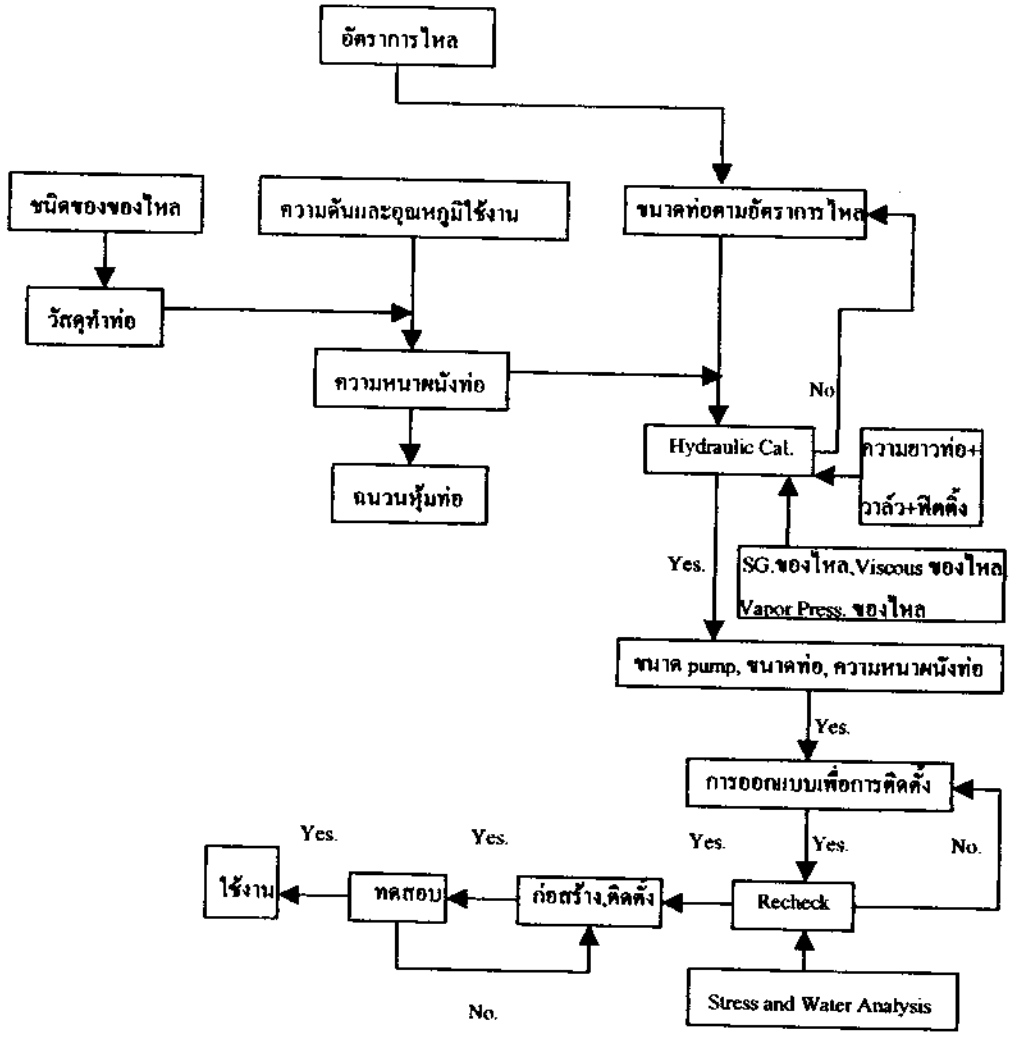
บทที่ 2
การออกแบบระบบท่อทางในคลังปิโตรเลียม

ในการวิเคราะห์การออกแบบระบบท่อ ผู้ออกแบบต้องตระหนักถึงและต้องนำชิ้นส่วนทั้งหลายมาพิจารณาทั้งหมด การตรวจสอบของผู้ออกแบบระบบท่อต้องครอบคลุมหน่วยการผลิตทั้งหมดและคำนึงถึงผลกระทบของการขยายงานทั้งตามความยาวและความกว้างของการปฏิบัติของกระบวนการผลิต ความสูงของชิ้นอุปกรณ์ที่สูงที่สุด และความลึกของฐานรากที่ลึกที่สุด โดยการออกแบบระบบท่อทางที่ใช้ในคลังปิโตรเลียม

ขั้นตอนการออกแบบระบบท่อทาง

ขั้นตอนการออกแบบระบบท่อทางนั้น สามารถสรุปเป็นแผนผังกระบวนการได้ดังแผนผังภาพ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังกระบวนการการออกแบบ ติดตั้งและตรวจสอบระบบท่อทางภายในคลังปิโตรเลียม

จากแผนภาพข้างต้นสิ่งที่ต้องทราบขั้นต้นในการออกแบบระบบท่อก็คืออัตราการไหลซึ่งค่าอัตราการไหลจะนำไปทำการเปรียบกับตารางเพื่อหาขนาดของท่อตามอัตราการไหล โดยท่อนั้นจะมีวัสดุแตกต่างกันไปตามชนิดของของไหลเพื่อป้องกันการกัดกร่อนภายในเส้นท่อ หลังจากที่ทราบชนิดของของไหลแล้วจะทำให้ทราบค่า Stress ของวัสดุที่ใช้ทำท่อและต้องทราบถึงอุณหภูมิและความดันใช้งานนั้นเพื่อที่จะนำไปคำนวณหาความหนาผนังท่อ ในบางกรณีต้องทำการหุ้มฉนวนท่อด้วยเพื่อเป็นการป้องกันการถ่ายเทความร้อนของระบบท่อ เมื่อทราบวัสดุของท่อ ความดันและอุณหภูมิใช้งาน ขนาดท่อและความหนาของท่อแล้ว ต้องทำการคำนวณหาขนาดปั๊ม จากวิธี Hydraulic calculation ซึ่งมีปัจจัยสำคัญคือการคำนวณเรื่อง ความยาวท่อ วาล์ว ฟิตติ้ง S.G ของไหล ความหนืดของของไหล และ Vapor pressure ของของไหล เมื่อหาขนาดปั๊มได้แล้ว ให้ลองเปลี่ยนขนาดท่อใหม่อีก 3-4 ขนาดและคำนวณหาขนาดปั๊มใหม่จะได้ขนาดปั๊มให้เลือก เมื่อเลือกปั๊มได้แล้วทำการออกแบบเพื่อการติดตั้งโดยเขียนรายละเอียดในการติดตั้งเช่น ขนาดท่อ ขนาดปั๊ม ระยะของท่อทั้งหมด ฯลฯ หลังจากออกแบบแล้วต้องทำการตรวจสอบรายละเอียดอีกครั้งโดยจะต้องคำนึงถึงเรื่อง Water hammer และ Stress Analysis เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบท่อ เมื่อตรวจสอบว่าระบบท่อทนต่อสภาพต่างๆได้แล้ว ทำการก่อสร้างหรือติดตั้ง หลังจากติดตั้งเสร็จแล้วต้องทำการทดสอบระบบท่อเพื่อป้องกันการรั่วของของไหลภายในท่อบริเวณรอยเชื่อมต่างๆโดยวิธีการทดสอบความดัน เมื่อระบบท่อไม่มีการรั่วตามรอยเชื่อมประกอบต่างๆแล้ว ต้องทำความสะอาดเส้นท่อให้หมดก่อนที่จะนำไปใช้งานต่อไป

ข้อมูลและรายละเอียดเบื้องต้นของการออกแบบระบบท่อทางภายในคลังปิโตรเลียม

ในการออกแบบระบบท่อทางในคลังปิโตรเลียม ผู้ออกแบบจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในทางวิศวกรรมโดยมีพื้นฐานบนหลักการของกลศาสตร์ของไหลอันเป็นพื้นฐานที่จำเป็นในการทำความเข้าใจหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการควบคุมสมรรถนะของระบบการไหล โดยรายละเอียดเบื้องต้นที่ควรทำการศึกษาเข้าใจมีดังนี้

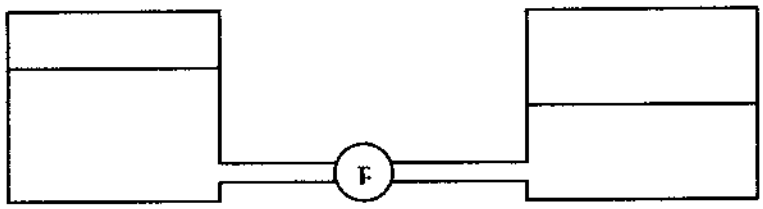
2.1 อัตราการไหลในท่อ

การไหลในท่อ เมื่อของไหลมีอัตราการไหลในท่อหรือมีความเร็วมากขึ้นจะทำให้ท่อเกิดการสั่นสะเทือน มีเสียงดังและการสึกหรอภายในเส้นท่อ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านั้น จากประสบการณ์ของวิศวกรที่นิยมใช้กันและจากการใช้ชาร์ทของคู่มือ SHELL DEP.[1] (Design & Engineering Practice)ในเส้นท่อจึงได้ถูกกำหนด คือ อัตราการไหลในท่อดูดควรมีความเร็วไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาทีและอัตราการไหลในท่อส่ง ควรมีความเร็วไม่เกิน 3 เมตร/วินาที

---

[1] (SHELL DEP. คือ คู่มืออ้างอิงในการออกแบบหรือปฏิบัติงานภายในคลังน้ำมันของ กลุ่มบริษัท เชลล์)

ค่าความเร็วที่กำหนดนี้เป็นค่าเฉลี่ยประมาณที่นิยมใช้ซึ่งในกรณีที่ต้องการค่าความเร็วโดยละเอียด สามารถศึกษาได้จาก SHELL DEP. (Design & Engineering Practice)หรือสามารถหาได้จากชาร์ทในภาคผนวก ค. เช่น



ต้องการให้น้ำมันไหลในท่อจากถังเก็บน้ำมันที่ 1 ไปเก็บไว้ที่ถังที่ 2 ด้วยอัตราการไหล 150 ลบ.เมตร/ชั่วโมง โดยจะต้องผ่านปั๊มหนึ่งตัวจากชาร์ทข้างล่างเริ่มที่จุดของอัตราการไหลที่ 150 ลบ.เมตรนี้ลากเส้นตรงขึ้นไปให้อยู่ในช่องของท่อด้านดูด (Suction line area) ไปตัดกับเส้นขนาดท่อคือ 8 นิ้ว (ความเร็วประมาณ 1.3 เมตร/วินาที) ส่วนท่อด้านจ่ายทำแบบเดียวกันแต่ให้ลากเส้นตรงขึ้นมาอยู่ในพื้นที่ของท่อด้านจ่าย (Discharge line area) จะได้ขนาดท่อด้านจ่ายคือ 6 นิ้ว (ความเร็วปรมาณ 2.2 เมตร/วินาที)

2.2 วัสดุที่ใช้ทำท่อ

วัสดุที่ ปตท.ใช้ทำท่อส่วนมากจะเป็นไปตามมาตรฐาน (Code and Standard) ที่กำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลอเมริกา (America Society of Mechanical Engineering ASME) โดยวัสดุท่อที่ ปตท. ใช้ในคลังปิโตรเลียมมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ เหล็กเหนียว (Carbon Steel) และเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) ดังสรุปได้ตามตารางที่ 3

ผลิตภัณฑ์	วัสดุ	มาตรฐาน	ชนิด
ท่อ	Carbon Steel	API 5L Gradc 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)

ตารางที่ 3 ลักษณะของท่อที่ใช้ในคลังปิโตรเลียม

<u>หมายเหตุ</u> ที่มาของเกรดท่อที่ ปตท.ใช้ในคลังปิโตรเลียมนั้นอ้างอิงมาจากมาตรฐาน ANSI/ASME B31.3 "Process Piping" หรือมี คุณสมบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐาน API หรือมาตรฐานอื่น ตามที่กรมโยธาธิการเห็นชอบ

ท่อ Carbon Steel : ASTM A53 Grade B

ท่อชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Type S กับ Type E ซึ่งมีลักษณะดังนี้

Type E : โดยปกติจะใช้กับน้ำและใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป โดยการทาสีภายในท่อหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง คือ คุณภาพและอุณหภูมิของน้ำ เป็นต้น โดยปกติจะทาสีภายในท่อน้ำเฉพาะบริเวณที่ติดตั้งท่อนั้นอยู่ใกล้ทะเลเท่านั้น

Type S : โดยปกติจะใช้กับน้ำและใช้กับท่อขนาดเล็กตั้งแต่ 4 นิ้วลงไป ในกรณีที่ท่อมีขนาดเล็กกว่า 3 นิ้วลงไปจะไม่สามารถทาสีภายในท่อเพื่อป้องกันการเกิดสนิมได้ ซึ่งจะแก้ไขโดยการใช้วิธีชุบ Galvanized แทน ดูคุณสมบัติได้จากภาคผนวก ค

ท่อ Carbon Steel : ASTM A106 Grade B

ท่อชนิดนี้ใช้ได้ทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและน้ำ ซึ่งจะมีแต่เฉพาะท่อไร้ตะเข็บเท่านั้นเพราะจะใช้กับงานที่มีอุณหภูมิสูงๆ ดูคุณสมบัติได้จากภาคผนวก ค

ท่อ Carbon Steel : API 5L Grade B

ท่อชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Type S กับ Type E ซึ่งมีลักษณะดังนี้

Type E : ใช้กับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมทั่วไป โดยปกติท่อมีตะเข็บ (Welded) จะใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป ในกรณีที่ใช้กับน้ำมันอากาศยานต้องทาสีภายในท่อก่อน (Epoxy Lining) เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกเข้าไปในระบบท่อ เช่น สนิมที่เกิดภายในท่อ

Type S : ใช้กับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมทั่วไป โดยปกติท่อไร้ตะเข็บ (Seamless) จะใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 4 นิ้วลงไป ดูคุณสมบัติได้จากภาคผนวก ค

ท่อ Stainless Steel : ASTM A312 Grade TP 304 (L), TP 316 (L)

ท่อชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Type S กับ Type E ซึ่งมีลักษณะดังนี้

Type E : ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมทุกชนิดและของไหลที่มีการกัดกร่อนสูงและน้ำ โดยปกติจะใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป คุณสมบัติได้จากภาคผนวก ค

Type S : ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมทุกชนิดและน้ำและจะใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 4 นิ้วลงไป ท่อ Carbon Steel ขนาดเล็ก ชุบหรือไม่ชุบ Galvanized จะไม่ถูกนำมาใช้กับน้ำมันอากาศยาน เนื่องจากอาจเกิดการหลุดร่อนของผิวชุบหรือสนิม ทำให้น้ำมันไม่สะอาดได้ จึงจำเป็นต้องใช้ท่อ Stainless Steel แทน และสามารถใช้กับของไหลที่มีการกัดกร่อนสูง เช่น Ethanol เป็นต้น ปกติจะมีราคาแพงจึงไม่นิยมนำมาใช้ โดยเฉพาะ Grade 316 (L) ปกติจะใช้กับอาหารและนม คุณสมบัติได้จากภาคผนวก ค

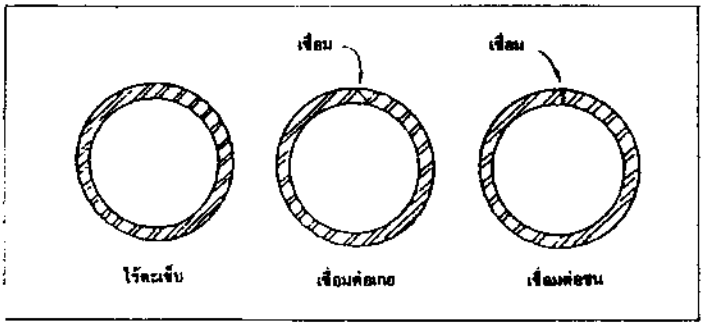
2.3 ท่อไร้ตะเข็บและท่อมีตะเข็บ

ท่อไร้ตะเข็บและท่อมีตะเข็บเป็นท่อที่ใช้กันในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งในโรงงานหรือตามคลังปิโตรเลียมก็ตามซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงลักษณะท่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ท่อมีตะเข็บหรือท่อเชื่อมต่อชน เป็นท่อที่ทำมาจากเหล็กแผ่นนำมาม้วนให้ขอบชนกัน แล้วเชื่อมตะเข็บแบบใช้ความต้านทาน (ERW ; ELECTRIC RESISTANT WELD)

ท่อไร้ตะเข็บ เป็นท่อที่ไม่มีตะเข็บใช้การแทงขึ้นรูป จึงมีความแข็งแรงมากกว่าท่อแบบมีตะเข็บและโอกาสการเกิดการรั่วของของไหลในท่อน้อยกว่าท่อที่มีตะเข็บ เหมาะกับงานที่มีความดันและอุณหภูมิสูง แต่จะมีราคาแพงกว่าท่อที่มีตะเข็บ

ท่อเชื่อมต่อเกย คล้ายกับการเชื่อมท่อต่อชน เพียงแต่ขอบชนจะตัดเอียงมากกว่าเพื่อให้มีพื้นที่ผิวส่วนที่จะเชื่อมมากขึ้น ท่อจึงมีความแข็งแรงมากกว่าต่อชน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะหน้าตัดท่อที่ผลิต

ตามประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 28 ลงวันที่ 29 ธันวาคม 2514 ว่าด้วยการบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ระบุไว้ในหมวด 5 ข้อ 24 (1) ว่า " *ต้องใช้ท่อเหล็กกล้าชนิดที่ใช้กับก๊าซโดยเฉพาะและไม่มีตะเข็บ แต่ถ้าเป็นท่อที่มีเฉพาะไอก๊าซผ่าน และมีความดันของไอก๊าซไม่เกิน 0.48 เมกาปาสกาลมาตร หรือเป็นท่อที่วางไว้ภายในอาคารที่ใช้บรรจุก๊าซของสถานีบรรจุก๊าซที่มีเฉพาะไอก๊าซผ่าน และมีความดันของไอก๊าซไม่เกิน 0.14 เมกาปาสกาลมาตร จะเป็นชนิดมีตะเข็บก็ได้*"

2.4 การเลือกขนาดท่อ

หลังจากที่เราทราบข้อมูลเบื้องต้นแล้วว่าต้องการอัตราการไหลเท่าใดแล้วสามารถนำค่าอัตราการไหลมาเลือกขนาดของท่อได้ โดยการเลือกขนาดของท่อส่งเป็นสิ่งที่ตัดสินใจได้ยากถ้าไม่มีการคำนวณเปรียบเทียบราคาของท่อ รวมทั้งติดตั้งและราคาพลังงานที่ต้องใช้ในการสูบของไหล เพราะถึงแม้ว่าท่อขนาดเล็กจะมีราคารวมติดตั้งถูกกว่าท่อขนาดใหญ่ แต่จะมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดสูงกว่า ดังนั้นจะต้องใช้ต้นกำลังโตและเสียค่าเชื้อเพลิงหรือพลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของของไหลสูงกว่า ซึ่งถ้าชั่วโมงการทำงานของปั๊มสูงพอ ค่าใช้จ่ายในการสูบของเหลวรวมค่าสึกหรอของระบบที่มีท่อส่งขนาดใหญ่ก็จะถูกกว่าระบบที่มีท่อส่งขนาดเล็ก

การคำนวณเปรียบเทียบราคาอาจจะเริ่มโดยการเลือกขนาดท่อจากความเร็วสูงสุดในท่อดูดและท่อส่งที่ยอมให้ใช้ได้ดังแสดงในตารางที่ 4 จากนั้นเลือกท่อที่มีขนาดเดียวกับค่าที่คำนวณได้และที่โตกว่ามา 3-4 ขนาด ทำตารางแล้วคำนวณราคารวมอุปกรณ์และค่าติดตั้งของแต่ละขนาด สำหรับราคาท่อและอุปกรณ์จะแพงขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่โตขึ้น ส่วนค่าติดตั้งอาจจะไม่แตกต่างกันมากซึ่งอาจถือว่าเท่ากันได้ถ้าขนาดไม่แตกต่างกันมาก

สำหรับค่าพลังงานซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ขึ้นอยู่กับปริมาตรที่จะสูบโดยตรงก็คำนวณจากปริมาตรที่ออกแบบหรือกำหนดไว้ว่าจะสูบภายในระยะเวลาที่กำหนด เช่น ปีละ 6 ล้าน ลบ. เมตร เป็นต้น เมื่อคูณค่านี้ด้วยพลังงานที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรน้ำที่สูบและราคาต่อหน่วยพลังงานก็จะได้ค่าใช้จ่ายในลักษณะเช่นเดียวกันกับค่าท่อและอุปกรณ์

For Hydrocarbon liquid in Carbon steel pipe

Size	Suction		Discharge	
	V max (m/s)		V max (m/s)	
1"	-		1.5	
2"	0.6		2.0	
3"	0.75		2.4	
4"	0.9		3.0	
6"	1.5		3.7	
8"	1.5		4.3	
10"	2.1		4.6	
12"	2.1		4.6	
14"	2.1		4.6	
16"	2.1		4.6	
18"	2.1		4.6	

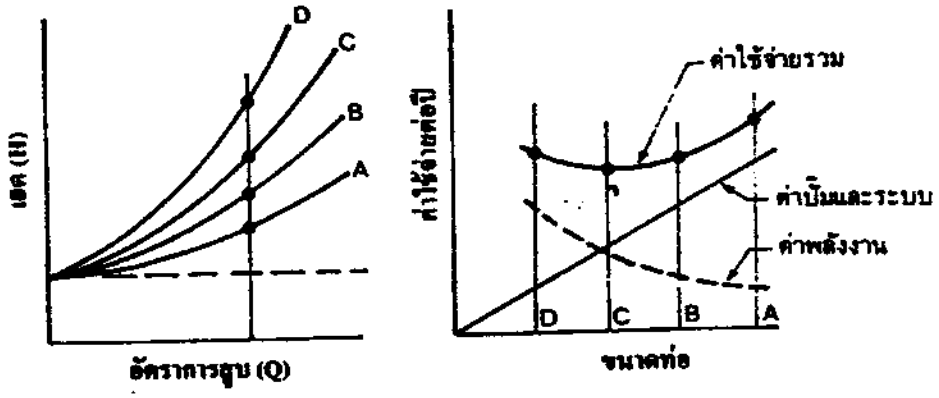
ตารางที่ 4 Maximum allowance capacity are set to avoid erosion, Vibration and unstable operation For Hydrocabon liquid in Carbon steel pipe

หมายเหตุ 1. เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ ค่าความเร็วสูงสุดภายในท่อ Suction ที่นิยมใช้ไม่ควรเกิน 1.5 m/s

2. เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ ค่าความเร็วสูงสุดภายในท่อ Discharge ที่นิยมใช้ไม่ควรเกิน 3 m/s

เมื่อนำค่าใช้จ่ายต่อปีของทั้งสองอย่างนี้มาเขียนลงในกระดาษกราฟโดยให้แกนตั้งแทนค่าใช้จ่ายและแกนราบแทนขนาดของท่อ ก็จะได้ความสัมพันธ์ของค่าท่อและค่าพลังงานต่อขนาดของท่อซึ่งจะมีอัตราเพิ่มสวนทางกัน และเมื่อนำความสัมพันธ์ทั้งสองมารวมกันโดยรวมค่าใช้จ่ายที่ขนาดท่อเดียวกันเข้าด้วยกันก็จะได้กราฟเป็นเส้นโค้งรูปกระทะหงาย ดังรูปที่ 3 กราฟดังกล่าวนี้แสดงราคารวมซึ่งจะชี้ให้เห็นว่าควรใช้ท่อขนาดใดจึงจะให้ราคาต่ำสุด ในกรณีเส้นกราฟแบนราบมากก็แสดงว่าราคารวมไม่แตกต่างกันมากสำหรับ

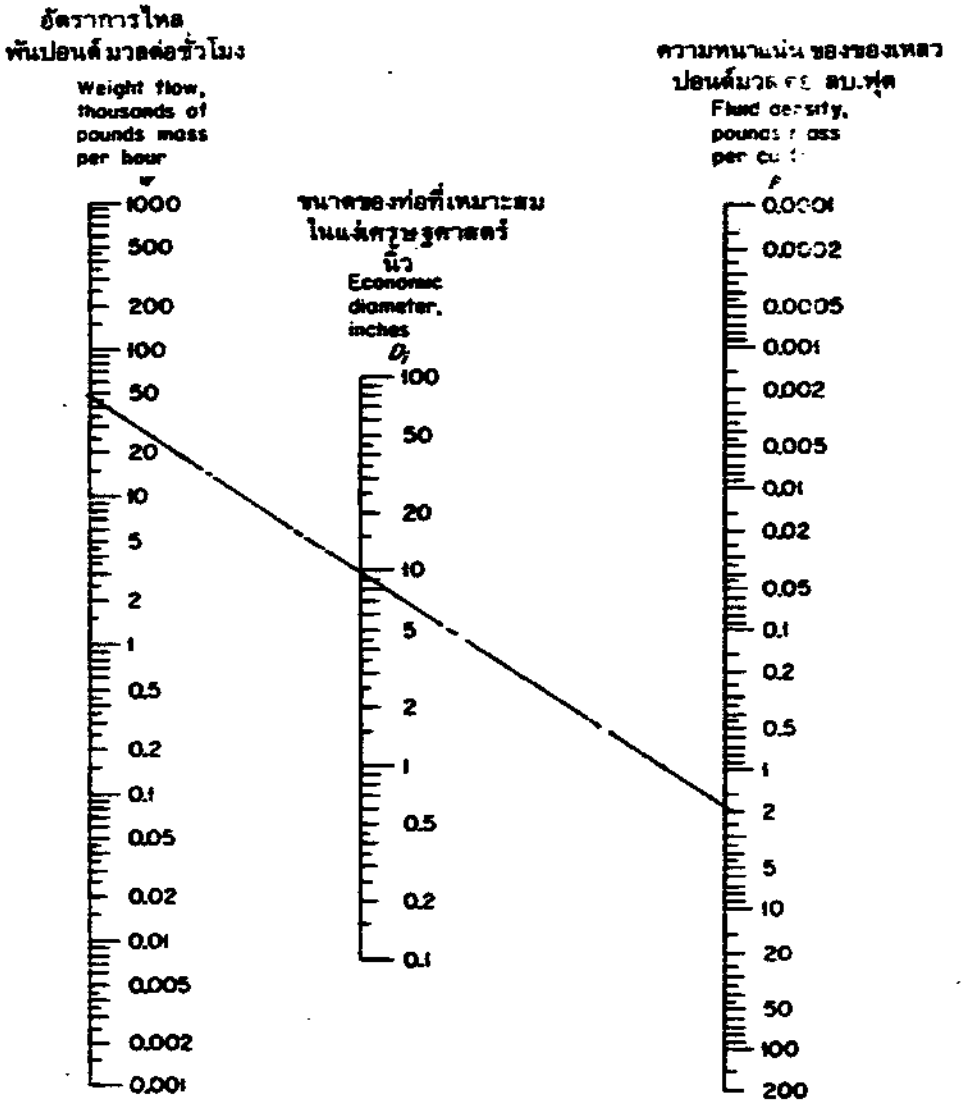
ท่อ 3-4 ขนาดที่เลือกไว้ ในกรณีนี้อาจจำเป็นต้องพิจารณาถึงโครงการขยายงานหรือการเปลี่ยนแปลงอัตราการสูบในอนาคตด้วย



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบราคารวมของท่อและอุปกรณ์
และค่าพลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำเพื่อหาขนาดท่อที่เหมาะสม

ในกรณีที่จุดที่ให้ราคาต่ำสุดนั้นมิใช่ท่อขนาดมาตรฐานก็อาจจำเป็นต้องเลือกใช้ขนาดมาตรฐานขนาดใดขนาดหนึ่ง

เมื่อทราบอัตราการสูบและความหนาแน่นของของเหลว และเมื่อการไหลนั้นเป็นแบบ Turbulent ขนาดของท่อที่เหมาะสมในแง่เศรษฐศาสตร์ (Economic Pipe Diameter) อาจเลือกได้อย่างคร่าวๆจากชาร์ทในรูปที่ 4 ชาร์ทดังกล่าวนี้มีเส้นแบ่งส่วน 3 เส้นด้วยกัน คือ เส้นทางด้านซ้ายมือสุดเป็นอัตราการไหลมีหน่วยเป็นพันปอนด์มวล (Mass) ต่อชั่วโมง เส้นด้านขวามือสุดเป็นความหนาแน่นของของเหลวมีหน่วยปอนด์มวล (Mass) ต่อ ลบ.ฟุต เมื่อลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดสองจุดบนเส้นทั้งสองก็จะตัดผ่านเส้นบอกขนาดของท่อซึ่งอยู่ตรงกลาง เช่น สมมุติว่าสูบของไหลด้วยอัตรา 3,000 แกลลอนต่อนาที (6.68 ลบ.ฟุตต่อนาที) อัตราการไหลจะเท่ากับมวล 46.68 x 1,000 ปอนด์ต่อชั่วโมง ความหนาแน่นของของไหลเท่ากับ 1.94 ปอนด์มวล หรือ Slug ต่อ ลบ.ฟุต ลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุด 46.68 บนเส้นอัตราการไหลด้านซ้ายมือและ 1.94 บนเส้นความหนาแน่นของเหลวก็จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเท่ากับ 10 นิ้ว เป็นต้นดังรูปที่ 4

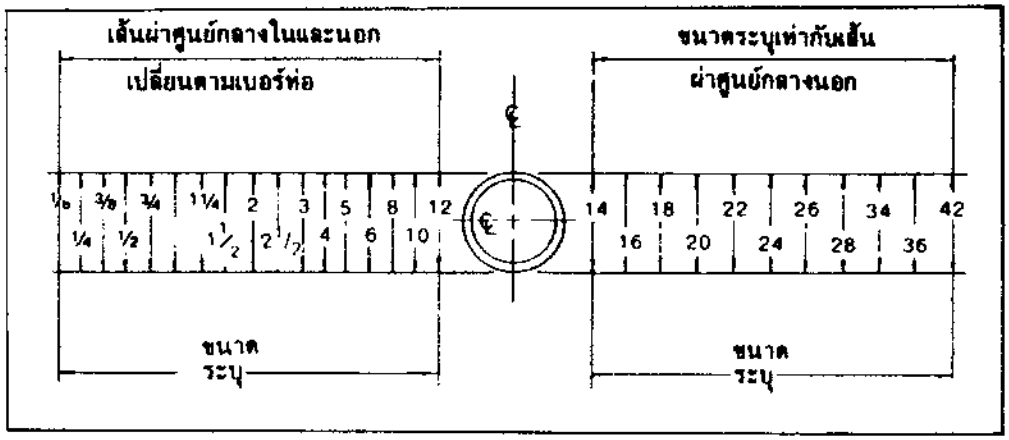


รูปที่ 4 ชาร์ทสำหรับหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่งที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Pipe Diameter)

อนึ่ง การเลือกขนาดท่อควรควบคู่ไปกับการเลือกเครื่องสูบด้วย โดยเฉพาะที่ด้าน Suction ของเครื่องสูบค่า NPSHa (เกิดจากการเลือกขนาดท่อที่อัตราการไหลต่างๆ) ต้องไม่น้อยกว่าค่า NPSHr (เป็นค่าที่กำหนดจากผู้ผลิตเครื่องสูบ เป็นคุณสมบัติของเครื่องสูบแต่ละเครื่อง) ของเครื่องสูบโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการเกิด Cavitation ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อเครื่องสูบได้

2.5 ความหนาท่อ

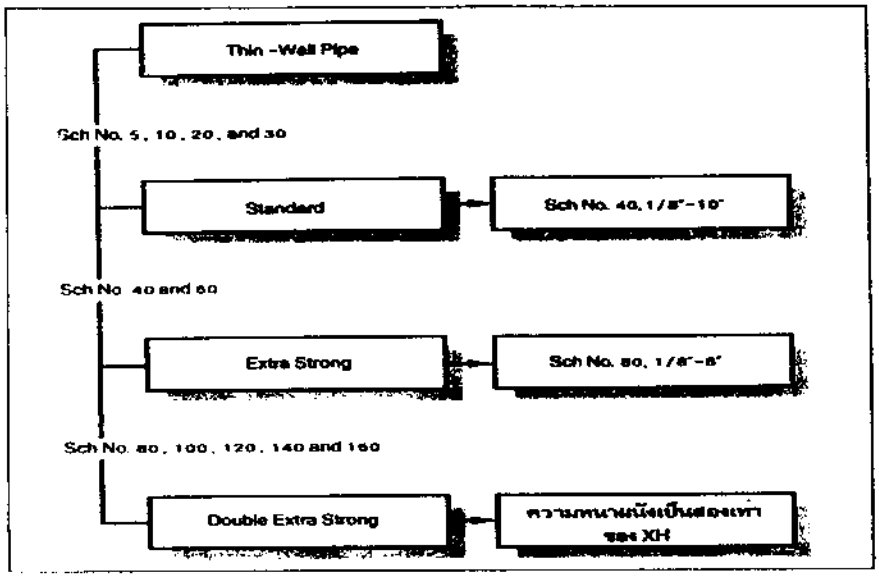
ความหนาผนังท่อจะเปลี่ยนไปตามเบอร์ท่อ (Schedule Number) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกท่อจะโตกว่าขนาดจริง และปรับเส้นผ่านศูนย์กลางในตามเบอร์ท่อ ท่อขนาด $\frac{1}{8}$ – 12 นิ้ว การวัดจะวัดที่เส้นผ่านศูนย์กลางใน แต่เมื่อปรับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในตามชั้น หรือเบอร์แล้ว ขนาดจริงที่วัดได้จึงไม่ตรงกับที่ระบุไว้ ดังนั้นขนาดจริงของท่อจะเป็นเพียง ค่าบอกขนาดระบุหรือชื่อที่เรียกท่อเท่านั้น (Name Size, Nominal Size or Nominal Diameter) ส่วนท่อ 14 นิ้วขึ้นไปจะวัดขนาดที่เส้นผ่านศูนย์กลางนอกท่อ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดระบุท่อ(nominal size)กับเส้นผ่านศูนย์กลางใน, นอก และ Schedule Number

คุณลักษณะเฉพาะของท่อกำหนดขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (Nominal Diameter) และเลขระดับความหนา (Schedule Number) ยกตัวอย่าง " ขนาดระบุ 2 นิ้วระดับความหนา 40 " (2 inch – nominal schedule 40)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในหรือภายนอกท่อ เส้นผ่านศูนย์กลางระบุแต่ละค่า จะกำหนดขึ้นเฉพาะกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเพียงค่าเดียวเท่านั้น เช่น ขนาดระบุ 2 นิ้ว ใช้เฉพาะกับท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 2.375 นิ้ว เพียงขนาดเดียวเท่านั้น ส่วนระดับความหนาของท่อที่กำหนดขึ้นตามความหนาของผนังท่อโดยค่าเลขระดับความหนาที่มากกว่าแสดงว่าผนังท่อมีความหนามากกว่าในท่อที่มีขนาดที่ท่อระบุขนาดเดียวกัน



รูปที่ 6 แผนภูมิการจัดเกรดและเบอร์ท่อตามมาตรฐานอเมริกัน

จากรูปที่ 6 เป็นการแสดงถึง Sch No. แต่ละขนาดว่าจัดอยู่ในเกรดไหน เช่น Sch No. 5, 10 20, 30 จะอยู่ระหว่างท่อบางกับท่อมาตรฐาน Sch No.40 เป็นท่อขนาดมาตรฐาน มีขนาดตั้งแต่ 1/8 นิ้วถึง 10 นิ้ว และ Sch No.40 และ 60 จัดอยู่ระหว่างท่อขนาดมาตรฐา กับท่อหนาพิเศษ Sch No.80 จัดเป็นท่อหนาพิเศษมีขนาดตั้งแต่ 1/8 นิ้วถึง 8 นิ้ว ส่วนSch No.80, 100, 120, 140 และ 160 จัดเป็นท่อที่อยู่ระหว่างท่อหนาพิเศษกับท่อหนาพิเศษ 2 ชั้น

2.5.1 การคำนวณหาความหนาท่อ

การออกแบบความหนาท่อนั้น จะต้องทราบค่าต่างๆดังต่อไปนี้

1. ค่าความดันขณะปฏิบัติการ
2. ค่าความเครียดอนุญาตสูงสุด
3. ค่าความเผื่อเป็นค่าที่มีไว้สำหรับการทำเกลียว การตกร่อง การตอกเครื่องหมายกำลังทางกลการกัดกร่อน การกัดเซาะและการสึกหรอ เผื่อเกิดการกัดกร่อนในท่อ ซึ่งจะทำให้ท่อนั้นยังทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยปกติแล้วท่อที่ไม่มีตะเข็บจะมีค่าความกัดกร่อนอนุญาต (A) เท่ากับ 1

<u>สูตรคำนวณหาความหนาท่อ</u>

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

เมื่อ t_m = ความหนาต่ำสุดของท่อ (นิ้ว)

P = ความดันออกแบบ (psig)

D_o = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ (นิ้ว)

S = ค่าความเค้นสูงของวัสดุท่อที่อนุญาตให้ (psi)

(ภาคผนวก ฉ)

E = ตัวประกอบคุณภาพ (ภาคผนวก ข)

A = ความเผื่อ (ตารางที่ 6)

Y = ค่าสัมประสิทธิ์เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ (ตารางที่ 5)

<u>ตัวอย่าง</u>

ท่อขนาด 16 นิ้ว ทำจากเหล็กเหนียวอ่อน เชื่อมตะเข็บแบบต่อชน ต้องการให้รับความดัน 600 psi ที่ 450 องศาฟาเรนไฮต์ จงหาความหนาท่อและ Schedule Number

<u>สูตร</u> $$t_m = \frac{P \times D_o}{2(SE + PY)} + A$$

จากภาคผนวก ช ที่ 450°F ได้ค่า S = 6000

แต่ E = 0.85 (เชื่อมต่อชนด้วยไฟฟ้า)

Y = 1 ท่อเหล็ก

A = 0.065

แทนค่า t_m

$$= \frac{600 \times 16}{[2(6000 \times 0.85) + (600 \times 1)]} + 0.065$$

$$= 0.907 \text{ นิ้ว}$$

จากภาคผนวก ง Schedule Number ขนาดท่อ 16 นิ้วได้ 1.031 ใกล้เคียง 0.907 นิ้ว เลือกท่อ Schedule Number 100

	อุณหภูมิ °F(°C)					
	900(482) และต่ำกว่า	950 (510)	1000 (538)	1050 (566)	1100 (593)	115(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 5 ค่าสัมประสิทธิ์ y (ASME B31.1)

ชนิดรอยต่อ	ค่า A, นิ้ว
- ท่อเหล็กหล่อ, หล่อเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	0.14
- เหล็กหล่อ, หล่อพิต (pit)	0.18
เกลียวท่อเหล็กกล้า, ท่อเหล็กเหนียวอ่อนหรือท่ออโลหะ	
3/8 นิ้ว และเล็กกว่า	0.05
1/2 นิ้ว และใหญ่กว่า	เท่ากับความลึกของเกลียว
- ตกร่องท่อเหล็กกล้า, ท่อเหล็กเหนียวอ่อนหรือท่ออโลหะ	เท่ากับความลึกตกร่อง
ท่อเหล็กกล้าไม่ทำเกลียว, ท่อเหล็กเหนียวอ่อนหรือท่ออ่อน	
1 นิ้ว และเล็กกว่า	0.05
1 1/4 นิ้ว และใหญ่กว่า	0.065
- ท่ออโลหะไม่ทำเกลียวหรือท่ออ่อน	0.000

ตารางที่ 6 ค่าความเผื่อ A

2.5.2 การคำนวณหา Schdule number

เกรดท่อเหล็กกล้าสามเกรด คือ Standard, Extra Strong, Double Extra Strong นั้น เนื่องจากความหนาของเกรดทั้งสามแตกต่างกันมาก จึงมีการกำหนดและผลิตชั้นความหนาท่อออกมาแทรกระหว่างกลางความหนาของแต่ละเกรด เพื่อให้ท่อมีความหนาผนังหลายขนาด และเลือกใช้งานอย่างเหมาะสมและมีท่อผนังบางขึ้นมา ชั้นความหนานี้ กำหนดเรียกเป็นนัมเบอร์ว่า Schdule Number แต่ละเบอร์จะมีความหนาบางแตกต่างกัน ยิ่งตัวเลขกำกับนัมเบอร์สูงความหนาก็ยิ่งมาก Schdule Number สามารถประมาณได้จากอัตราส่วนระหว่าง 1,000 เท่า ของความดันต่อความเค้นเขียนเป็นสูตรดังนี้

$$\text{Schdule number} = \frac{1{,}000P}{SE}$$

เมื่อ P = ความกดดันภายในท่อ, psi

S = ความเค้นอนุญาตให้, psi (ภาคผนวก ข)

E = ตัวประกอบคุณภาพ (ภาคผนวก ฉ)

หมายเหตุ ค่าความเค้นที่อนุญาตให้ของวัสดุท่อต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิสูงสุดที่จะนำระบบท่อไปใช้ ทำให้ผนังท่อที่คำนวณได้หนาขึ้นกว่าผนังท่อที่สภาพอุณหภูมิต่ำ

ตัวอย่าง

ให้หา Schdule number ของท่อไร้ตะเข็บ $\frac{3}{4}$ นิ้ว เป็นท่อเหล็กกล้าคาร์บอน A 106 ท่ออยู่ได้ความดัน 950 psi ที่ 600°F

สูตร $$\text{Schdule number} = \frac{1{,}000P}{SE}$$

จากตารางที่ 11 จะได้ค่า S = 12,000 ท่อ A 106 ที่ 600°F

จากตารางที่ 10 ท่อไร้ตะเข็บ E = 1.00

แทนค่า $$\text{Schdule} = \frac{1{,}000 \times 950}{12{,}000 \times 1.00}$$

$$= 79$$

จากภาคผนวก ง ท่อ Sch. 79 ไม่มี จึงเลือกใช้ท่อ Schdule number 80 แทน

2.6 หน้าแปลนและข้อต่อชนิดต่างๆ (Flange and Fittings) ที่ใช้ในการติดตั้ง

การประกอบหรือต่อท่อมีความจำเป็นสำหรับระบบท่อทุกระบบ เป็นขั้นตอนที่ทำให้ระบบท่อได้รับการออกแบบและวางผังไว้ไปสู่ขั้นตอนปฏิบัติในการใช้งานจริง จึงถือเป็นส่วนของระบบท่อทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในกระบวนการผลิต โดยการต่อท่อแบบหน้าแปลนจะใช้กับระบบท่อที่มีขนาดใหญ่ โดยทั่วไปตั้งแต่ขนาดท่อระบุ 50 mm หรือ 2 นิ้ว และกับระบบท่อที่อยู่ในสภาวะความดัน/อุณหภูมิสูง

2.6.1 หน้าแปลน (Flange)

เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในระบบท่อและวาล์ว เพื่อให้การถอดเปลี่ยนหรือซ่อมแซมเป็นไปได้โดยง่าย การต่อหน้าแปลนจะใช้สลักเกลียวขันยึดแน่น ซึ่งง่ายกว่าการต่อด้วยเกลียวหรือเชื่อมซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายในการต่อประกอบท่อ หน้าแปลนทำจากเหล็กกล้าหล่อ หรือตีขึ้นรูป หน้าแปลนที่จะนำมาต่อประกอบเข้าด้วยกันต้องกั้นการรั่วระหว่างหน้ารอยต่อด้วยปะเก็น ค่า Dimension ต่างๆของหน้าแปลนนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน ASME/ANSI B16.5 (Pipe Flanges and Flanged Fittings)

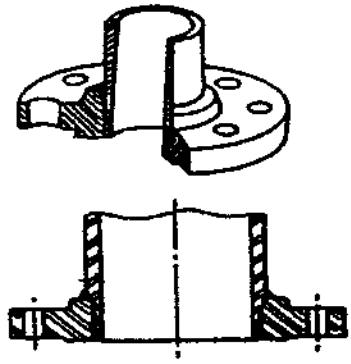
วัสดุของหน้าแปลนที่ใช้ในถังปิโตรเลียม

วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนจะต้องสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ทำท่อ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมประกอบเข้ากับท่อได้และไม่เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดการสึกหรอได้อย่างรวดเร็ว

1. Carbon steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 105
2. Stainless steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 182 Grade F304, F304 (L), F316 (L), F321

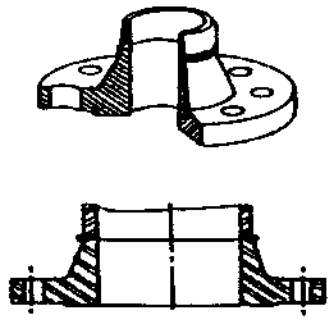
ชนิดของหน้าแปลน แบ่งออกเป็น 7 ชนิด ดังนี้

(1.) หน้าแปลนเกลียว (Screwed flange) เป็นหน้าแปลนที่มีเกลียวในเพื่อขันแน่นประกอบกับท่อเหมาะกับงานที่มีอุณหภูมิและความกดดันต่ำ หรืองานที่เชื่อมกันรั่วระหว่างรอยต่อท่อกับหน้าแปลนไม่ได้เพราะอาจเกิดการระเบิด เป็นหน้าแปลนที่ใช้กับท่อขนาดเล็กตั้งแต่ $1\frac{1}{2}$ นิ้วลงไป บางครั้งจะมีการเชื่อมต่อฉากระหว่างหน้าแปลนกับท่อเพื่อให้กันการรั่วไหลได้เต็มที่ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 หน้าแปลนเกลียว

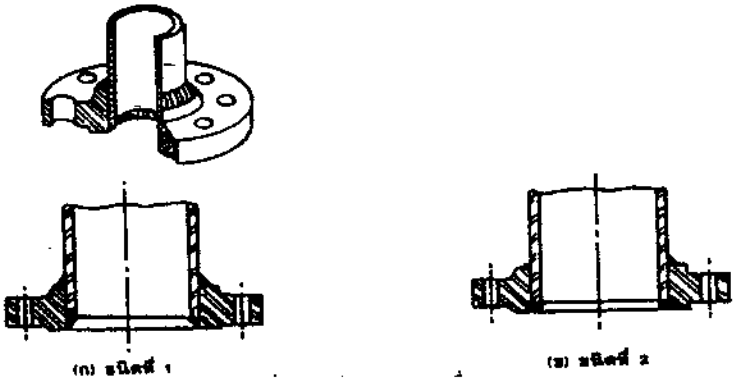
(2.) หน้าแปลนปลายต่อเชื่อม (Welding neck flange) ปลายต่อหน้าแปลนจะกลึงบากมุมและคว้านรูให้มีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางในของท่อ ตรงคอหน้าแปลนจะหนาเป็นเนื้อเดียวกันตลอดกับส่วนหน้าแปลน ทำให้สามารถต้านความเครียดที่เกิดขึ้นจากการต่อท่อได้ดี ขณะเดียวกันก็ต้านการกัดกร่อนและสึกกร่อนได้ดีกว่าหน้าแปลนแบบอื่นๆ เหมาะกับงานถังอัดความดัน หรือ Nozzleของถัง ถ้าเป็นแบบปลายต่อยาวจะรับความกดดันได้ถึง 2,500 ปอนด์ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 หน้าแปลนปลายต่อเชื่อม

(3.) หน้าแปลนสวมเชื่อม (Slip-on welding flange) หน้าแปลนจะถูกคว้านรูในมาให้เท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกท่อพอดีเพื่อสวมเชื่อม ซึ่งจะเชื่อมทั้งด้านนอกและด้านใน ที่ความกดดันและพิกัดอุณหภูมิต่ำ แบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

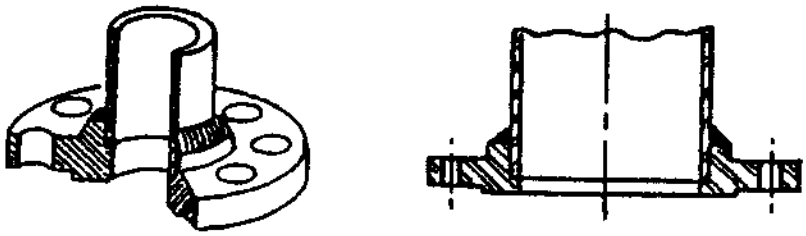
1. ชนิดที่ 1 เป็นหน้าแปลนมาตรฐานที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กเหนียวอ่อน มีมาตรฐาน 150 และ 300 ปอนด์ การต่อจะสอดท่อเข้ามาในหน้าแปลนแต่ไม่เสมอกับผิวหน้าแปลนเชื่อมทั้งด้านในและด้านนอกแล้วไม่ต้องแต่งผิวหน้าแปลนอีก
2. ชนิดที่ 2 ทำจากวัสดุชนิดเดียวกันกับชนิดที่ 1 แต่เป็นเกรดทนความกดดันได้สูง 400 ปอนด์ หรือมากกว่านี้ ท่อที่สอดประกอบเข้ามาจะเสมอกับหน้าแปลนเชื่อมทั้งด้านหน้าและด้านหลัง แล้วแต่งผิวหน้าส่วนที่เชื่อมนั้นใหม่ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 หน้าแปลนลวดเชื่อม

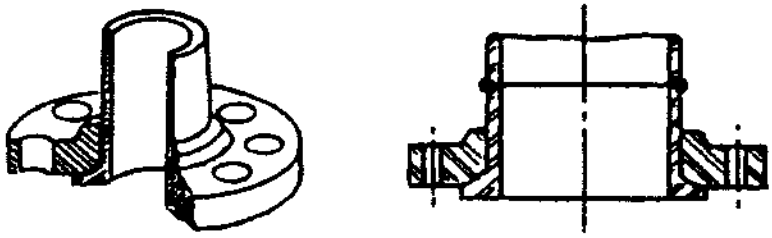
(4.) หน้าแปลนมีบ่าสวมเชื่อม (Socket-weld flange) หน้าแปลนจะถูกคว้านรู แต่ไม่ทะลุตลอด จะมีบ่าไว้ยันปลายท่อพอดีขณะสอดเข้าไป แล้วเชื่อมด้านนอก ใช้กับท่อขนาดเล็ก และความดันต่ำ ราคาจะแพงกว่าแบบสวมเชื่อมราว 10

เปอร์เซ็นต์ หน้าแปลนชนิดนี้อาจเป็นแบบเกลียวในเพื่อขันประกอบกับท่อแล้วเชื่อมกันรั่ว ดังรูปที่ 10



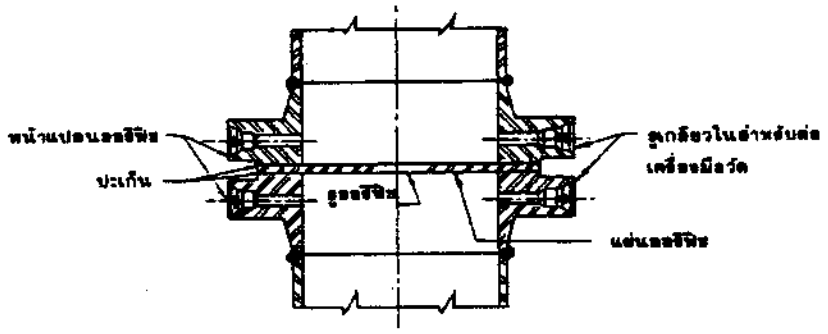
รูปที่ 10 หน้าแปลนมีบ่าสวมเชื่อม

(5.) หน้าแปลนเกย (Lap flange) หน้าแปลนชนิดนี้ประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นหน้าแปลนท่อสอดเกย และส่วนที่หน้าแปลนโดยสองส่วนนี้จะไม่เชื่อมติดกัน การต่อด้วยหน้าแปลนชนิดนี้ทำได้รวดเร็วเพราะปรับแนวศูนย์ของรูสอดสลักเกลียวบนหน้าแปลนทั้งสองได้ง่าย ความกดดันสลักเกลียวและปะเก็นก็พอสำหรับรอยต่อชนิดนี้ ดังรูปที่ 11



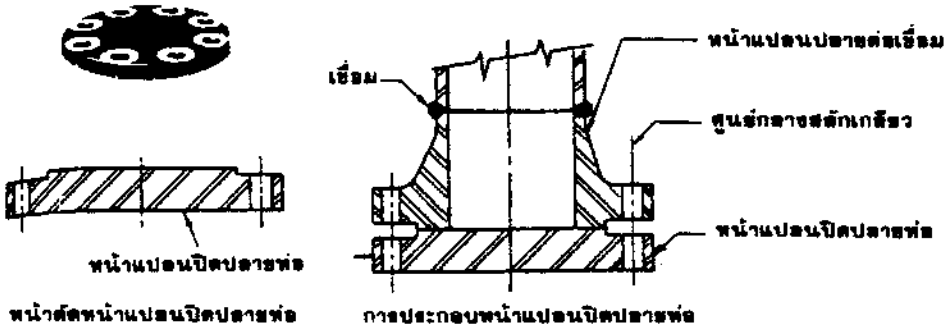
รูปที่ 11 หน้าแปลนเกย

(6.) หน้าแปลนออริฟิซ (Orific flange) หน้าแปลนชนิดนี้จะเรียกตามแผ่นออริฟิซที่ถูกยึดระหว่างหน้าแปลนทั้งสอง หน้าแปลนออริฟิซวัดหรือบังคับการไหลของของไหลในระบบท่อ โดยจะมีรูเจาะสองรูตรงข้ามกันซึ่งจะเป็นรูเจาะธรรมดาหรือรูเจาะทำเกลียวก็ได้ หน้าแปลนชนิดนี้จะมีทั้งชนิดปลายต่อเชื่อม สวมเชื่อมและเกลียวดังรปที่ 12 หน้าแปลนแบบนี้ต้องใส่หมุดเกลียวไว้เพื่อขันดันแยกหน้าแปลนออกจากแผ่นออริฟิซ โดยที่ตำแหน่งมุม 90° จากรูใส่เครื่องมือวัด



รูปที่ 12 หน้าแปลนออริฟิซ

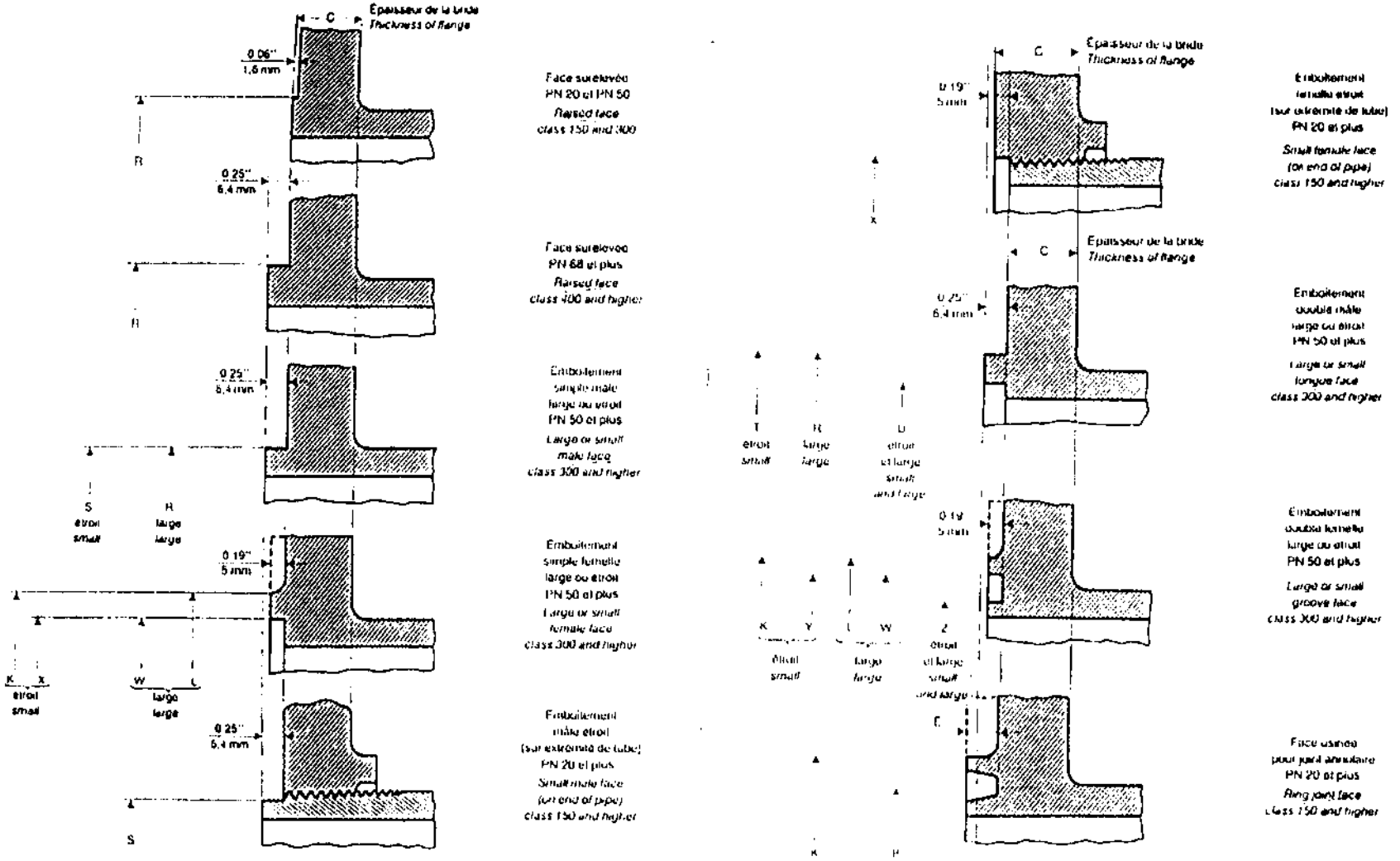
(7.) หน้าแปลนปิดปลายท่อ (Blind flange) ใช้ปิดปลายระบบท่อ จุดสิ้นสุดระบบหรือจุดที่เผื่อไว้สำหรับการต่อท่อในอนาคต มีหลายขนาดและความกดดันให้เลือกใช้ ดังรูปที่ท 13



รูปที่ 13 หน้าแปลนปิดปลายท่อ

รูปแบบการประกบหน้าแปลนแต่ละลักษณะ

การประกบกันของหน้าแปลน (Flange facing) มีการออกแบบรูปแบบของการประกบในหลายลักษณะ แต่ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมี 4 รูปแบบคือ แบบหน้ายก (Raised face), แบบหน้าราบ (flate face), แบบประกบข้อต่อแหวน (Ring joint facing) และแบบข้อต่อเกย (Lap joint) และยังมีอีก 2 รูปแบบที่ยังมีใช้กันอยู่บ้างคือแบบประกบลักษณะตัวผู้และตัวเมีย (Male and Female facing) และแบบประกบลักษณะลิ้นและร่อง (Tongue and Groove facing) ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 หน้าของหน้าแปลน (Flange facing)

ความกดดันประเมินของหน้าแปลนเหล็กกล้าตีขึ้นรูป

ความกดดันประเมินหรือพิกัดความดัน (Pressure ratings) (ตารางที่ 7) ของหน้าแปลนเหล็กกล้าตีขึ้นรูปมี 7 ระดับคือ Class 150 lb, 300 lb, 400lb, 600lb, 900lb, 1500lb และ 2500lb แต่ละพิกัดความกดดันจะมีมิติเฉพาะซึ่งจะต้องพิจารณาถึงสิ่งนี้ด้วย หากประกอบหน้าแปลนเข้ากับวาล์วหรืออุปกรณ์ชนิดอื่นๆ ต้องให้มิติตรงกัน ไม่เช่นนั้นจะประกอบเข้าด้วยกันไม่ได้ โดยปกติในคลังปิโตรเลียมจะใช้ความกดดันประเมินระดับ 150 lb, 300 lb และ600 lb

PRESSURE / TEMPERATURE RATINGS FOR CARBON STEEL FLANGES

Maximum Ratings for flanges conforming to ANSI Standard B16.5 dimensions and material specification ASTM A 105

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

ตารางที่ 7 แสดงการเลือกใช้งานของหน้าแปลนตามความดันและอุณหภูมิและระดับความดันใช้งาน

2.6.2 ข้อต่อและข้องอ (Fittings)

โดยทั่วไป เพื่อความสะดวกในการต่อท่อและควบคุมทิศทางการไหล จะใช้ข้อต่อสำเร็จในการช่วยประกอบเส้นท่อ

วัสดุของ fittings ที่ใช้ในคลังปิโตรเลียม

วัสดุที่ใช้ทำ Fitting จะต้องสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ทำท่อ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมประกอบกันได้และไม่เกิดการถ่ายประจุไฟฟ้าซึ่งจะทำให้เกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว โดยวัสดุที่ใช้ในคลังปิโตรเลียมมีดังนี้

Butt welding fitting

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

Forged fitting : threaded or socket welding

1. Carbon steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 105
2. Stainless steel ใช้ตามมาตรฐาน ASTM A 182 Grade

ข้อต่อสำหรับการต่อท่อ แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ๆดังนี้

(1.) แบบเชื่อม (Buttwelding fitting)

ใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไป ซึ่งFitting ชนิดนี้จะให้ความแข็งแรงสูงสุด ไม่จำเป็นไม่ควรใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้วลงไปเนื่องจากรอยเชื่อมชนที่ซึมลึกเข้าไปในรูท่ออาจอุดตันหรือทำให้รูท่อ (Inside Diameter) เล็กลงอีกได้ ส่งผลต่อการไหลในท่อ ค่า Dimension เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI B16.9 (Wrought Steel Buttwelding Fittings) โดยความหนาของ fitting จะกำหนดเป็น Schdule ตามความหนาท่อ

(2.) แบบขันเกลียว (Threaded fitting)

ใช้กับท่อที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 1 1/2 นิ้วลงไป การขันเกลียวมีข้อดีที่สามารถถอดประกอบได้ง่ายกว่าการเชื่อม แต่มีโอกาสที่เกิดการรั่วซึมได้ในภายหลัง มีค่า Dimension เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI B16.11 (Forged Steel Fittings, Socket-Welding and Threaded) โดยความหนาของ Fitting จะกำหนดเป็น Rating เช่น Class 3000 lb = SCH. 160, 6000 lb = SCH. XXS สำหรับมาตรฐานของเกลียวที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็น NPT (Standard Taper Pipe Thread)

(3) แบบสวมปลอก (Socket welding fitting)

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

2.7 ระยะห่างระหว่างจุดรองรับท่อ (Span)

หลังจากที่ได้ออกแบบการวางท่อเหนือพื้นดินแล้ว วิศวกรต้องออกแบบคำนวณหาระยะห่างของจุดรองรับเพื่อไม่ให้ท่อเกิดการตกท้องช้างโดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาระยะห่างของจุดรองรับคือ

$$L = \left(\frac{SI}{wc}\right)^{0.5}$$

เมื่อ L = ระยะห่างจุดรองรับท่อ (ฟุต)
c = รัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ (นิ้ว)
I = ค่า moment of inertia ของท่อ (นิ้ว)
S = ค่า maximum allowable fiber stress of material (ปอนด์ต่อนิ้ว^2)
w = ภาระท่อ (น้ำหนักท่อ,ของไหล,แรงลม) ต่อหนึ่งหน่วยความยาว (ปอนด์ต่อฟุต)

จากสูตรข้างบนนี้ ใช้สำหรับท่อที่มีขนาดมากกว่า 2 นิ้วขึ้นไป

<u>ตัวอย่าง</u>

จงหาระยะห่างอนุญาตของท่อเหล็กยาวขนาด 8 นิ้ว มีภาระ 36 ปอนด์ต่อฟุต ค่า maximum allowable fiber stress 20,000 ปอนด์ต่อนิ้ว^2

<u>สูตร</u>

$$L = \left(\frac{SI}{wc}\right)^{0.5}$$

จากตารางขนาดท่อค่ารัศมีของท่อขนาด 8 นิ้วคือ 3.3175 นิ้ว

U
TP
640
W259u
2547

สำนักหอสมุด
24 ก.ย. 2547
4740546

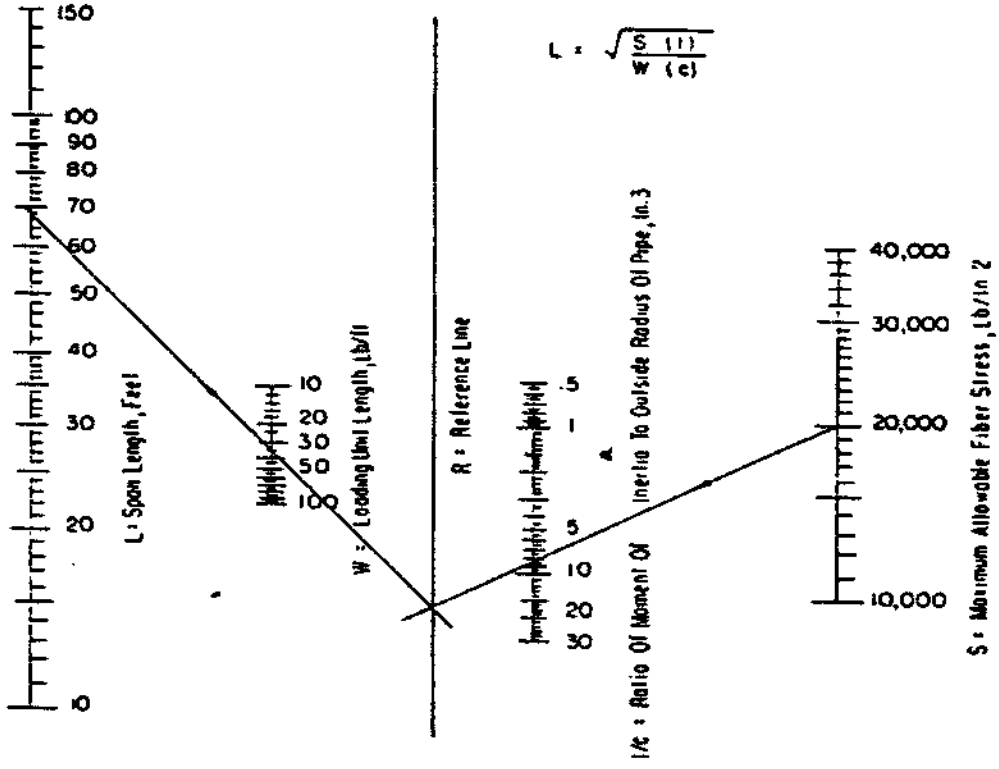
ค่า I = 28.14 นิ้ว^2

แทนค่า

$$L = \left(\frac{20{,}000 \times 28.14}{36 \times 3.3175} \right)^{0.5}$$

$$= 68 \text{ นิ้ว}$$

เราสามารถหาค่าระยะห่างจากรูปที่ 15 ได้ เช่น จากโจทย์ข้างต้นเริ่มจากจุด maximum allowable fiber stress เท่ากับ 20,000 ลากผ่านเส้นที่ ที่ขนาด 8 นิ้วมาตัดกับเส้นอ้างอิงจากนั้น ใช้จุดตัดที่เส้นอ้างอิงลากผ่านเส้น ภาระ ไปตัดกับเส้นระยะห่างที่อยู่ทางด้านซ้ายมือสุดที่จุด ระยะห่างเท่ากับ 68 ฟุต



รูปที่ 15 ชาร์ทหาระยะห่างระหว่างจุดรองรับท่อ

Pipe Size Inches	Span mm	Pipe Size Inches	Span mm
1/2 & 3/4	2000	4	6000
1	2500	6	7000
1 1/2"	3500	8	8500
2	4000	10	9000
3	5500	12 & above	10000

ตารางที่ 8 ระยะ Span ของท่อขนาดต่างๆ

จากตารางที่ 8 เป็นตารางที่บอกความสัมพันธ์ของขนาดระยะห่างของท่อขนาดต่างๆ ที่วิศวกรนิยมใช้ในการออกแบบระบบท่อทางภายในคลังปิโตรเลียม

2.8 สรุป

ในบทนี้เป็นการนำเสนอให้ทราบถึงขั้นตอนเบื้องต้นในการออกแบบระบบท่อทางภายในคลังปิโตรเลียม การเลือกวัสดุท่อ การหาความหนาท่อ การหาขนาดของท่อ การหาความเร็วในเส้นท่อ การหาระยะห่างระหว่างจุดรองรับเส้นท่อและอุปกรณ์ในเส้นท่อ เช่น หน้าแปลนและฟิตติ้ง ซึ่งในการออกแบบจริงๆแล้วมีปัจจัยหลายอย่างตัวอย่างเช่น วาล์ว การคำนวณเรื่อง Hydraulic cal. Water hammer และ Stress analysis ลักษณะจุดรองรับท่อแบบต่างๆ อุปกรณ์เครื่องมือวัด การคำนวณหาขนาดท่อจากราคาค่าอุปกรณ์และค่าการติดตั้งทั้งหมด เป็นต้น ซึ่งในโครงงานเล่มนี้ไม่ได้กล่าวถึงเนื่องด้วยมีระยะเวลาในการทำที่จำกัด อย่างไรก็ตามหากผู้อ่านท่านใดสนใจในรายละเอียด สามารถหาอ่านเพิ่มเติมได้จากหนังสือทางด้านกลศาสตร์ของไหลทั่วๆไป หรือเอกสารอ้างอิงในบรรณานุกรม ซึ่งการออกแบบนั้นจะต้องทำการออกแบบหาจุดที่คุ้มทุนที่สุดแต่จะต้องปลอดภัยได้ตามมาตรสากลที่กำหนดไว้ด้วย