินที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และความดัน 2.5 บาร์ โดยที่ท่อของสารคลอโรเบนซินมีขนาด 3 นิ้วทั้งเส้นทางการเดินท่อ

โดยมีข้อกำหนดในการออกแบบท่อไอน้ำ

1. หม้อไอน้ำจ่ายไอน้ำที่อุณหภูมิ 176 องศาเซลเซียส (349 องศาฟาเรนไฮน์)
2. ความดันที่หัวจ่าย 8.3 บาร์ (120 psi)
3. อัตราการไหลของไอน้ำที่ หัวจ่าย 1.01 กก/วินาที (8000 ปอนด์/ชั่วโมง)
4. ความเร็วของไอน้ำที่หัวจ่าย 25.4 เมตร/วินาที (5000 ฟุต/นาที)
5. การสูญเสียความดันของระบบท่อไอน้ำที่ยอมรับได้ไม่เกิน 2.5 psi ต่อ 100 ฟุต

จากข้อกำหนดข้างต้นของไอน้ำ ผู้จัดทำโครงงานจึงเลือกท่อที่ทำจากเหล็กไร้สนิม ชนิดไร้ตะเข็บเนื่องจากหากเปรียบเทียบกับท่อมีตะเข็บความแข็งแรงของท่อไร้ตะเข็บจะมีความแข็งแรงเพราะมีค่าความเค้นที่วัสดุสามรถรับแรงดันมากกว่า โดยเลือกตามมาตรฐาน ASTM เป็น Seamless Stanless Steel A312

ขนาดของท่อแจ็คเก็ต

จากรูปที่ 2.7 แผนภาพความเร็วของไอน้ำ (Steam velocity chart) ความเร็วของไอน้ำที่หัวจ่าย 25.4 เมตร/วินาที (5000 ฟุต/นาที) ส่งไอน้ำที่อัตรา 1.01 กก/วินาที (8000 ปอนด์/ชั่วโมง) ที่ความดัน 8.3 บาร์ (120 psi)

โดยใช้กราฟในรูปที่ 2.6 ตามเส้นความเร็ว 25.4 เมตร/วินาที (5000 ฟุต/นาที) ไปที่ความดัน 120 psi จากจุดตัดตามเส้นระนาบนอน ที่อัตราการไหล 8000 ปอนด์/ชั่วโมง ต่อจากนั้นก็อ่านค่าขนาดท่อที่ใกล้เคียงที่สุด ออกมา ซึ่งได้ขนาดท่อ 4 นิ้ว (100 มม)

มาตรฐานที่บริษัท โตโย-ไทยคอร์ปเรชั่นจำกัด ใช้เลือกขนาดของท่อแจ็คเก็ตเมื่อทราบของท่อสารทำงาน โดยที่จะได้ขนาดของท่อแจ็คเก็ตดังตาราง 2.8

ตาราง 2.8 การเลือกขนาดท่อแจ็คเก็ต: *[3]*

NOMINAL PIPE SIZE	
Nominal Pipe Size (inch)	**Jacket Nominal Pipe Size (inch)**
½	1
¾	1 ½
1	2
1 ½	2 ½
2	3
3	4
4	6
6	8
8	10
10	12
12	16
14	16
16	18
18	20

ความหนาของท่อ

จากเงื่อนไขการออกแบบข้างต้นเมื่อทราบขนาดของท่อในการออกแบบเท่ากับ 4 นิ้ว ท่อเหล็กไร้สนิม ชนิดไร้ตะเข็บ ASTM Seamless Stanless Steel A312 รับความดัน 8.3 บาร์ (120psi) อุณหภูมิ 176 องศาเซลเซียส (349 °F) สามารถหาความหนาของท่อ

โดยใช้สูตร $$t_m = \frac{P \times D_o}{2(SE + PY)} + A$$

จากภาคผนวก ช ที่ 349°F ได้ค่า S = 18,750 psi จากตาราง ข.1

ตัวประกอบคุณภาพ E = 0.85 (เชื่อมต่อชนด้วยไฟฟ้า)

ค่าสัมประสิทธิ์เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ Y = 1 ท่อเหล็ก จากตารางที่ 2.4

ค่าความเผื่อ A = 0.065 จากตารางที่ 2.4

แทนค่า $$t_m = \frac{120 \times 4}{2(18750(0.085) + 120(1))} + 0.065$$

t_m = 0.085 นิ้ว

ซึ่งเป็นอีกวิธีที่สามารถหา Schedule Number ได้จากภาคผนวก ข (ตารางข.4) Schedule Number ขนาดท่อ 4 นิ้ว มีความหนา 0.12 นิ้ว ใกล้เคียง 0.085 นิ้ว จึงเลือกท่อ Schedule Number 10s

การหา Schedule Number

การหา Schedule Number โดยการใช้สูตร เมื่อได้ขนาดท่อไอน้ำแจ็คเก็ตเท่ากับ 4 นิ้ว ท่อเหล็กไร้สนิม ชนิดไร้ตะเข็บ ASTM Seamless Stanless Steel A312 รับความดัน 8.3 บาร์ (120psi) อุณหภูมิ 176 องศาเซลเซียส (349°F)

โดยที่ ความเค้นสูงสุดของวัสดุท่อที่อนุญาตให้

S = 18,750 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (จากตาราง ข.1)

ตัวประกอบคุณภาพ E = 1.0 (จากตารางที่ ข.2 และ ข.3)

$$\text{Schedule Number} = \frac{1000 \times 120}{18750 \times 1.0}$$

$$= 6.4$$

จากภาคผนวก ข (ตาราง ข.4) ท่อ Schedule Number 6.4 ไม่มีจึงเลือกใช้ท่อ Schedule Number 10 แทน

ความดันที่สูญเสีย

ใน รูปที่ 2.23 (Isometric No. 84904-853302-EAG01-HC)จากจุด Steam Inlet (A) ไปยังจุด Steam Outlet (B) สุดท้าย เป็นเส้นท่อที่จะหาความดันที่สูญเสียไปขณะที่อุปกรณ์ทำงานโดยที่อุปกรณ์ทำงานโดยที่ระบบมีความดันสูญเสียเท่ากับ 2.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต่อความยาวของท่อ 100 ฟุต (ซึ่งหาได้จากรูป 2.23)

จากรูปที่ 2.23 (Isometric No. 84904-853302-EAG01-HC)จากจุด Steam Inlet (A) ไปยังจุด Steam Outlet (B) สุดท้าย ขนาดท่อ 4 นิ้ว มีอุปกรณ์ดังนี้

1. ท่องอ 90° ชนิด Long radius or long sweep elbow 7 ตัว
2. ท่องอ 45° 1 ตัว

ใน Isometric No. 84904-853302-EAG01-HC นี้ สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ไปเทียบเท่ากับท่อตรงเพื่อนำไปคิดความดันสูญเสียได้แสดงในตาราง 2.9

ตาราง 2.9 แสดงการเปลี่ยนความยาวของอุปกรณ์ต่างๆ เทียบเท่ากับท่อตรง

อุปกรณ์	จำนวน	คิดเป็นท่อตรงยาว (ฟุต)	รวมคิดเป็นท่อตรงยาว (ฟุต)
ท่อตรง	-	**45.93**	**45.39**
ท่องอ 90°	7	49	49
ท่องอ 45°	1	5	5
			99.39

ดั้งนั้นจากจุดเริ่มไปยังจุดสุดท้ายมีความยาวท่อที่จะนำไปหาความดันที่สูญเสียไป เท่ากับ 99.39 ฟุต

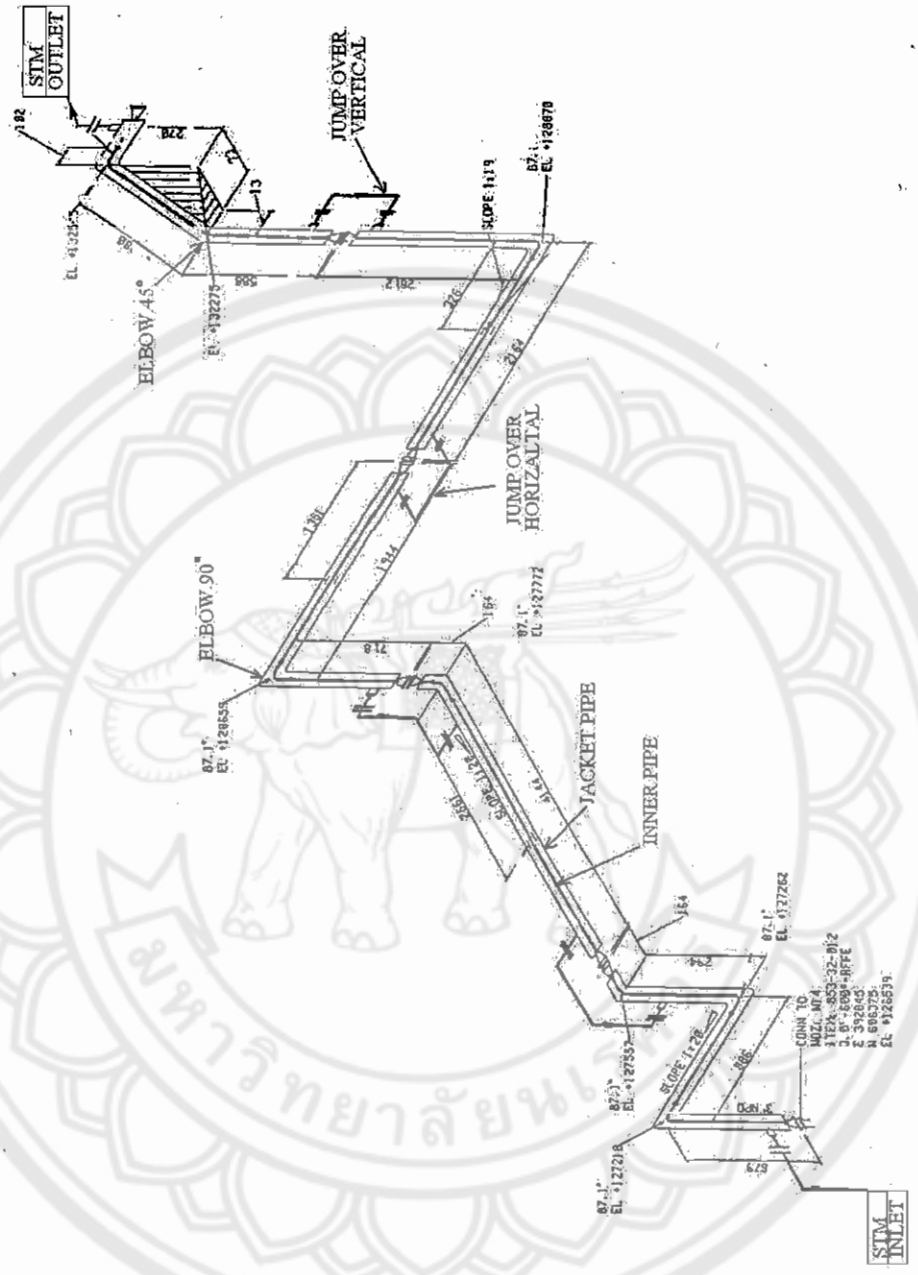
จากจุดเริ่มไปยังจุดสุดท้ายมี ความดันลดลง $= \frac{2.5}{100} \times 99.39$

$= 2.48$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

การเลือกใช้วัสดุในการออกแบบท่อแจ็คเก็ตสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.10 การเลือกใช้วัสดุในการออกแบบท่อแจ็คเก็ต

ITEM	SIZE	DESCRIPTION
Core Pipe	1"-4"	Sch 40S ,316 Stainless Steel, ASTM A312, Gr TP316, Seamless
Core Pipe	6"-8"	Seh 80S ,316 Stainless Steel, ASTM A312, Gr TP316, Seamless
Jacket Pipe	1"-4"	Sch 10S ,316 Stainless Steel, ASTM A312, Gr TP316, Seamless
Jacket Pipe	6"-10"	Sch 40S ,316 Stainless Steel, ASTM A312, Gr TP316, Seamless
Core Fittings	1"-4"	Sch 40S ,316 Stainless Steel, Buttweld ASTM A403, Gr WP-316, Seamless
Core Fittings	6"-8"	Sch 40S ,316 Stainless Steel, Buttweld ASTM A403, Gr WP-316, Seamless
Jacket Fittings	1"-4"	Sch 10S ,316 Stainless Steel, Buttweld ASTM A403, Gr WP-316, Seamless
Jacket Fittings	6"-10"	Sch 40S ,316 Stainless Steel, Buttweld ASTM A403, Gr WP-316, Seamless
Core Flanges	1"-4"	CL 150, ANSI B16.5, Forged Carbon Steel Flange W/316 Stainless Steel Buttweld Insert Non-Reducing Insert for Sch 10S Jacket Pipe
Core Flanges	6"-8"	CL 150, ANSI B16.5, Forged Carbon Steel Flange W/316 Stainless Steel Buttweld Insert Non-Reducing Insert for Sch 10S Jacket Pipe
Veldolet	1"-4"	Sch 10S Outlet,316 Stainless Steel Weldolet,A182,GrF316,RF Sch 40S Bore
Jumpover Connections	1"- &Under	CL 150, 316 Stainless Steel Flange, Socketweld. ASTM A182, Gr F316, RF Sch 40S Bore
Jumpover Connections	1"- &Under	Sch 40S ,316 Stainless Steel Pipe, ASTM A312, Gr TP316, Seamless
Jumpover Conneetions	1"- &Under	CL 3000,316 Stainless Steel Socketweld. ASTM A182, Gr F316



รูปที่ 2.23 Jacket Isometric No. 84904-853302-EAG01-HC

การเลือกขนาดและวัสดุที่ใช้ทำท่อแจ็คเก็ต (Jacket Pipe)

จากรูปที่ 2.23 ชนิดของท่อด้านในเป็น Seh 40S ,316 Stainless Steel, ASTM A312, Gr TP316, Seamless มีขนาด 3 นิ้ว ดั้งนั้นจากตารางที่ 2.8 และตารางที่ 2.10 สามารถเลือกชนิดของท่อแจ็คเก็ตเป็นแบบ Sch 10S ,316 Stainless Steel, ASTM A312, Gr TP316, Seamless มีขนาด 4 นิ้ว ซึ่งสามารถรับแรงดันและอุณหภูมิที่กำหนดในการออกแบบได้

การเลือกขนาดและวัสดุที่ใช้ทำข้อต่อ (Jacket Fitting)

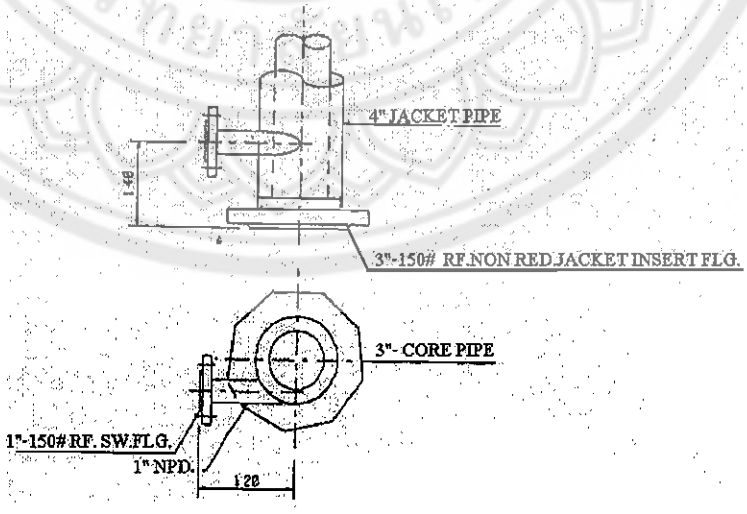
จากรูปที่ 2.23 มีข้อต่อของท่อด้านใน(Core Fitting) ที่เป็นข้องอ (Corner) 90° 7 อัน และ 45° 1 อัน ชนิด Sch 40S ,316 Stainless Steel, Buttweld ASTM A403, Gr WP-316, Seamless มีขนาด 3 นิ้ว ดั้งนั้นจากตารางที่ 2.8และตารางที่ 2.10 สามารถเลือกชนิดข้อต่อของท่อแจ็คเก็ต (Jacket Fitting) เป็นแบบ Sch 10S ,316 Stainless Steel, Buttweld ASTM A403, Gr WP-316, Seamless มีขนาด 4 นิ้ว ซึ่งสามารถรับแรงดันและอุณหภูมิที่กำหนดในการออกแบบได้

การเลือกขนาดและวัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลน (Flange)

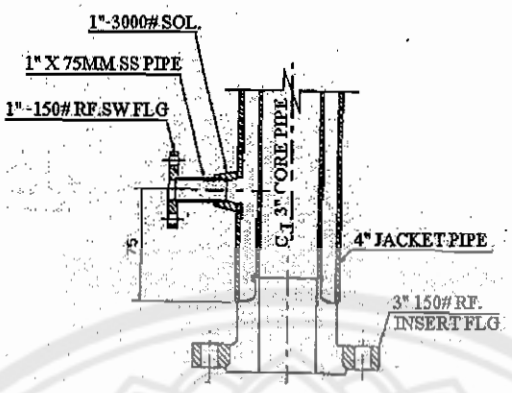
จากท่อด้านใน (Core Pipe) มีขนาด 3 นิ้ว ดั้งนั้นจากตารางที่ 2.10 สามารถเลือกชนิดและขนาดของหน้าแปลน (Flange) เป็นแบบ CL 150, ANSI B16.5, Forged Carbon Steel Flange W/316 Stainless Steel Buttweld Insert Non-Reducing Insert for Seh 10S Jacket Pipe มีขนาด 3 นิ้ว

การเลือกขนาดและวัสดุที่ใช้ทำ Jump over

จากรูปที่ 2.23 มีการวางท่อทั้งแบบแนวดิ่ง (Vertical) และแบบแนวขวาง (Horizaltal) ดังนั้นการ Jumpover จึงมีทั้งแบบแนวดิ่ง (Vertical) และแบบแนวขวาง (Horizaltal) ซึ่งลักษณะการ Jumpover ทั้งสองแบบดูได้จากรูปที่ 2.24 และรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.24 การ Jump over แบบแนวขวาง (Horizontal)



รูปที่ 2.25 การ Jump over แบบแนวดิ่ง (Vertical)

ในบทนี้เป็นการนำเสนอให้ทราบถึงขั้นตอนเบื้องต้นในการออกแบบท่อแจ็คเก็ดไอน้ำภายในโรงงานอุตสาหกรรมโดย การเลือกวัสดุท่อ การหาขนาดท่อ การหา Schedule Number การหาความดันที่สูญเสียในท่อไอน้ำ ซึ่งในการออกแบบจริงๆ แล้วมีปัจจัยหลายอย่าง เช่นการคำนวณเรื่อง Stress analysis การคำนวณเรื่อง Hydraulic cal. Water hammer ลักษณะจุดรองรับท่อแบบต่างๆ อุปกรณ์เครื่องมือวัด การคำนวณหาขนาดท่อจากราคาค่าอุปกรณ์และค่าการติดตั้งทั้งหมด เป็นต้น ซึ่งในโครงงานเล่มนี้ไม่ได้กล่าวถึงเนื่องด้วยมีระยะเวลาทำจำกัด อย่างไรก็ตามหากผู้อ่านท่านใดสนใจในรายละเอียด สามารถหาอ่านเพิ่มเติมได้จากหนังสือทางด้านกลศาสตร์ของไหลทั่วๆ ไป หรือเอกสารอ้างอิงในบรรณานุกรม ซึ่งการออกแบบนั้นจะต้องทำการออกแบบหาจุดคุ้มทุนที่สุดแต่จะต้องปลอดภัยได้ตามมาตรฐานสากลที่กำหนดไว้ด้วย