

## สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
ลำดับสัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการงาน	1
1.3 ขอบข่ายของ โครงการงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของ โครงการงาน	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะ ได้รับ	2
บทที่ 2 การออกแบบระบบท่อทางในคลังปิโตรเลียม	
ขั้นตอนการออกแบบระบบท่อทาง	3
ข้อมูลและรายละเอียดเบื้องต้นของการออกแบบ	4
ระบบท่อทางภายในคลังปิโตรเลียม	
2.1 อัตราการไหลในท่อ	4
2.2 วัสดุที่ใช้ทำท่อ	5
ท่อ Carbon Steel : ASTM A53	6
ท่อ Carbon Steel : ASTM A106	6
ท่อ Carbon Steel : API 5L	6
ท่อ Stainless Steel : ASTM A312	7

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 ท่อไร้ตะเข็บและท่อมีตะเข็บ	7
2.4 การเลือกขนาดท่อ	8
2.5 ความหนาท่อ	12
2.5.1 การคำนวณหาความหนาท่อ	13
2.5.2 การคำนวณหา Schedule number	15
2.6 หน้าแปลนและข้อต่อชนิดต่างๆที่ใช้ในการติดตั้ง	16
2.6.1 หน้าแปลน (Flange)	16
2.6.2 ข้อต่อและข้องอ (Fittings)	23
2.7 ระยะห่างระหว่างจุดรองรับท่อ (Span)	24
2.8 รูป	26
<b>บทที่ 3 การติดตั้งระบบท่อทางในคลังปิโตรเลียม</b>	<b>27</b>
3.1 การเดินท่อให้ตรงแนว	27
3.2 การติดตั้งท่อด้านจุด	27
3.2.1 ลักษณะการติดตั้งที่ควรใช้และไม่ควรใช้	28
3.2.2 ขนาดของท่อจุดที่ควรใช้และไม่ควรใช้	28
3.2.3 การติดตั้งที่ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุด	29
3.2.4 การให้ระดับของท่อจุด	29
3.2.5 ตำแหน่งที่อาจจะรั่วในท่อ	30
3.2.6 อุปกรณ์ท่อจุดในกรณีที่มีของเหลวอยู่สูงกว่าศูนย์ กลางของปั๊ม (Suction Pump)	30
3.2.7 อุปกรณ์ที่ควรติดตั้ง	31
3.2.8 การเตรียมรูสำหรับติดตั้งแกวัดความดัน	32
3.2.9 การติดตั้งแกวัดอุณหภูมิทางท่อจุด	32
3.2.10 การติดตั้งเช็ควาล์ว	33
3.2.11 การติดตั้งท่ออ่อน	34

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การติดตั้งท่อด้านส่ง	34
3.4 การเดินท่อฝังดิน	37
3.4.1 การวางท่อ	37
3.4.2 การป้องกันระบบท่อ	40
3.4.3 การป้องกันการสุกร่อน	40
3.4.4 การฝังกลบท่อ	40
3.5 สิ่งที่ต้องคำนึงในการเดินท่อ	42
3.5.1 ทั่วไป	42
3.5.2 ความสูงขั้นต่ำของแนวท่อที่เดินแนวเหนือศีรษะ	42
3.5.3 Rack piping	43
3.5.4 เทคนิคการติดตั้ง Flange	43
3.5.5 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการประกอบท่อ	43
3.5.6 ท่อที่ควรเดินใต้พื้นดิน	44
3.5.7 ระยะลึกต่ำสุดของการเดินท่อใต้ดิน	44
3.5.8 ท่อผ่านผนัง	44
3.5.9 ท่อที่อยู่ในคอนกรีตใต้ดิน	45
<b>บทที่ 4 การเชื่อมประกอบท่อ</b>	<b>46</b>
4.1 การเชื่อมและกระบวนการเชื่อมที่สำคัญ	46
4.1.1 กรรมวิธีการเชื่อมแบบ โชนิตเสดต (SSW)	46
4.1.2 กรรมวิธีการเชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion Welding, FW)	46
4.1.3 กรรมวิธีการบัดกรีอ่อนและบัดกรีแข็ง	47
4.1.4 การเชื่อมอัด (non fusion welding หรือ press welding)	48
4.1.5 การเชื่อมแก๊ส	49
4.1.6 การเชื่อมโลหะ โดยวิธีเชื่อมอาร์กแบบเปิด	49
4.1.7 การเชื่อมโลหะภายใต้ผงเคมี (submerge arc welding)	50

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.8 การเชื่อมภายใต้มันแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อมทั้งสแตน หรือ WIG (wolfram inert-gas welding) หรือ GTAW	50
4.1.9 การเชื่อมภายใต้มันแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อมโลหะหรือ MIG (metal inert gas-welding) หรือ GMAW	51
4.2 บุคลากรด้านงานการเชื่อม	52
4.2.1 มาตรฐานของประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน	52
4.2.2 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ	55
4.2.3 มาตรฐานของสมาคมการเชื่อมแห่งประเทศไทย	58
4.3 ทำที่ใช้ในการประกอบท่อ	59
4.3.1 การเชื่อมโลหะแผ่นรอยต่อชนบากงาน	59
4.4 สรุป	62
<b>บทที่ 5 การตรวจสอบแนวเชื่อม</b>	<b>63</b>
5.1 การตรวจสอบด้วยวิธีไม่ทำลาย	63
5.1.1 การสอบงานด้วยภาพถ่ายรังสี	63
5.1.2 การสอบงานด้วยคลื่นเสียงอัลตรา	67
5.1.3 การสอบงานด้วยสารแทรกซึม	68
5.1.4 การสอบงานด้วยอนุภาคแม่เหล็ก	69
5.2 การทดสอบด้วยวิธีทำลายสภาพ	74
5.2.1 การทดสอบแรงดึง	74
5.2.2 การทดสอบการคืบงอ	76
5.2.3 กรรมวิธีการทดสอบแรงกระแทก	76
5.3 การทดสอบความดัน	78
5.3.1 การทดสอบโดยวิธี Hydrostatic testing	78
5.3.2 การทดสอบโดยวิธี Pneumatic testing	79

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 การทำความสะอาดเส้นท่อ	80
6.1 ลักษณะอุปกรณ์	80
6.2 การทำความสะอาดที่เหมาะสม	82
6.3 การประยุกต์ใช้งาน	84
บทที่ 7 สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ	85
7.1 สรุปผลโครงการ	85
7.2 ข้อเสนอแนะ	85
บรรณานุกรม	86
ภาคผนวก ก	87
ภาคผนวก ข	89
ภาคผนวก ค	92
ภาคผนวก ง	94
ภาคผนวก จ	97
ภาคผนวก ฉ	100
ภาคผนวก ช	104
ภาคผนวก ซ	106
ภาคผนวก ฌ	114
ภาคผนวก ฉ	118
ภาคผนวก ฎ	124
ภาคผนวก ฏ	131
ประวัติผู้ทำโครงการ	156

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงแผนการดำเนินงานที่ออกแบบ	2
ตารางที่ 2	แสดงระยะเวลาการดำเนินงานจริง	2
ตารางที่ 3	ลักษณะของท่อที่ใช้ในคลังปิโตรเลียม	5
ตารางที่ 4	Maximum allowance capacity are set to avoid erosion, Vibration and unstable operation For Hydrocarbon liquid in Carbon steel pipe	9
ตารางที่ 5	ค่าสัมประสิทธิ์ $y$ (ASME B31.1)	15
ตารางที่ 6	ตารางที่ 4 ค่าความเค้น $A$	15
ตารางที่ 7	แสดงการเลือกใช้งานของหน้าแปลนตามความดันและ อุณหภูมิและระดับความดันใช้งาน	22
ตารางที่ 8	ระยะ Span ของท่อขนาดต่างๆ	26
ตารางที่ 9	Minimum distance of buried pipework from building	39
ตารางที่ 10	การแบ่งระดับการสอบ (DIN 8560)	53
ตารางที่ 10 (ต่อ)	การแบ่งระดับการสอบ (DIN 8560)	54
ตารางที่ 11	การแบ่งกลุ่มย่อย	51
ตารางที่ 12	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและสารกัมมันตภาพรังสี	65
ตารางที่ 13	พิกัดความพร่าสุคของภาพ	66
ตารางที่ 14	ระดับคุณภาพของภาพถ่ายรังสี	66
ตารางที่ 15	ระดับคุณภาพของภาพถ่ายรังสีแบบพิเศษ	66
ตารางที่ 16	ลักษณะการตรวจสอบกรรมวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา Co-60 Ir-192	71
ตารางที่ 17	ลักษณะการตรวจสอบกรรมวิธีสารแทรกซึม (ชนิดข้อมสีหรือชนิดเรืองแสง)	72
ตารางที่ 18	ลักษณะการตรวจสอบกรรมวิธีการถ่ายภาพด้วยอนุภาคแม่เหล็ก	72
ตารางที่ 19	ลักษณะการตรวจสอบกรรมวิธีกระแสน้ำวน	73
ตารางที่ 20	หลักการประยุกต์ใช้งานของปลั๊กแต่ละชนิด	82
ตารางที่ 21	ตัวอย่างการเลือกใช้งานปลั๊ก	83

## สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1	แผนผังกระบวนการการออกแบบ คัดคั้งและตรวจสอบระบบท่อทางภายในคลังปิโตรเลียม	3
รูปที่ 2	ลักษณะหน้าคัทท้อที่ผลิต	7
รูปที่ 3	การเปรียบเทียบราคารวมของท่อและอุปกรณ์ และค่าพลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำเพื่อหาขนาดท่อที่เหมาะสม	10
รูปที่ 4	ชาร์ทสำหรับหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่งที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Pipe Diameter)	11
รูปที่ 5	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดระบุท่อ(nominal size)กับเส้นผ่านศูนย์กลางใน, นอก และ Schedule Number	12
รูปที่ 6	แผนภูมิการจัดเกรดและเบอร์ท่อตามมาตรฐานอเมริกัน	13
รูปที่ 7	หน้าแปลนเกลียว	17
รูปที่ 8	หน้าแปลนปลายต่อเชื่อม	18
รูปที่ 9	หน้าแปลนทวคเชื่อม	18
รูปที่ 10	หน้าแปลนมีป่าสวมเชื่อม	19
รูปที่ 11	หน้าแปลนเกลย	19
รูปที่ 12	หน้าแปลนออริฟิซ	20
รูปที่ 13	หน้าแปลนปิดปลายท่อ	20
รูปที่ 14	หน้าของหน้าแปลน	24
รูปที่ 15	ชาร์ทหาระยะห่างระหว่างจุดรองรับท่อ	25
รูปที่ 16	ลักษณะการคัดคั้งที่ควรใช้และ ไม่ควรใช้	28
รูปที่ 17	ขนาดของท่อคุดที่ควรใช้และ ไม่ควรใช้	28
รูปที่ 18	การคัดคั้งที่ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุด	29
รูปที่ 19	การให้ระดับของท่อคุด	30
รูปที่ 20	ตำแหน่งที่อาจจะรั่วในท่อ	30
รูปที่ 21	อุปกรณ์ท่อคุดในกรณีของเหลวอยู่สูงกว่าศูนย์กลางของบีม	31
รูปที่ 22	อุปกรณ์ที่ควรคัดคั้ง	31

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 22 (ต่อ)	อุปกรณ์ที่ควรติดตั้ง	32
รูปที่ 23	การเตรียมรูสำหรับติดตั้งเกจวัดความดัน	32
รูปที่ 24	การติดตั้งเกจสูญญากาศทางท่อดูด	33
รูปที่ 25	การติดตั้งเช็ควาล์ว	33
รูปที่ 26	ท่ออ่อน	34
รูปที่ 27	การติดตั้งเกจวัดความดันทางท่อส่ง	36
รูปที่ 28	การติดตั้งประตุน้ำทางด้านจ่ายของปั๊ม	36
รูปที่ 29	ลักษณะของพื้นที่จุดใดจุดหนึ่ง	38
รูปที่ 30	ลักษณะของคูที่ใช้ในการวางท่อประปาขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 100 – 300 มม.	38
รูปที่ 31	การวางท่อเข้า หรือ ออกจากอาคาร ในระดับเหนือดิน	45
รูปที่ 32	การเชื่อมหลอมเหลวใช้ลวดเชื่อมเติมเนื้อประสาน	47
รูปที่ 33	การเชื่อมหลอมเหลวไม่ใช้ลวดเชื่อมเติมเนื้อประสาน	47
รูปที่ 34	การเชื่อมอัดแบบเชื่อมจุด	48
รูปที่ 35	การเชื่อมอัดด้วยเปลวแก๊ส	48
รูปที่ 36	การเชื่อมอัดเย็น	49
รูปที่ 37	เปลวแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมออกซิ-อะเซทิลีน	49
รูปที่ 38	การเชื่อมภายใต้มันแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อม โลหะ	50
รูปที่ 39	การเชื่อมอาร์กภายใต้ผงเคมี	50
รูปที่ 40	การเชื่อมภายใต้มันแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อมทั้งสอง	51
รูปที่ 41	การเชื่อมภายใต้มันแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อม โลหะ	52
รูปที่ 42	ตำแหน่งท่าเชื่อม โลหะแผ่นสำหรับรอยต่อชน	60
รูปที่ 43	ตำแหน่งของท่าเชื่อมท่อต่อบากงาน	61
รูปที่ 43 (ต่อ)	ตำแหน่งของท่าเชื่อมท่อต่อบากงาน	62
รูปที่ 44	ตำแหน่งท่าเชื่อม โลหะแผ่นสำหรับรอยต่อฉาก	65
รูปที่ 45	การเลือกใช้พลังงานรังสีเอกซ์	65

**สารบัญรูปภาพ (ต่อ)**

		หน้า
รูปที่ 46	ชั้นกำหนดทดสอบแรงดึงงานแผ่นแบบ	75
รูปที่ 47	ชั้นกำหนดทดสอบแรงดึงงานท่อ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 นิ้ว)	75
รูปที่ 48	ชั้นกำหนดทดสอบแรงดึงงานท่อ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 3 นิ้ว)	76

## ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Hydrostatic Pressure		
P	ค่าความดันทดสอบ	MPa
T	ความหนาท่อ	mm
S	ค่าความเค้นท่อ	MPa
D	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ	mm
A	cross sectional area of the tensile test specimen	in <sup>2</sup>
U	specified minimum ultimate tensile strength	psi
ความหนาท่อ		
t <sub>m</sub>	ความหนาค่าสุดของท่อ	in
P	ความดันออกแบบ	psig
D <sub>o</sub>	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ	in
S	ค่าความเค้นสูงของวัสดุท่อที่อนุญาตให้	psi
E	ตัวประกอบคุณภาพ	
A	ความเผื่อ	in
Y	ค่าสัมประสิทธิ์เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ	
ระยะห่างระหว่างจุดรองรับท่อ		
L	ระยะห่างจุดรองรับท่อ	ft
c	รัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ	in
I	ค่า moment of inertia ของท่อ	in
S	ค่า maximum allowable fiber stress of material	lb/in <sup>2</sup>
w	ภาระท่อ (น้ำหนักท่อ,ของไหล,แรงลม) ต่อหนึ่งหน่วยความยาว	lb/ft

## ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
ค่าของการทดสอบ พลังงาน		
W	น้ำหนักของก้อนดิน	kg
R	ระยะทางของแกนหมุน	m
$\alpha$	มุมยกของก้อนดิน	
$\beta$	มุมเหวี่ยงพื้นจั่นกำหนด	
L	พลังงานสูญเสียจากการเคลื่อนที่ของก้อนดิน	kg/m