รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาการออกแบบวิศวกรรม การจัดซื้อและการติดตั้งสำหรับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมัน

Study Engineering Procurement & Construction Design for Flow Instrument in RAPID Project

นายพงศ์ศิริ ลิ้มอวยชัย

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148595

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาการออกแบบวิศวกรรม การจัดซื้อและการติดตั้งสำหรับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมัน

Study Engineering Procurement & Construction Design for Flow Instrument in RAPID Project

นายพงศ์ศิริ ลิ้มอวยชัย

สาขหมู่.....
เลขทะเบียน 148595
วัน.เดือน.ปี - 6 พย. 2560

.b 12872726
.i.....

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา (ภาษาไทย) การศึกษาการออกแบบวิศวกรรม การจัดซื้อ และการติดตั้งสำหรับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลในอุตสาหกรรมน้ำมัน

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายพงศ์ศิริ ลิ้มอวยชัย

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายกฤษฎา ธานี

สถานประกอบการ บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษาสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 4 และกำหนดให้นักศึกษาทำโครงงานที่สถานประกอบการตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียนการ ศึกษา เนื่องจากการศึกษาในสาขาวิศวกรรมการวัดคุมจะเกี่ยวข้องกับการวัดอัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิ และระดับของของเหลว ดังนั้นอุปกรณ์วัดจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการวัดและการควบคุมกระบวนการอุตสาหกรรม รายงานฉบับนี้จะอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน และปิโตรเคมีที่มีหลากหลายชนิดประกอบไปด้วย แผ่นออริฟิซกับ ทรานส์มิตเตอร์วัดอัตราการไหลชนิดความดันแตกต่าง อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดอุลตราโซนิคและโรตามิเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่กล่าวมานั้น ล้วนแต่มีความสำคัญต่อระบบการทำงานของกระบวนการผลิตทั้งสิ้น โดยหลักการวัดและการใช้งานก็จะแตกต่างกันตามคุณลักษณะและความสามารถของอุปกรณ์วัดแต่ละชนิด ซึ่งหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบมีทั้งการออกแบบทางวิศวกรรมตามมาตรฐานสากล การจัดซื้อที่ต้องได้ราคากับคุณสมบัติเฉพาะตรงตามที่บริษัทต้องการมากที่สุด และการติดตั้ง ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นไปตามนโยบายการทำงานของบริษัทโตโยไทยทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title : Study Engineering Procurement & Construction Design for Flow Instrument in Refinery and Petrochemical (RAPID) Project

Student Intern Name : Mr. Phongsiri Limouaychai

Faculty : Engineering **Department** : Instrumentation and Control Engineering

Advisor Name : Assoc. Prof. Dr. Kaset Sirisantisamrid

Mentor Name : Ms.Krissada Thanee

Company : TTCL Public Company Limited

ABSTRACT

This cooperative educational report is a part of cooperative educational program for fourth year student that assigns cooperative student to doing a project at a company for one semester. Due to studying of instrumentation engineering is concern about flow rate; pressure; level and temperature measurement. Therefore, sensing elements are an important factor in measuring and control of industrial process. This report describes flow measurement devices in industrial oil refinery and petrochemical. Those are many type consist of orifice plate with differential pressure transmitter, ultrasonic flowmeter and rotameter. As mentioned above, flow measuring devices are highly important for working process which has different measuring principles and applications depend on characteristic and capability of each device. My responsibility has both engineering design corresponding to international standard; procurement that the prices and specification of devices are according to owner requirements, and installation or construction. That is a working policy of TTCL public company limited.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่อาจนำมากล่าวได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ก่อนอื่นต้องขอขอบพระคุณ บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้าไปฝึกปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษาตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคการศึกษา ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำงานด้านวิศวกรรมการวัดคุมมากยิ่งขึ้น และต้องกราบขอบพระคุณคุณอรรถวัฒน์ บุณยศักดิ์ ผู้จัดการแผนกอินสตรูเมนต์ คุณกฤษฎา ธานี คุณศศิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์ ผู้นิเทศงาน และพี่เลี้ยงที่คอยให้ความรู้ คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้โครงงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี นอกจากนี้ ขอขอบคุณพนักงานทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาทั้งเรื่องการทำงาน และการปฏิบัติตนในขณะการทำงาน

สุดท้ายนี้ ต้องขอบพระคุณอย่างสูง รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์นิเทศสหกิจศึกษาที่ดูแลให้คำปรึกษา ช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆในระหว่างการฝึกปฏิบัติสหกิจศึกษาและตรวจ ทานรายงานฉบับสมบูรณ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 วิธีการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2. ทฤษฎีและหลักการวัดสำหรับอุปกรณ์วัดอัตราการไหล	5
2.1 แผ่นออริฟิซกับทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง	5
2.1.1 ทฤษฎีของแบร์นูลลี	5
2.1.2 ลักษณะทั่วไปของแผ่นออริฟิซ	9
2.1.3 ชนิดของแผ่นออริฟิซ	13
2.1.4 จุดต่อความดันแตกต่าง	15
2.1.5 การพิจารณาเลือกใช้แผ่นออริฟิซ	19
2.1.6 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของแผ่นออริฟิซ	19
2.1.7 อุปกรณ์อื่นๆ	21
2.1.8 การติดตั้ง	26
2.1.9 ข้อดีและข้อเสีย	29
2.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิค	30
2.2.1 ทฤษฎีและหลักการวัด	30
2.2.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Magnetic Portable Type	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Clamp-on Fixed Type 36
2.2.4 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Inline 38
2.2.5 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Insertion 39
2.2.6 ชนิดของทรานสดิวเซอร์ 41
2.2.7 การติดตั้ง 43
2.2.8 ข้อดีและข้อเสีย 46
2.3 โรตามิตเตอร์ 47
2.3.1 ทฤษฎีพื้นที่เปลี่ยนแปลง 48
2.3.2 ชนิดของโรตามิตเตอร์ 50
2.3.3 การประยุกต์ใช้งานหลัก 51
2.3.4 การติดตั้ง 54
2.3.5 ข้อดีและข้อเสีย 55
บทที่ 3. วิธีการดำเนินการออกแบบและสั่งซื้อ 57
3.1 ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัด 57
3.1.1 การคำนวณสำหรับการออกแบบแผ่นออริฟิซ 62
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการสั่งซื้ออุปกรณ์วัด 73
บทที่ 4. ผลการดำเนินการออกแบบทางวิศวกรรม 78
4.1 สาเหตุการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหล 78
4.2 เอกสารแสดงรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัด 85
4.2.1 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน 85
4.2.1.1 ลักษณะการติดตั้ง 90
4.2.1.2 เอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน 91
4.2.1.3 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง 92
4.2.1.4 ลักษณะการติดตั้ง 97
4.2.2 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง 98
4.2.2.1 ลักษณะการติดตั้ง 102
4.2.2.2 เอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง 103
4.2.2.3 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของทรานสมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดความดันแตกต่าง 104
4.2.2.4 ลักษณะการติดตั้ง 109
4.2.3 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิค 110
4.2.3.1 ลักษณะการติดตั้ง 117
4.2.4 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของโรตามิตเตอร์ 119
4.2.4.1 ลักษณะการติดตั้ง 123
บทที่ 5. บทสรุป 125
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 125
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 126
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา 126
เอกสารอ้างอิง 127
ประวัติผู้เขียน 128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1.1 สถานที่ติดตั้งโรงกลั่นน้ำมัน	2
รูปที่ 1.2 ตำแหน่งที่ตั้งกระบวนการต่างๆของโรงกลั่นน้ำมัน	2
รูปที่ 2.1 การวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซ (Orifice Plate)	6
รูปที่ 2.2 ความดันสูญเสียที่เกิดจากการติดตั้งแผ่นออริฟิซ	6
รูปที่ 2.3 แผ่นออริฟิซชนิดต่างๆ	9
รูปที่ 2.4 Standard Drawing ของ Petronas สำหรับแผ่นออริฟิซชนิดศูนย์กลางร่วม	9
รูปที่ 2.5 โครงสร้างแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน	10
รูปที่ 2.6 แผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง (Conditioning Orifice Plate)	11
รูปที่ 2.7 ระยะท่อตรงน้อยที่สุดระหว่างแผ่นออริฟิซกับสิ่งกีดขวางที่ปราศจากตัวปรับปรุงการไหล	12
รูปที่ 2.8 ออริฟิซแบบศูนย์กลางร่วม (Concentric Orifice)	13
รูปที่ 2.9 ออริฟิซแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric Orifice)	14
รูปที่ 2.10 ออริฟิซแบบเซกเมนต์ (Segment Orifice)	14
รูปที่ 2.11 ออริฟิซแบบผายปากเป็นรูปโค้ง (Quadrant Edge Orifice)	15
รูปที่ 2.12 จุดต่อความดันแบบ Vena Contracta Tapping และ Flange Tapping	15
รูปที่ 2.13 การติดตั้งแบบ Flange Tapping	16
รูปที่ 2.14 การติดตั้งแบบ Vena Contracta Tapping	17
รูปที่ 2.15 การติดตั้งแบบ Corner Tapping	18
รูปที่ 2.16 จุดต่อความดันแบบ Corner Tapping	18
รูปที่ 2.17 ทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่างรุ่น EJA110E	22
รูปที่ 2.18 วาล์ว มานิโฟลด์ (Valve Manifold) ชนิด I-I-E-V	23
รูปที่ 2.19 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของรูปแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line)	23
รูปที่ 2.20 Hookup Drawings ของรูปแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line)	24
รูปที่ 2.21 ไดอะแฟรม ซีลด์ (Diaphragm Seal)	25
รูปที่ 2.22 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของรูปแบบคัปพิลลารี่ ทิวป์ (Capillary Tube)	25
รูปที่ 2.23 Hookup Drawings ของรูปแบบคัปพิลลารี่ ทิวป์ (Capillary Tube)	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 การติดตั้งทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่างกับชุด Mounting Bracket 27
รูปที่ 2.25 การติดตั้งทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่างในรูปแบบต่างๆ 28
รูปที่ 2.26 หลักการ Counter Propagating (Transit Time) 31
รูปที่ 2.27 ความสัมพันธ์ของตัวแปรสำหรับทฤษฎี Transit-Time 32
รูปที่ 2.28 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Magnetic Portable Type 33
รูปที่ 2.29 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) 34
รูปที่ 2.30 ทรานสดิวเซอร์รุ่น C-RS-401 และรุ่นที่มีอุณหภูมิสูง C-PT 34
รูปที่ 2.31 อุปกรณ์ยึดทรานสดิวเซอร์ไว้กับท่อทั้งแบบมาตรฐานและแบบแม่เหล็ก 34
รูปที่ 2.32 เกจวัดความหนา (Thickness Gauge) 35
รูปที่ 2.33 RTD (ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ) 35
รูปที่ 2.34 พอร์ตอินฟาเรด (IR Port) 36
รูปที่ 2.35 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Clamp-on Fixed Type 37
รูปที่ 2.36 Automatic Tracking Window (ATW) 38
รูปที่ 2.37 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Inline 39
รูปที่ 2.38 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Insertion 39
รูปที่ 2.39 ภาพแสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหล 40
รูปที่ 2.40 การใช้งานร่วมกับทรานสมิตเตอร์วัดความดันและอุณหภูมิ 41
รูปที่ 2.41 ทรานสดิวเซอร์รุ่น T5 และ T17 42
รูปที่ 2.42 Barrel Holder, Packing Gland, Isolation Valve และ Nozzle 43
รูปที่ 2.43 ตัวอย่างการติดตั้งทรานสดิวเซอร์แบบ Mid Radius Bias 90 44
รูปที่ 2.44 การติดตั้งแบบ Single & Double Traverse 44
รูปที่ 2.45 การติดตั้งทรานสดิวเซอร์ด้าน Downstream (เบนเข้ามา 6 องศา) 45
รูปที่ 2.46 ตัวอย่างการติดตั้งทรานสดิวเซอร์แบบ Diagonal 45 45
รูปที่ 2.47 ระยะท่อตรงของอุปกรณ์วัดชนิด Inline 46
รูปที่ 2.48 ส่วนประกอบของทรานสมิตเตอร์วัดความดันและอุณหภูมิ 46
รูปที่ 2.49 โรตามิตเตอร์แบบโลหะ ยี่ห้อ Tokyo Keiso 47
รูปที่ 2.50 หลักการทำงานของโรตามิเตอร์ 48
รูปที่ 2.51 การวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซแบบ Purging 52
รูปที่ 2.52 การหล่อลื่นแบริ่ง 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.53 การวัดความหนาแน่นด้วยท่อปล่อยฟองอากาศ 53
รูปที่ 2.54 การวัดระดับของเหลวแบบท่อปล่อยฟองอากาศ 54
รูปที่ 2.55 การติดตั้งโรตามิตเตอร์แบบ Bottom-Top, Bottom-Side และ Side-Side 55
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างสารบัญอุปกรณ์วัด (Instrument Index) 58
รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เป็นอันตรายของกระบวนการหล่อน้ำเย็น (Area 4730) 59
รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เป็นอันตรายของระบบกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ (Area 5210) 60
รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เป็นอันตรายของกระบวนการหอเผาทิ้ง (Area 6420 & 6430) 61
รูปที่ 3.5 สัญลักษณ์ที่ใช้แบ่งพื้นที่ที่เป็นอันตราย 61
รูปที่ 3.6 ข้อมูลที่ถูกคำนวณจากผู้จัดจำหน่าย 62
รูปที่ 3.7 เอกสาร Standard Drawing S32.102-J สำหรับแผ่นออริฟิซ 63
รูปที่ 3.8 ข้อมูลทั่วไปในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซ 64
รูปที่ 3.9 ข้อมูลเงื่อนไขการทำงานในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซ 64
รูปที่ 3.10 ข้อมูลคุณสมบัติในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซ 64
รูปที่ 3.11 ผลการคำนวณของแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001 69
รูปที่ 3.12 Isometric Drawing สำหรับแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001 แผ่นที่1 70
รูปที่ 3.13 Isometric Drawing สำหรับแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001 แผ่นที่ 2 71
รูปที่ 3.14 Outline Dimension Drawing ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Insertion 77
รูปที่ 4.1 P&ID ที่มีแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐานและทรานสมิตเตอร์ติดตั้งอยู่ 79
รูปที่ 4.2 P&ID ที่มีแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่งและทรานสมิตเตอร์ติดตั้งอยู่ 80
รูปที่ 4.3 P&ID ที่มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคติดอยู่ 82
รูปที่ 4.4 P&ID ที่มีโรตามิตเตอร์ติดตั้งอยู่ 84
รูปที่ 4.5 เอกสาร Standard Drawing เลขที่ S38.130-F 88
รูปที่ 4.6 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน 89
รูปที่ 4.7 การออกแบบการติดตั้งของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน 90
รูปที่ 4.8 เอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน 91
รูปที่ 4.9 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง 96
รูปที่ 4.10 การออกแบบการติดตั้งทรานสมิตเตอร์รูปแบบคัปพิลลารี่ ทิวป์ 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง 101
รูปที่ 4.12 การออกแบบการติดตั้งแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง 102
รูปที่ 4.13 เอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง 103
รูปที่ 4.14 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง 108
รูปที่ 4.15 การออกแบบการติดตั้งทรานสมิตเตอร์รูปแบบอิมพัลส์ ไลน์ 109
รูปที่ 4.16 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล
แบบอุลตราโซนิค (1) 115
รูปที่ 4.17 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล
แบบอุลตราโซนิค (2) 116
รูปที่ 4.18 ลักษณะโครงสร้างของนอสเซิล 117
รูปที่ 4.19 ตำแหน่งการติดตั้งนอสเซิล 117
รูปที่ 4.20 Outline Dimension Drawing (ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆในการติดตั้ง) 118
รูปที่ 4.21 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของโรตามิเตอร์ 122
รูปที่ 4.22 การติดตั้งแผงบอร์ด (Instrument Panel Board) 124
รูปที่ 4.23 การติดตั้งกระจกใสครอบหน้าปัด 124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 3.1 ตารางขนาดของท่อ	65
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าความหนา ขนาดรูเดรนกับรูเวนส์ของแผ่นออริฟิซ	67
ตารางที่ 3.3 ตารางระยะท่อตรงของแผ่นออริฟิซตามมาตรฐาน ISO 5167	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

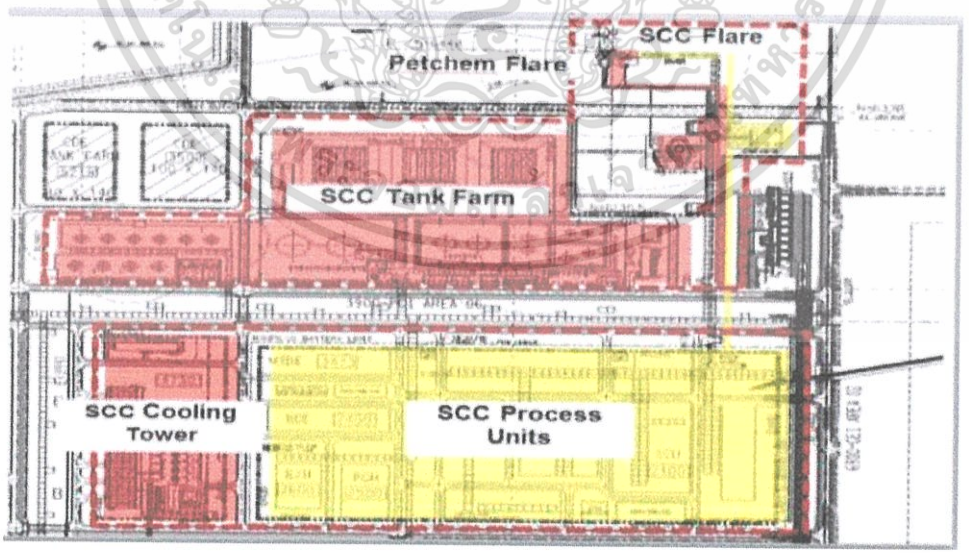
บริษัททีทีซีแอล (มหาชน) จำกัด ตั้งอยู่ที่อาคารเสริมมิตร ชั้น 27-30 สุขุมวิท 21 กรุงเทพ มหานคร เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจให้การออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design) การจัดซื้อ (Procurement) และการก่อสร้าง (Construction) โรงงานแบบครบวงจรรายแรกของประเทศไทย ก่อตั้งขึ้นในปีพ.ศ. 2528 หรืออาจกล่าวได้ว่าประกอบธุรกิจ Integrated EPC ข้าพเจ้าได้รับโอกาสจากบริษัททีทีซีแอล (มหาชน) จำกัด ให้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา โดยได้รับมอบหมายให้ทำโครง งานเรื่อง การออกแบบทางวิศวกรรม การจัดซื้อและการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมัน ในรัฐ Johor ประเทศมาเลเซีย ดังแสดงในรูปที่ 1.1

ในยุคปัจจุบัน ปัญหาที่มีมาอย่างยาวนานในประเทศไทยในเรื่องของพลังงานคงหนีไม่พ้นน้ำมันและแก๊สที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนยานพาหนะ ประเทศไทยยึดเอา GDP (Gross Domestic Product) เป็นเป้าหมายทำให้ประเทศไทยต้องใช้ปริมาณน้ำมันที่สูงขึ้น อีกทั้งประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนาเรื่องพลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือกอย่างเป็นระบบ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลัง งานลม ฯลฯ ทำให้เกิดปัญหาน้ำมันแพง ปัญหาเกี่ยวกับน้ำมันในขณะนี้จึงกลายเป็นปัญหาใหญ่สำหรับประเทศไทยและผลกระทบของปัญหานี้ค่อนข้างกระจายเป็นวงกว้างและสูงมาก เพราะว่าน้ำมันใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถนำกลับใช้ใหม่ได้ ประกอบกับแนวโน้มของน้ำมันมีท่าทีว่าจะหมดในอีกไม่กี่สิบปีข้างหน้า เมื่อความต้องการใช้น้ำมันมีมากขึ้น แต่ปริมาณน้ำมันมีจำกัด น้ำมันจึงมีราคาสูงขึ้นตามหลักการของเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีโรงกลั่นน้ำมันเกิดขึ้น ซึ่งน้ำมันที่สามารถใช้ได้ต้องผ่านกระบวนการกลั่น (SCC Process Units) ก่อนดังในรูปที่ 1.2 นอกจากกระบวนการกลั่นหลักแล้ว ยังต้องมีกระบวนการอื่นๆคอยสนับสนุน ซึ่งเป็นกระบวนการที่อยู่ในขอบเขตของโครงงานนี้ ทั้งกระบวนการหล่อน้ำเย็น (Cooling Water System) ระบบกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ (Tank Farm) และหอเผาทิ้ง (Flare) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ซึ่งในแต่ละกระบวนการล้วนแล้วต้องมีอุปกรณ์วัดเพื่อวัดค่าตัวแปรต่างๆและควบคุมให้กระบวนการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัยมากที่สุด โดยตัวแปรที่กล่าวถึงจะมีทั้งอัตราการไหล อุณหภูมิ ความดันและระดับ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะถูกวัดและควบคุมให้อยู่ภายในขอบเขตที่ต้องการ เพราะถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้นในระบบการวัด อาจจะส่งผลต่อความเสียหายที่ร้ายแรงได้ โดยโครงงานที่รับผิดชอบจะศึกษาเฉพาะอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมัน เนื่องจาก อัตราการไหลเป็นตัวแปรที่ค่อนข้างซับซ้อน ไม่ใช่แค่วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอัตราการไหลเพียงเท่านั้น แต่จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่างเช่น ธรรมชาติของการไหล, ระยะท่อตรง, คุณลักษณะของของไหล, ความดันและอุณหภูมิ โดยอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมันมีอยู่หลายชนิด แต่จะขอกล่าวถึงบางชนิดเท่านั้น เช่น แผ่นออริฟิซกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Orifice Plate and Differential Pressure Transmitter), อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิค (Ultrasonic Flow Meter) และ โรตามิตเตอร์ (Rotameter) ซึ่งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลทั้งสามชนิดมีหลักการทำงาน และวิธีการติดตั้งที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะต้องเลือกชนิดของอุปกรณ์วัดและการติดตั้งให้เหมาะสมกับกระบวนการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดและประหยัดค่าใช้ จ่ายในการซ่อมแซมอีกด้วย

รูปที่ 1.1 สถานที่ตั้งโรงกลั่นน้ำมัน



รูปที่ 1.2 ตำแหน่งที่ตั้งกระบวนการต่างๆของโรงกลั่นน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลอย่างละเอียด
2. เพื่อเลือกใช้ชนิดของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่เหมาะสมกับกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมันได้อย่างถูกต้อง
3. เพื่อศึกษาวิธีการติดตั้งที่เหมาะสมและถูกวิธีของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล
4. เพื่อออกแบบข้อมูลรายละเอียดเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลได้
5. ได้เรียนรู้ขั้นตอนการจัดซื้ออุปกรณ์วัดตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงงานนี้จะศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลสำหรับโรงกลั่นน้ำมัน ประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีทั้งหมด 3 ชนิดคือ แผ่นออริฟิซกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคและโรตามิตเตอร์ โดยจะศึกษาหลักการทำงาน เงื่อนไขการใช้งาน ข้อ กำหนดต่างๆ และการจัดซื้อของตัวอุปกรณ์วัดแต่ละชนิด เพื่อที่จะได้เลือกใช้กับกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมันได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

1.4 วิธีการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการทั้งหมดของโรงกลั่นน้ำมันที่ประกอบด้วยหน่วยหลักๆ เช่น ระบบหล่อน้ำเย็น ระบบกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ และระบบปล่อยควัน
2. พิจารณาไดร์ตรองเกี่ยวกับลักษณะพื้นที่ติดตั้งของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลในกระบวน การของโรงกลั่นน้ำมัน
3. ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแต่ละชนิด
4. ศึกษาเงื่อนไขการทำงาน ปัจจัยเสี่ยงหรือข้อกำหนดต่างๆ ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมัน
5. ศึกษาวิธีการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลในกระบวนการ
6. ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดซื้ออุปกรณ์วัด
7. ศึกษาการติดต่อประสานงานกับแผนก Process สำหรับข้อมูลกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมันจากใน P&ID
8. ศึกษาการติดต่อประสานงานกับแผนก Electrical สำหรับข้อมูลการแบ่งพื้นที่ที่เป็นอันตราย (Hazardous Area Classification)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ศึกษาการติดต่อประสานงานกับผู้จัดจำหน่าย (Vendor) เพื่อขอรายละเอียดคุณสมบัติ เฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและใบเสนอราคา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแต่ละชนิด
2. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่ติดตั้งในกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมัน
3. มีความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการติดตั้งของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแต่ละชนิด
4. สามารถออกแบบข้อมูลรายละเอียดเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลได้
5. มีความเข้าใจขั้นตอนกระบวนการจัดซื้ออุปกรณ์วัดทุกๆขั้นตอนอย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการวัดสำหรับอุปกรณ์วัดอัตราการไหล

เนื้อหาในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการวัดของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลทั้ง 3 ชนิด ที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการติดตั้งในกระบวนการเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือ และอุปกรณ์เสริมอื่นๆ (Accessories) ที่เกี่ยวข้อง โดยสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากมีผลต่อการเลือกใช้อุปกรณ์วัดและเพื่อให้อุปกรณ์วัดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและมีผลต่อค่าใช้จ่ายในขั้นตอนของการจัดซื้ออีกด้วย

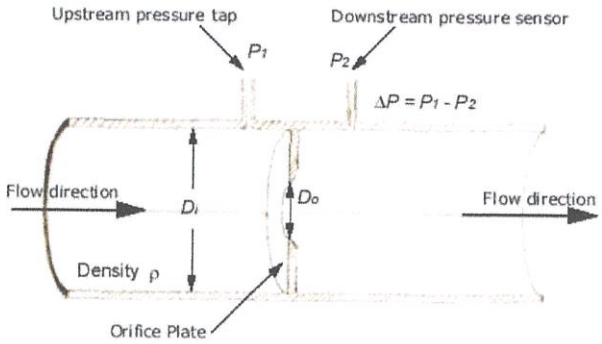
2.1 แผ่นออริฟิซกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลอย่างเช่น แผ่นออริฟิซ (Orifice Plate) เป็นอุปกรณ์วัดที่ใช้หลักการความดันแตกต่างที่สามารถพบได้ทั่วไปในอุตสาหกรรมหลายชนิด โดยขณะที่อุปกรณ์วัดอย่างหลอดเวนทูรี (Venturi Tube) นอซเซิล (Nozzle) หรือแม้กระทั่ง Wedge Flow Meter ไม่ค่อยมีใช้กัน เนื่องจากแผ่นออริฟิซมีราคาถูก ติดตั้งง่าย และค่าความดันสูญเสียและความเที่ยงตรงอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้แผ่นออริฟิซในการวัดอัตราการไหล อย่างไรก็ตามแผ่นออริฟิซต้องใช้ร่วมกันกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter) เพื่อนำสัญญาณมาตรฐาน 4-20mA หรือ 1-5 Vdc เข้าไปยังระบบ DCS (Distributed Control System) เพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้าย (Final Control Element) หรือที่เรียกว่าลูปฟังก์ชัน (Loop Function) นั่นเอง

2.1.1 ทฤษฎีของแบร์นูลลี

การวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซไม่ได้เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลโดยตรง แต่จะวัดตัวแปรบางตัวที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลแทน โดยแผ่นออริฟิซจะทำหน้าที่เสมือนสิ่งกีดขวางการไหลในช่องทางเดินของของไหลเป็นผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงความเร็วและความดัน การไหลที่สัมพันธ์กับความเร็วก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งแผ่นออริฟิซที่วางขวางการไหลจะทำให้เกิดความต้านทานในระบบการไหลมากขึ้น และถูกค้นพบว่าเมื่อมีการไหลของของไหลผ่านส่วนของท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดที่ลดลง ทำให้ความดันของของไหลในท่อหลังจากผ่านส่วนที่มีพื้นที่หน้าตัดที่เล็กกว่านั้นจะมีค่าลดลง และค่าความดันแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นสัดส่วนแบบรากที่สอง (Square Root) กับอัตราการไหล

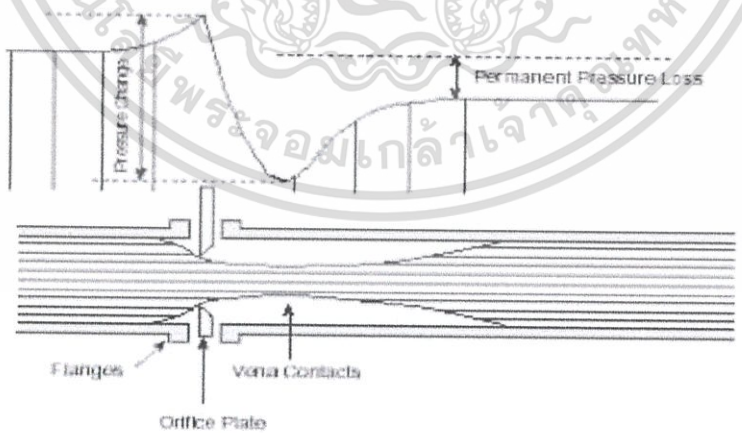
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซ (Orifice Plate)

การเปลี่ยนแปลงของความดันในทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง ถูกแสดงด้วยตำแหน่ง Upstream เป็นตำแหน่งที่มีความดันสูงที่สุด และตำแหน่ง Downstream ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความดันต่ำที่สุด เป็นตำแหน่งที่แคบที่สุด เรียกจุดนี้ว่า Vena Contracta ถัดจากตำแหน่งนี้ ค่าความดันจะเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ไม่สามารถกลับไปเท่ากับความดันทางด้าน Upstream เนื่องจากมีการสูญเสียความดันถาวรขึ้น ขนาดของความดันที่สูญเสียนี้มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์วัดแบบ Variable Head Meters (Venturi, Nozzle, Orifice) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของอุปกรณ์วัด โดยแผ่นออริฟิซจะให้ค่าความดันสูญเสียถาวรมากที่สุด

การวัดอัตราการไหลแบบวัดความดันแตกต่างจะอาศัยหลักการทฤษฎีของ Bernoulli นำมาประยุกต์ใช้กับการวัดของไหลที่เป็นของเหลว ไอน้ำ และแก๊ส



รูปที่ 2.2 ความดันสูญเสียที่เกิดจากการติดตั้งแผ่นออริฟิซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีของ Bernoulli กล่าวว่า "ของไหลแบบที่มีอัตราการไหลสม่ำเสมอภายในท่อที่ปราศจากแรงเสียดทาน โดยสมมติว่าของไหลเป็นชนิดที่ไม่สามารถอัดตัวได้ (Incompressible Fluid) นั่นคือ ความหนาแน่นของของไหลจะไม่เปลี่ยนแปลงขณะไหล แล้วผลบวกของ Velocity Head, Pressure Head และ Elevation Head ในทุกจุดของท่อจะเป็นค่าคงที่"

ถ้ากำหนดให้ V_1 คือ ความเร็วของของไหลที่จุด 1

V_2 คือ ความเร็วของของไหลที่จุด 2

P_1 คือ ความดันแบบ Static ที่จุด 1

P_2 คือ ความดันแบบ Static ที่จุด 2

Z_1 คือ ระดับความสูง ณ จุดศูนย์กลางของท่อที่จุด 1

Z_2 คือ ระดับความสูง ณ จุดศูนย์กลางของท่อที่จุด 2

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

γ คือ ค่าน้ำหนักจำเพาะของของไหล

ตามสมการของ Bernoulli เปรียบเทียบที่จุด 1 และ 2 โดยสมมติว่าการไหลเป็นแบบอุดมคติ จะได้

$$\frac{V_1^2}{2g}+\frac{P_1}{\gamma}+Z_1=\frac{V_2^2}{2g}+\frac{P_2}{\gamma}+Z_2 \tag{2.1}$$

เนื่องจากระดับที่จุด 1 และจุด 2 อยู่ในระดับเดียวกัน (เฉพาะท่อที่อยู่ในแนวนอน)

$$\frac{V_2^2-V_1^2}{2g}=\frac{P_1-P_2}{\gamma} \tag{2.2}$$

เนื่องจากสภาพการไหลเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuity Flow) ดังนั้นปริมาณการไหล Q ของของไหลที่ผ่านพื้นที่หน้าตัด ณ จุดใดๆของท่อจะต้องมีค่าคงที่เสมอ นั่นคือ ปริมาณการไหล ณ จุด 1 และ จุด 2 จะต้องมีค่าเท่ากัน ถ้าให้ A_1 และ A_2 คือ พื้นที่หน้าตัดที่จุด 1 (D_i) และจุด 2 (D_0) ตามลำดับ จะได้

$$V_1A_1=V_2A_2 \tag{2.3}$$

จากสมการที่ (2.3) จะได้ว่า

$$V_1=\frac{A_2V_2}{A_1} \tag{2.4}$$

นำค่า V_1 จากสมการที่ (2.4) แทนค่าในสมการที่ (2.2) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_2^2\left[1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right]=2g\left(\frac{P_1-P_2}{\gamma}\right)$$

$$V_2=\sqrt{\frac{\frac{2g(P_1-P_2)}{\gamma}}{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \tag{2.5}$$

V_2 เป็นความเร็วของของไหลผ่านแผ่นออริฟิซ เนื่องจากปริมาณการไหล $Q=V*A$ ดังนั้น

$$A_2V_2=A_2\sqrt{\frac{\frac{2g(P_1-P_2)}{\gamma}}{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \tag{2.6}$$

ถ้าให้ $P_1-P_2=\Delta P$ และอัตราส่วน $\frac{A_2}{A_1}=\beta$ หรือเท่ากับ $\frac{D_0}{D_i}$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$Q=A_2\sqrt{\frac{\frac{2g\Delta P}{\gamma}}{1-\beta^2}} \tag{2.7}$$

ผลที่ได้จากสมการที่ (2.7) เป็นค่า Q ที่ได้จากทฤษฎีเท่านั้น ในทางปฏิบัติจริงแล้ว ค่า Q ที่ได้จะมีค่าต่ำกว่า Q ทางทฤษฎี เพราะว่ามีการสูญเสียการไหลในท่อ ดังนั้นจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์อีกตัวหนึ่งใช้คูณเพื่อให้ได้ค่า Q ที่แท้จริง ค่าสัมประสิทธิ์ตัวนี้ได้จากการทดลองเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อย (Coefficient of Discharge: C_d) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของการไหล (การไหลแบบราบเรียบหรือแบบเป็นห้วง), รูปแบบอุปกรณ์วัด (Venturi, Nozzle หรือ Orifice) และค่า Reynolds Number

โดย C_d = ค่า Q จริงจากการทดลอง / ค่า Q จากทฤษฎี

ดังนั้นจะได้ว่า

$$Q=A_2C_d\sqrt{\frac{\frac{2g\Delta P}{\gamma}}{1-\beta^2}} \tag{2.8}$$

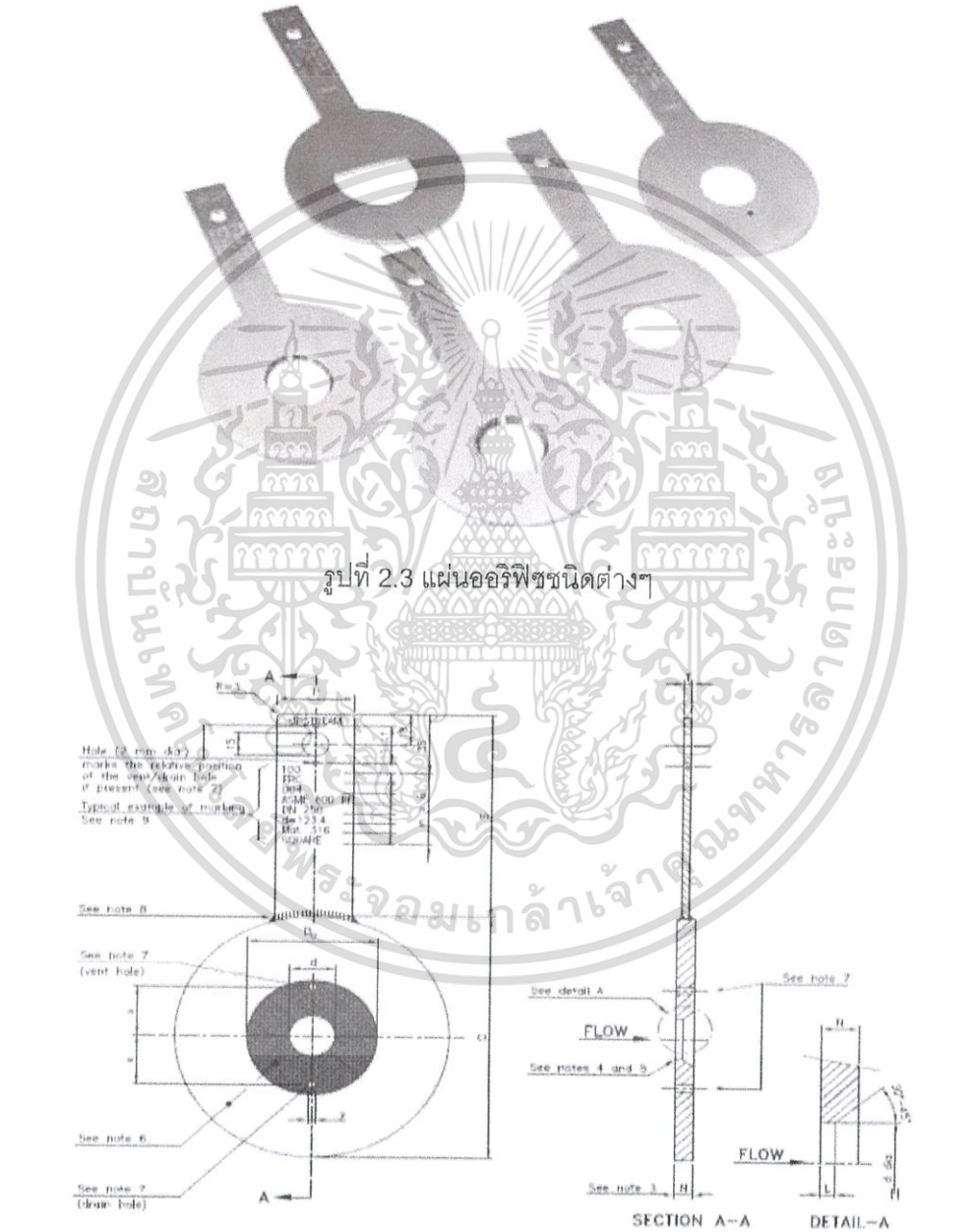
จะเห็นได้ว่าในการคำนวณหาอัตราการไหลนั้น เราจำเป็นต้องทราบค่า β เสียก่อน จึงจะทำการผลิตแผ่นออริฟิซได้ และการวัดนั้นจำเป็นจะต้องใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัดความดันแตกต่างเสมอหรืออาจเขียนรูปใหม่ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = k\sqrt{\Delta P} \tag{2.9}$$

โดยที่ค่า k เป็นค่าคงที่

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของแผ่นออริฟิซ

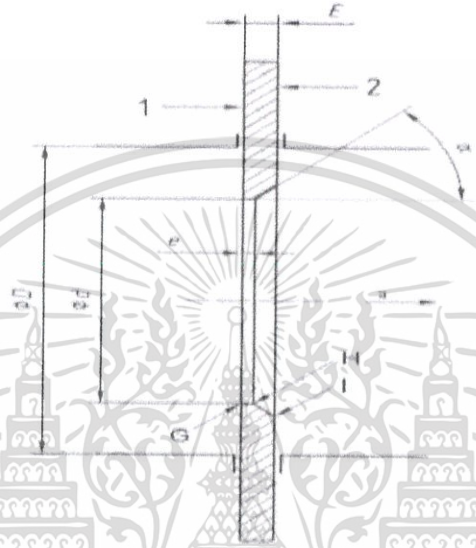


รูปที่ 2.3 แผ่นออริฟิซชนิดต่างๆ

รูปที่ 2.4 Standard Drawing ของ Petronas สำหรับแผ่นออริฟิซชนิดศูนย์กลางร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นออริฟิซมีลักษณะเป็นแผ่นโลหะที่มีรูไว้สำหรับให้ของไหลผ่าน ในการติดตั้งจะถูกติดตั้งอยู่ระหว่างหน้าแปลน (Orifice Flange) ของท่อในลักษณะตั้งฉากกับกระแสการไหล แผ่นออริฟิซมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากจัดทำได้ง่ายและมีราคาถูก สามารถทำจากวัสดุได้หลายชนิด รวมทั้งวัสดุที่สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนจากของไหลที่นำไปใช้งานได้ เช่น 316 Stainless Steel, Monel หรือ Inconel ลักษณะพื้นฐานของแผ่นออริฟิซตามมาตรฐาน ISO 5167 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน

โดยที่ 1 คือ หน้าสัมผัสด้านหน้าของแผ่นออริฟิซ (Upstream Face)

2 คือ หน้าสัมผัสด้านหลังของแผ่นออริฟิซ (Downstream Face)

ตามมาตรฐาน ISO 5167 ค่าความหนา E และ e ควรมีค่าดังนี้

1. ความหนาขอบในของแผ่นออริฟิซ (e) ควรมีค่าอยู่ระหว่าง $0.005D$ และ $0.02D$
2. ความแตกต่างระหว่างค่า e ที่วัดได้ที่จุดใดๆ ของแผ่นออริฟิซ (Orifice Plate) ไม่ควรมากกว่า $0.001D$
3. ความหนาของแผ่นออริฟิซ (E) ควรมีค่าอยู่ระหว่าง e กับ $0.05D$ อย่างไรก็ตาม ถ้า $50 \le D \le 64mm$ ความหนา E จะมีค่าถึง 3.2 mm
4. ถ้า $D \ge 200mm$ ความแตกต่างระหว่างค่า E ที่วัดได้ ณ จุดใดๆของแผ่นออริฟิซ (Orifice Plate) ไม่ควรมากกว่า $0.001D$ ถ้า $D \le 200mm$ ความแตกต่างระหว่างค่า E ที่วัดได้ ณ จุดใดๆของแผ่นออริฟิซ (Orifice Plate) ไม่ควรมากกว่า 0.2 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับมุมขอบเอียง (α) เป็นดังนี้

ถ้าความหนา E เกินกว่าความหนา e แผ่นออริฟิซ (Orifice Plate) ควรทำขอบเอียงทางด้านหลังและมุมขอบเอียงควรมีค่า $45^{\circ} \pm 15^{\circ}$

และขอบ G H และ I มีเงื่อนไขดังนี้

ขอบ G ควรมีความคมและรัศมีของขอบไม่ควรมีค่าเกิน $0.0004d$ ถ้าในกรณีที่ $d \geq 25mm$ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและต้องตรวจสอบด้วยว่าขอบ G นั้นจะไม่ทำให้เกิดการสะท้อนของแสง ส่วนกรณีที่ $d \leq 25mm$ ไม่สามารถมองเห็นได้

โดยทั่วไปแล้ว ขนาดรูของแผ่นออริฟิซจะแสดงในรูปของอัตราส่วนระหว่างขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางรูและขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อหรือค่า $\beta = \frac{d}{D}$ ที่เรียกว่า "อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลาง" (Diameter Ratio) ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าน้อย แสดงว่าการสูญเสียความดันถาวรจะสูง ประสิทธิภาพของการวัดจะลดลง แต่ถ้าอัตราส่วนนี้คอนข้างมาก แสดงว่ามีการสูญเสียความดันถาวรน้อย ประสิทธิภาพของการวัดมากขึ้น ทำให้มีความเที่ยงตรงในการวัดสูงขึ้น ซึ่งปกติจะมากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.75

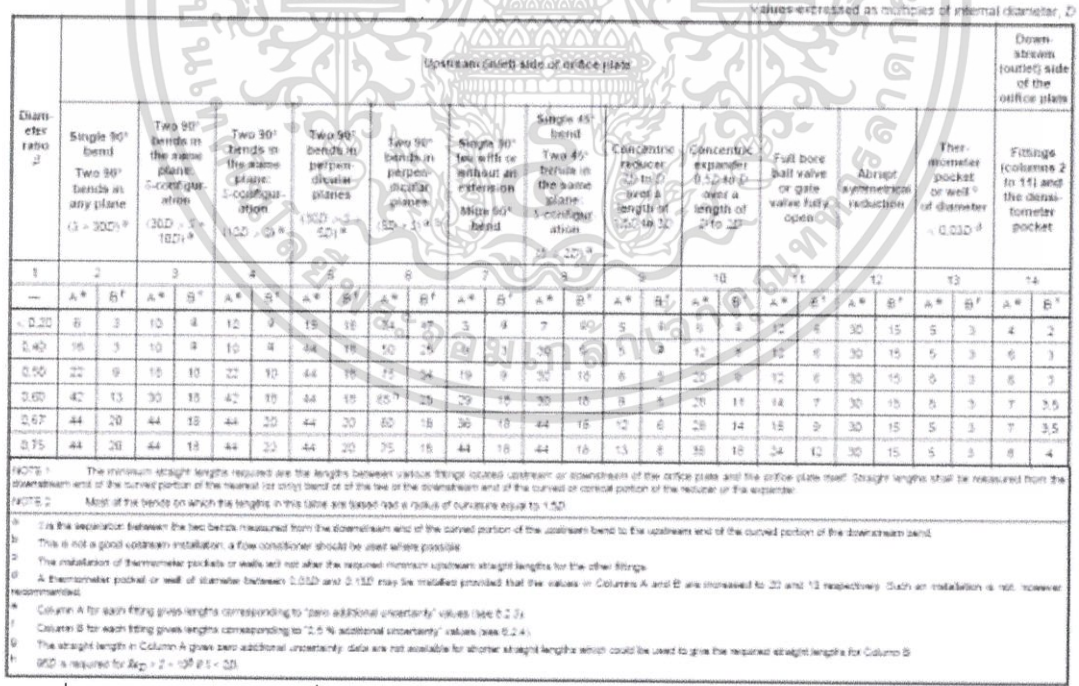
รูปที่ 2.6 แผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง (Conditioning Orifice Plate)

แผ่นออริฟิซมาตรฐานนั้น (Standard Orifice Plate) ปกติจะมีโครงสร้างเป็นแบบรูเดียวที่มีตำแหน่งตามชนิดของแผ่นออริฟิซและอาจมีรูเดรน (Drain Hole) กับรูเวนส์ (Vent Hole) สำหรับระบายของไหลที่เป็นของเหลวกับก๊าซ ตามลำดับ แต่เมื่อไม่นานมานี้ มีเทคโนโลยีสมัยใหม่เกี่ยวกับลักษณะของแผ่นออริฟิซที่ผลิตโดยบริษัทเอเมอร์สัน (Emerson) คือมี 4 รูที่มีขนาดเท่ากันอยู่ในแผ่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียว เรียกว่า “แผ่นออริฟิซแบบคอนดิชันนิ่ง” (Conditioning Orifice Plate) ซึ่งหลักการวัดเหมือนกัน แต่โครงสร้างทางกายภาพไม่เหมือนกันคือไม่มีรูเดรนกับรูเวนส์ โดยแผ่นออริฟิซแบบคอนดิชันนิ่งนี้จะมีคุณสมบัติเฉพาะคือระยะท่อตรง (Straight Run) ทางด้านหน้า (Upstream) และด้านหลัง (Down-stream) ของแผ่นออริฟิซนั้นต้องการเพียงระยะเป็น 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (2D) เท่านั้น สามารถลดระยะท่อตรงไปได้ประมาณถึง 90% เลยทีเดียว ซึ่งจะถูกใช้เมื่อท่อมีระยะไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานแผ่นออริฟิซมาตรฐาน โดยแผ่นออริฟิซทั้ง 2 รูปแบบจะให้ความเที่ยงตรงในการวัดที่ใกล้เคียงกัน (Accuracy) ประมาณ +/-1% และรูทั้ง 4 รูจะทำให้ลักษณะของการไหล (Flow Profile) มีความสม่ำเสมอกัน

ลักษณะการไหลของของไหลแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) พิจารณาได้จากค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynold Number) ซึ่งเป็นตัวเลขที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของของไหลที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและความดันได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ความเร็วของของไหลที่ไหลภายในท่อและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ ปริมาณการไหลของของเหลวภายในท่อระบบปิด ต้องพิจารณาถึงปริมาณของเหลวภายในท่อด้วย เนื่องจากอุปกรณ์วัดอัตราการไหลบางชนิดไม่สามารถวัดอัตราการไหลของของเหลวที่ไม่เต็มท่อได้เช่น อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดสนามแม่เหล็ก (Electromagnetic Flow Meter)



รูปที่ 2.7 ระยะท่อตรงน้อยที่สุดระหว่างแผ่นออริฟิซกับสิ่งกีดขวางที่ปราศจากตัวปรับปรุงการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ชนิดของแผ่นออริฟิซ

1. แผ่นออริฟิซชนิดศูนย์กลางร่วม (Concentric Orifice Plate) หรือเรียกว่า "Square Edge"

เป็นชนิดพื้นฐานของแผ่นออริฟิซที่มีรูอยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของแผ่นที่ติดตั้งอยู่ภายในท่อ มักถูกใช้อย่างกว้างขวางมากที่สุด และความหนาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ประมาณ 1/8 ถึง 1/2 นิ้ว ขึ้นอยู่กับขนาดของท่อและความเร็วของการไหล ยังสามารถนำไปใช้กับของไหลได้เกือบทุกประเภท แต่ไม่เหมาะกับของไหลที่มีส่วนผสมของของเหลวกับของแข็ง, ของไหลที่มีสารแขวนลอยและของไหลที่มีความหนืดสูง หรือมีค่า Reynolds Number ที่ต่ำ และมักทำด้วยเหล็กที่ไม่เป็นสนิม (Stainless Steel)

จุดต่อสำหรับวัดค่าความดันแตกต่างจากแผ่นออริฟิซสามารถใช้ได้หลายแบบ เช่น แบบ Flange Taps, แบบ Vena Contracta Taps และแบบ Corner Taps ลักษณะของแผ่นออริฟิซชนิดนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.8

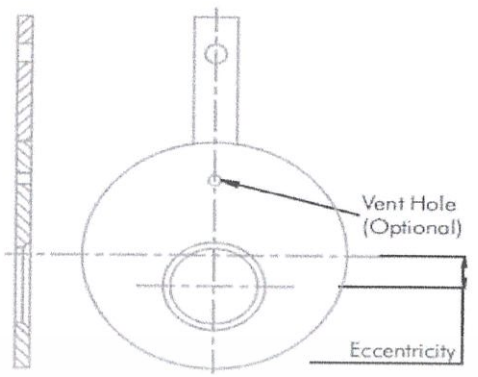
รูปที่ 2.8 ออริฟิซแบบศูนย์กลางร่วม (Concentric Orifice)

2. แผ่นออริฟิซชนิดเยื้องศูนย์ (Eccentric Orifice Plate)

แผ่นออริฟิซแบบนี้จะมีรูเยื้องลงมาทางด้านล่างของแผ่นที่ติดตั้งอยู่ภายในท่อ เพื่อลดการตกค้างของสารแขวนลอยหรือการตกตะกอนที่บริเวณด้านหน้าของแผ่นออริฟิซ เป็นแบบที่นิยมใช้กับการวัดกับของไหลที่มีส่วนผสมของของเหลวกับของแข็งหรือสิ่งสกปรกและมีสารแขวนลอย เนื่องจากตำแหน่งของรูจะป้องกันการอุดตันของวัสดุที่เป็นของแข็งที่ปะปนมากับของเหลว

จุดต่อสำหรับวัดค่าความดันแตกต่างจากแผ่นออริฟิซใช้ได้ทั้งแบบ Flange Taps และแบบ Vena Contracta Taps ลักษณะของแผ่นออริฟิซชนิดนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ออริฟิซแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric Orifice)

3. แผ่นออริฟิซชนิดเซกเมนต์ (Segment Orifice Plate)

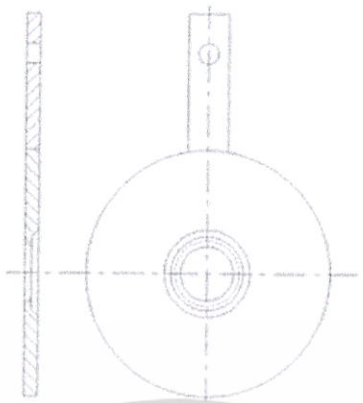
เป็นแบบที่มีลักษณะและการใช้งานคล้ายกับแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric) แต่จะมีช่องเป็นครึ่งวงกลม จะถูกติดตั้งด้วยการขวางในแนวนอน และส่วนโค้งจะตรงกับพื้นผิวด้านล่างของท่อ ลักษณะของแผ่นออริฟิซชนิดนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 ออริฟิซแบบเซกเมนต์ (Segment Orifice)

4. แผ่นออริฟิซชนิดผายปากเป็นรูปโค้ง (Quadrant Edge Orifice Plate)

เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากเช่นเดียวกับแบบศูนย์กลางร่วม โดยรูทางด้านเข้าจะเอียงประมาณ 1/4 ของวงกลมและเหมาะสำหรับของเหลวที่มีความหนืดสูงหรือมีค่า Reynolds Number ต่ำ จุดต่อสำหรับวัดค่าความดันแตกต่างจากแผ่นออริฟิซใช้ได้ทั้งแบบ Flange Taps, แบบ Vena Contracta Taps และแบบ Corner Taps ลักษณะของแผ่นออริฟิซชนิดนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

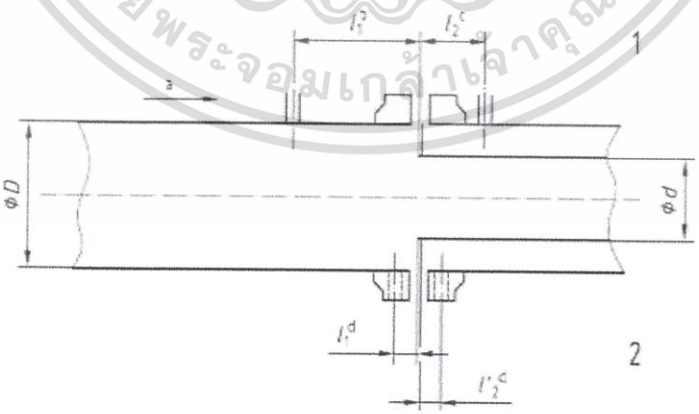


รูปที่ 2.11 ออริฟิซแบบผายปากเป็นรูปโค้ง (Quadrant Edge Orifice)

ในบางครั้งแผ่นออริฟิซจะมีรูเล็กๆอยู่ 2 รู เพื่อเป็นช่องทางผ่านของไอน้ำหรือแก๊ส โดยรูที่อยู่ด้านล่างจะถูกใช้ในกรณีที่ต้องการวัดแก๊ส เพื่อยอมให้ไอน้ำที่ควบแน่นไหลผ่าน ส่วนในกรณีที่ต้องการวัดของเหลว รูด้านบนมีเพื่อให้แก๊สไหลผ่าน

2.1.4 จุดต่อความดันแตกต่าง

ในการใช้งานแผ่นออริฟิซสำหรับวัดอัตราการไหลจะต้องมีจุดต่อสำหรับวัดความดันแตกต่าง (Pressure Tappings) ทั้งทางด้านหน้า (Upstream) และด้านหลัง (Downstream) ของแผ่นออริฟิซอย่างน้อยด้านละหนึ่งจุด เพื่อใช้สำหรับต่อไปยังทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะจุดต่อได้ 3 แบบดังนี้



รูปที่ 2.12 จุดต่อความดันแบบ Vena Contracta Tapping และ Flange Tapping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ 1 คือ จุดต่อความดันแบบ Vena Contracta Tapping

2 คือ จุดต่อความดันแบบ Flange Tapping

a คือ ทิศทางการไหล

l_1 คือ $D \pm 0.1D$

l_2 คือ $0.05D \pm 0.02D$ สำหรับ $\beta \leq 0.6$ และ $0.05D \pm 0.01D$ สำหรับ $\beta > 0.6$

l_1, l_2' คือ $(25.4 \pm 0.5)mm$ สำหรับ $\beta > 0.6$ และ $D < 150mm$

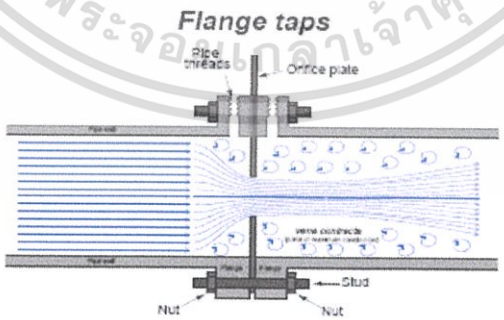
$(25.4 \pm 1)mm$ สำหรับ $\beta \leq 0.6$

$(25.4 \pm 1)mm$ สำหรับ $\beta > 0.6$ และ $150 \leq D \leq 1000mm$

1. การติดตั้งแบบ Flange Tapping

เป็นวิธีที่ติดตั้งจุด Taps ที่หน้าแปลนหรืออยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแผ่นออริฟิซจากด้านหน้าและด้านหลัง โดยมีระยะเท่ากับ 1 นิ้ว หรือประมาณ 25.4 มิลลิเมตร เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากติดตั้งง่ายกว่าแบบอื่นและค่า β ที่ใช้งานจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.2 ถึง 0.75 โดยระยะอาจเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยขึ้นอยู่กับค่า β ของแผ่นออริฟิซที่เลือกใช้ที่มีข้อกำหนดดังนี้

- $\beta > 0.6$ และ $D < 150$ มิลลิเมตร ; ระยะเท่ากับ 25.4 ± 0.5 มิลลิเมตร
- $\beta < 0.6$ หรือ $\beta > 0.6$ และ $150 < D < 1000$ มิลลิเมตร; ระยะเท่ากับ 25.4 ± 1.0 มิลลิเมตร เงื่อนไขการใช้งานของการติดตั้งแบบนี้ในกรณีที่ $\mathrm{Re}_D \geq 5000$ และ $\mathrm{Re}_D \geq 170\beta^2 D$
- $d \geq 12.5$ มิลลิเมตร
- 50 มิลลิเมตร $\leq D \leq 1000$ มิลลิเมตร
- $0.1 \leq \beta \leq 0.75$



รูปที่ 2.13 การติดตั้งแบบ Flange Tapping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

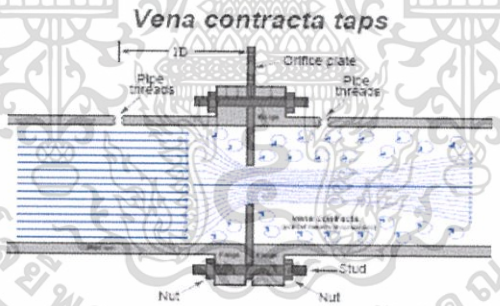
2. การติดตั้งแบบ Vena Contracta Tapping หรือจุดต่อที่ระยะ D และ $0.5D$

เป็นวิธีที่ติดตั้งจุด Taps อยู่ที่ท่อแทนที่จะอยู่ที่หน้าแปลน (Flange) เหมือนแบบ Flange Taps ซึ่งวัดจากทางด้าน Upstream ซึ่งอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแผ่นออริฟิซ ด้วยระยะเท่ากับ 1 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ ส่วนทางด้าน Downstream ซึ่งอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแผ่นออริฟิซด้วยระยะเท่ากับ 0.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ โดยระยะอาจเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยขึ้นอยู่กับค่า β ของแผ่นออริฟิซที่เลือกใช้เป็นหลัก

- $\beta < 0.6$; ระยะด้านหน้าเท่ากับ $D \pm 0.1D$ และระยะด้านหลังเท่ากับ $0.5D \pm 0.02D$
- $\beta > 0.6$; ระยะด้านหน้าเท่ากับ $D \pm 0.1D$ และระยะด้านหลังเท่ากับ $0.5D \pm 0.01D$

เงื่อนไขการใช้งานของการติดตั้งแบบนี้ในกรณีที่ $\mathrm{Re}_D \geq 5000$ สำหรับ $0.1 \leq \beta \leq 0.56$ หรือ $\mathrm{Re}_D \geq 16000\beta^2$ สำหรับ $\beta \geq 0.56$

- $d \geq 12.5$ มิลลิเมตร
- 50 มิลลิเมตร $\leq D \leq 1000$ มิลลิเมตร
- $0.1 \leq \beta \leq 0.75$



รูปที่ 2.14 การติดตั้งแบบ Vena Contracta Tapping

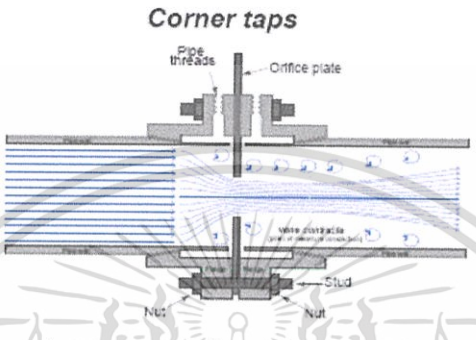
3. การติดตั้งแบบ Corner Tapping

เป็นวิธีที่ติดตั้งจุด Taps อยู่ที่หน้าแปลน (Flange) ซึ่งติดกับแผ่นออริฟิซทั้งด้านหน้าและด้านหลังของแผ่น เหมาะกับท่อที่ต้องการวัดน้อยกว่า 3 นิ้วลงไป โดยทั่วไปจะเรียกว่า แบบ Integral Type ก็คือนำทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (D/P Transmitter) ยึดติดกับแผ่นออริฟิซเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148595

เงื่อนไขการใช้งานของการติดตั้งแบบนี้ในกรณีที่ $\mathrm{Re}_D \geq 5000$ สำหรับ $0.1 \leq \beta \leq 0.56$ หรือ $\mathrm{Re}_D \geq 16000\beta^2$ สำหรับ $\beta \geq 0.56$

- $d \geq 12.5$ มิลลิเมตร
- 50 มิลลิเมตร $\leq D \leq 1000$ มิลลิเมตร
- $0.1 \leq \beta \leq 0.75$



รูปที่ 2.15 การติดตั้งแบบ Corner Tapping

รูปที่ 2.16 จุดต่อความดันแบบ Corner Tapping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การพิจารณาเลือกใช้แผ่นออริฟิซ

การเลือกใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 5167 จะใช้กับท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไปจนถึงประมาณ 24 นิ้ว แต่สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่มากๆ การใช้แผ่นออริฟิซอาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดอื่นๆ เช่น อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคเป็นต้น และต้องมีค่า Turn Down หรือค่าความสามารถของย่านการวัด (Range Ability) ต้องไม่มากกว่า 5:1 เนื่องจากถ้ามีค่ามากกว่าจะทำให้ค่าที่อ่านได้ที่ย่านอัตราการไหลต่ำๆมีค่าผิดพลาดได้สูง นอกจากนี้แล้วการวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซไม่เหมาะกับการควบคุมบางชนิดที่ต้องการความดันสูญเสียในท่อที่มีค่าต่ำๆ (Low Pressure Loss) เนื่องจากการวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซจะทำให้เกิดความดันตกคร่อมสูญเสียที่มากที่สุดในจำนวนของอุปกรณ์ที่ใช้หลักการความดันแตกต่าง ส่วนวัสดุที่ใช้ทำแผ่นออริฟิซก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องมีการพิจารณาให้เหมาะสมกับชนิดของของไหล ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เป็น SS 316 หรือวัสดุที่มีคุณภาพมากกว่า โดยขึ้นอยู่กับคำแนะนำของผู้จัดจำหน่าย (Vendor)

2.1.6 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของแผ่นออริฟิซ

จากสมการที่ (2.8) จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับค่าความดันแตกต่างที่เกิดจากแผ่นออริฟิซ โดยวัดจากจุดต่อแบบต่างๆ เช่น แบบ Flange Tapping, แบบ Corner Tapping และแบบ Vena Contracta Tapping ที่ต่อออกมาจากท่อและความดันแตกต่างที่เกิดขึ้นจะแปรผกผันกับขนาดรูของแผ่นออริฟิซ ดังนั้นในการใช้งานจะต้องมีการกำหนดค่าความดันแตกต่างมาตรฐานหรือย่านการวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างที่มีหน่วยเป็น $mbar$ แต่นิยมใช้เป็น mmH_2O เพื่อนำไปหาขนาดรูของแผ่นออริฟิซที่ต้องการที่เป็นไปตามอัตราการไหลที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต สำหรับสาเหตุที่ต้องกำหนดค่าความดันแตกต่างมาตรฐาน เป็นเพราะว่าจะได้สามารถเลือกใช้ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างที่มีการกำหนดย่านการวัดค่าความดันแตกต่างที่เท่ากัน เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ สังเกตจะเห็นว่าการกำหนดค่าความดันมาตรฐานจะกำหนดให้ค่าสามารถถอดรากที่สองได้ลงตัว เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ค่าความดันมาตรฐานที่นิยมใช้กันมีค่าดังต่อไปนี้

- 40 มิลลิบาร์ ($mbar$)
- 90 มิลลิบาร์ ($mbar$)
- 160 มิลลิบาร์ ($mbar$)
- 250 มิลลิบาร์ ($mbar$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้มีการกำหนดความดันแตกต่างมาตรฐานที่ต้องการแล้ว ต่อไปจะพิจารณาการคำนวณรูของแผ่นออริฟิซ (Orifice Plate) โดยข้อมูลตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

1. อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate) มีหน่วยเป็น kg/s หาจากค่า Maximum System Range (Maximum Flow Rate = 90% of Maximum System Range)
2. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อภายใน (Internal Pipe Diameter) มีหน่วยเป็น m
3. ความหนาแน่น (Density) มีหน่วยเป็น kg/m^3

เมื่อทราบค่าตัวแปรทั้งสามที่ได้กล่าวข้างต้นแล้ว ก็มาพิจารณาหาค่า K และ β ต่อไป โดยต้องจัดเรียงสมการอัตราการไหลบนพื้นฐานหลักการของ Bernoulli ใหม่ดังนี้

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho_1}$$

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \frac{D^2}{D^2} \sqrt{2\Delta P \rho_1} \; ; \beta = \frac{d}{D}$$

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} \beta^2 D^2 \sqrt{2\Delta P \rho_1}$$

$$\frac{\sqrt{1-\beta^4}}{\beta^2} = \frac{C\varepsilon \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2\Delta P \rho_1}}{q_m} ; K = \frac{q_m}{C\varepsilon \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2\Delta P \rho_1}}$$

$$\frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = K$$

$$\beta^2 = K\sqrt{1-\beta^4}$$

$$\beta^4 = K^2(1-\beta^4)$$

$$\beta^4 = K^2 - K^2\beta^4$$

$$\beta^4 + K^2\beta^4 = K^2$$

$$\beta^4(1+K^2) = K^2$$

$$\beta^4 = \frac{K^2}{(1+K^2)}$$

$$\beta^4 = \frac{K^2}{\sqrt{1+K^2}}$$

เมื่อทราบค่า β แล้ว จึงจะสามารถคำนวณหาขนาดรูของแผ่นออริฟิซ (Orifice Plate) ได้จาก

$$d = \beta * D$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย q_m คือ อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate) มีหน่วยเป็น kg/s

d คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่นออริฟิซ (Orifice hole Diameter) มีหน่วยเป็น m

D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (Internal Pipe Diameter) มีหน่วยเป็น m

β คือ อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter Ratio) ไม่มีหน่วย

ρ_1 คือ ความหนาแน่น (Density) มีหน่วยเป็น kg/m^3

ΔP คือ ค่าความดันแตกต่างมาตรฐานที่กำหนด (Specified Differential Pressure Value) มีหน่วยเป็น $mbar$

C คือ สัมประสิทธิ์ของการปล่อย (Coefficient of Discharge)

ε คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัว (Expansion Factor)

ในการคำนวณหาค่า β ของแผ่นออริฟิซ วิศวกรวัดคุม (Instrument Engineer) จำเป็นต้องหาข้อมูลเกี่ยวกับของไหลที่ไหลผ่านท่อจากวิศวกรกระบวนการ (Process Engineer) เสียก่อน ส่วนข้อมูลทางด้านขนาดท่อและวัสดุที่ใช้ทำท่อต้องขอข้อมูลจากวิศวกรเครื่องกล (Mechanical Engineer) เช่นเดียวกัน และวิศวกรวัดคุมก็จะเป็นผู้กำหนดย่านวัดให้กับตัวส่งสัญญาณความดันแตกต่างต่อไป ส่วนการคำนวณหาค่า β นั้น โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตแผ่นออริฟิซก็จะคำนวณให้พร้อมทั้งให้ข้อมูลแผ่น Data Sheet ของการคำนวณมาให้กับผู้ซื้อเสมอเพื่อที่จะใช้ในการติดตั้ง และการหาค่าระยะท่อตรงจะอธิบายในบทที่ 3 โดยในแต่ละรูปแบบของการติดตั้งจำเป็นต้องติดตั้งให้ถูกต้องเพื่อให้เกิดความผิดพลาดในการวัดน้อยลง

2.1.7 อุปกรณ์อื่นๆ

ในการใช้งานแผ่นออริฟิซนั้น ต้องมีอุปกรณ์เสริมอื่นๆอีกมากมายที่ต้องติดตั้งและใช้งานร่วมกันกับแผ่นออริฟิซ โดยอุปกรณ์หลักๆคือ ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (D/P Transmitter) ที่มีหลักการวัดคือ นำสัญญาณความดันแตกต่างที่ได้จากจุดต่อความดันทางด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นออริฟิซที่เกิดจากอัตราการไหลของของไหลเข้าสู่ตัวทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง เพื่อแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐาน 4-20 mA ที่เป็นสัดส่วนกันกับค่าความดันที่เกิดขึ้น โดยมีเซนเซอร์เป็นไดอะแฟรม (Diaphragm) เนื่องจากเป็นเซนเซอร์วัดความดันที่นิยมใช้กันมากกว่าหลอดบูร์ดอง (Bourdon Tube) หรือเบลโลส์ (Bellow) ซึ่งส่วนประกอบหลักๆ ภายในทรานสมิตเตอร์มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.17 ทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่างรุ่น EJA110E

1. แผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ใช้สำหรับเป็นเซนเซอร์
2. โอริง (O-Rings) ใช้สำหรับกันของไหลรั่วออกมาระหว่างถูกส่งจากวาล์ว มานิโฟลด์ (Valve Manifold) ไปยังทรานสมิตเตอร์ (D/P Flow Transmitter)
3. ส่วนประกอบที่สัมผัสกับของไหลโดยตรง (Wetted Part) เช่น ไดอะแฟรม หน้าแปลน ตัวเชื่อมกระบวนการ ประเก็น และปลั๊กเวนส์กับเดรน (Vent & Drain Plug)
4. ส่วนปกคลุมมิเตอร์ (Housing)
5. เคเบิ้ล แกลน (Cable Gland) ใช้สำหรับเป็นตัวเชื่อมสายไฟต่อเข้ากับทรานสมิตเตอร์
6. อุปกรณ์ยึด (Mounting Bracket) เช่น เหล็กรูปตัวยูและแผ่นยึด (Mounting Plate)
7. อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection)

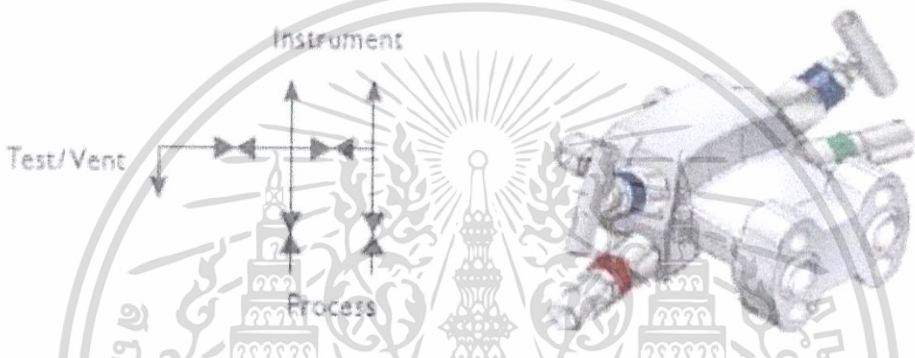
แผ่นออริฟิซที่ใช้งานร่วมกันกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (D/P Transmitter) นั้นมีรูปแบบการต่อใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงว่าอุปกรณ์ที่ใช้ก็จะไม่เหมือนกันไปด้วย สำหรับโรงกลั่นน้ำมันนั้นมีทั้งหมด 2 รูปแบบคือ 1. อิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line) 2. คัปพิลลารี่ ทิวบ์ (Capillary Tube) โดยจะแสดงรูปแบบการต่อใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆดังต่อไปนี้

- อิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line)

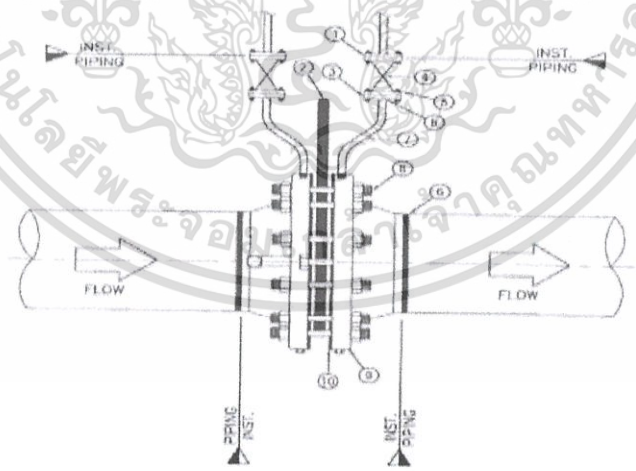
การต่อใช้งานรูปแบบนี้จะถูกใช้ในกรณีที่ของไหลในกระบวนการเป็นของไหลที่ไม่มีตะกอน สะอาด ไม่ได้เป็นสารกัดกร่อนและสารหนืด เนื่องจากสารพวกนี้จะไหลเข้าสู่ทรานสมิตเตอร์ผ่านวาล์วมานิโฟลด์ (Valve Manifold) ที่เป็นแบบชนิด I-I-E-V หรือเรียกว่า 4 Valve Manifold Type A หมายความว่าวาล์ว I คือ Isolate Valve, วาล์ว E คือ Equalize Valve และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์ว V คือ Vent Valve ด้วยการเชื่อมทางกระบวนการ (Process Connection) จำนวน 2 ชุด ที่เป็นแบบเกลียวตัวเมียขนาดครึ่งนิ้วที่ติดกับวาล์วมานิโฟลด์กับเกลียวตัวผู้ขนาดครึ่งนิ้วที่ติดกับคอนเนคเตอร์ตัวผู้ (Male Connector) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 12 มิลลิเมตร และผ่านการเชื่อมทางด้านระบายออก (Drain Connection) จำนวน 1 ชุดที่เป็นเหมือนกันกับการเชื่อมทางกระบวนการ แต่จะแตกต่างกันตรงที่ขนาดของเกลียวเป็น 0.25 นิ้ว และ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอนเนคเตอร์ตัวผู้เท่ากับ 10 มิลลิเมตร และรูเวนส์กับรูเดรน (Vent and Drain Hole)ต้องถูกใช้สำหรับรูปแบบนี้เพราะว่า ของไหลกระบวนการจะเข้าสู่ตัวทรานส์มิตเตอร์ จึงต้องมีเพื่อระบายออก ถ้าไม่มีการใช้ ต้องมีปลั๊ก (Plugs) อุดไว้



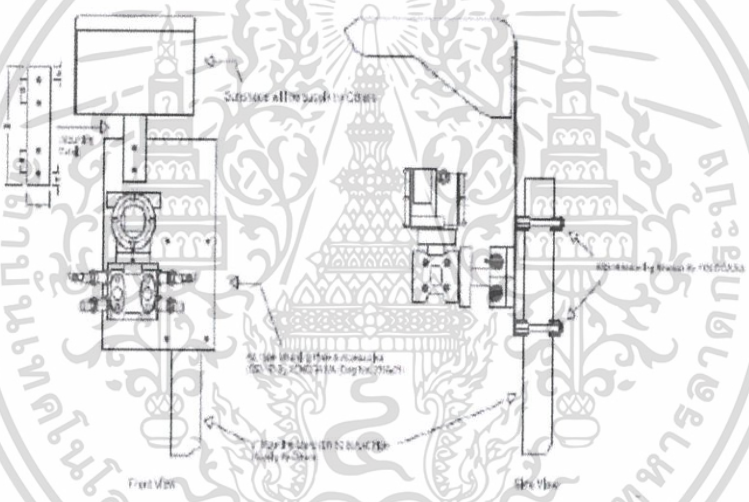
รูปที่ 2.18 วาล์ว มานิโฟลด์ (Valve Manifold) ชนิด I-I-E-V



รูปที่ 2.19 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของรูปแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หน้าแปลนแบบเกลียว (Thread Flange)
2. แผ่นออริฟิซ (Orifice Plate)
3. หน้าแปลนแบบสวมเชื่อม (Socket Weld Flange)
4. วาล์วกั้น ขนาด DN15 (Block Valve DN15)
5. กลอน น๊อต และประเก็นสำหรับวาล์วกั้น (Blot Nut and Gasket for Block Valve)
6. การเชื่อม (Weld) เชื่อมระหว่างหลอดนิพเพิล (Nipple) กับวาล์วกั้น (Block Valve)
7. ท่อนิพเพิล (Nipple)
8. กลอนและน๊อตสำหรับหน้าแปลน (Bolt and Nut for Orifice Flange)
9. หน้าแปลน (Orifice Flange)
10. ประเก็น (Gasket)



รูปที่ 2.20 Hookup Drawings ของรูปแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line)

- คัปพิลลารี่ทิวป์ (Capillary Tube)

การต่อใช้งานรูปแบบนี้จะถูกใช้ในกรณีที่ของไหลกระบวนการเป็นของไหลที่มีตะกอน กัดกร่อน เป็นสารพิษและเป็นสารที่มีความหนืดสูง เพื่อไม่ให้สารเหล่านี้เข้าสู่ตัวทรานส์มิตเตอร์ เพราะอาจส่งผลให้ทรานส์มิตเตอร์เกิดความเสียหายได้ จึงต้องมีไดอะแฟรมซีลด์ (Diaphragm Seals) ติดตั้งทั้งด้าน High และด้าน Low สำหรับแยกอุปกรณ์วัดกับส่วนของกระบวนการออกจากกัน เพื่อกั้นไม่ให้ของไหลกระบวนการผ่านเข้าไปในคัปพิลลารี่ทิวป์ เนื่องจากของไหลเหล่านี้อาจทำให้อุดตันภายในท่อได้ โดยของไหลที่อยู่ในคัปพิลลารี่ทิวป์ จะเป็นซิลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคลน (Silicone) ซึ่งมีอยู่ 2 ตำแหน่งก็คือในคัปพิลลารี่ทิวป์ และรอบแผ่นไดอะแฟรมในตัวทรานส์มิตเตอร์ โดยการเชื่อมทางกระบวนการ (Process Connection) นั้นจะเป็นแบบเดียวกับที่เชื่อมไดอะแฟรมซีลด์และรูเวนส์กับรูเดรน (Vent and Drain Hole) ไม่จำเป็นต้องใช้

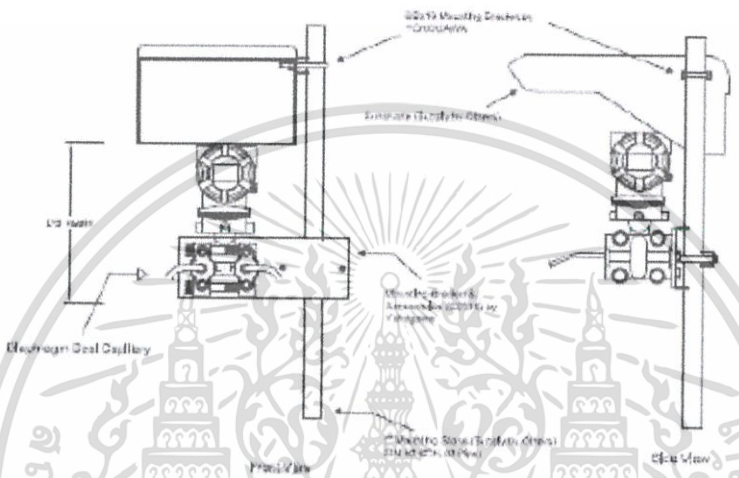
รูปที่ 2.21 ไดอะแฟรมซีลด์ (Diaphragm Seal)

รูปที่ 2.22 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของรูปแบบคัปพิลลารี่ทิวป์ (Capillary Tube)

1. แผ่นไดอะแฟรมซีลด์ ขนาด DN50 (Diaphragm Seals DN50)
2. ดริฟ ริง ขนาด DN50 (Drip Ring DN50)
3. หน้าแปลนปรับขนาด (Adaptor Flange DN15 x DN50)
4. แผ่นออริฟิซ (Orifice Plate)
5. กลอน น็อต และประเก็นสำหรับวาล์วกั้น (Blot Nut and Gasket for Block Valve)
6. วาล์วกั้น ขนาด DN15 (Block Valve DN15)
7. หน้าแปลนแบบสวมเชื่อม (Socket Weld Flange)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การเชื่อม (Weld) เชื่อมระหว่างหลอดนิพเพิล (Nipple) กับวาล์วกั้น (Block Valve)
9. หลอดนิพเพิล (Nipple)
10. กลอนและน๊อตสำหรับหน้าแปลน (Bolt and Nut for Orifice Flange)
11. หน้าแปลน (Orifice Flange)
12. ประเก็น (Gasket)



รูปที่ 2.23 Hookup Drawings ของรูปแบบคัปพิลลารี่ทิวป์ (Capillary Tube)

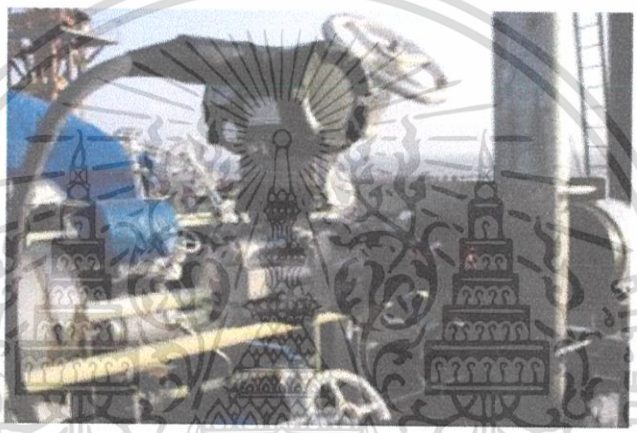
2.1.8 การติดตั้ง

แผ่นออริฟิซทุกตัวในโรงกลั่นน้ำมันมีลักษณะแนวนอน สำหรับทั้งแผ่นออริฟิซมาตรฐานและแผ่นออริฟิซแบบคอนดิชั่นนิ่ง ติดตั้งวางขวางการไหลของของไหล โดยระนาบของแผ่นต้องตั้งฉากกับทิศทางของการไหล ซึ่งแผ่นออริฟิซไม่สามารถอยู่โดยลำพัง ต้องมีหน้าแปลนชนิดหน้ายื่น (Welding Neck Flange) คอยประกบทั้งด้านหน้าและด้านหลังของแผ่น และยังต้องมีประเก็น (Gasket) สอดใส่ระหว่างแผ่นออริฟิซและหน้าแปลน และทำการยึดอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิดด้วยกลอนและน๊อต (Bolt and Nut) เข้าด้วยกัน ซึ่งจุดต่อความดันที่แท็บออกมาจากหน้าแปลนเพื่อไปยังทรานส์มิตเตอร์นั้นจะต้องมีวาล์วกั้น (Block Valve) ติดตั้งไว้ เพื่อว่าในกรณีที่ต้องการนำทรานส์มิตเตอร์ไปสอบเทียบ จะได้ไม่ต้องหยุดการทำงานของกระบวนการ แค่ปิดวาล์ว ก็สามารถนำทรานส์มิตเตอร์ไปสอบเทียบได้เลย โดยท่อที่เชื่อมระหว่างแผ่นออริฟิซกับทรานส์มิตเตอร์ต้องเป็นท่อที่สามารถบิดตัวได้ (Tube) เพื่อที่จะไม่ต้องใช้ข้อต่อ (Fittings) ในการติดตั้งและจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย โดยระยะความชันของทิวป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าประมาณ 1:5 ในทิศทางขึ้นสำหรับของไหลที่เป็นแก๊สและในทิศทางลงสำหรับของไหลที่เป็นของเหลวหรือไอน้ำ

ในการติดตั้งแผ่นออริฟิซจะต้องติดตั้งอยู่กับท่อที่รูปแบบการไหล (Flow Profile) ไม่เปลี่ยนแปลงมาก เนื่องจากมีผลต่อความเที่ยงตรงของค่าอัตราการไหลที่วัดได้ ในโครงสร้างการติดตั้งท่อจะมีรูปแบบต่างๆหลายรูปแบบ ซึ่งล้วนส่งผลต่อการวัด ดังนั้นการวัดค่าอัตราการไหลในกระบวนการผลิตที่ต้องการความถูกต้อง จะต้องมีการจัดเตรียมท่อตรงทั้งด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นออริฟิซให้มีความยาวตามมาตรฐานสากลที่ใช้อ้างอิง ตัวอย่างของรูปแบบท่อในลักษณะต่างๆและความต้องการของท่อที่เป็นเส้นตรง



รูปที่ 2.24 การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างกับชุด Mounting Bracket

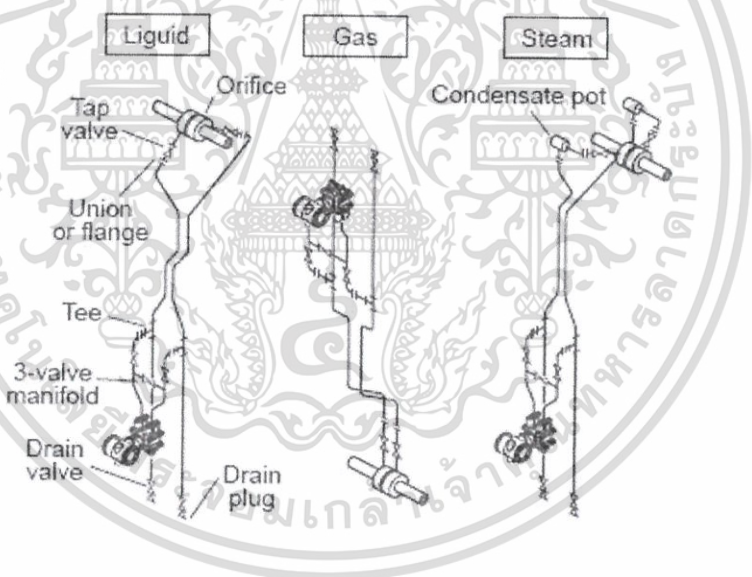
ในทำนองเดียวกันกับการติดตั้งแผ่นออริฟิซ การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างเข้ากับแผ่นออริฟิซจะต้องทำการติดตั้งให้ถูกต้อง เพื่อให้ค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดความดันแตกต่างมีความผิดพลาดต่ำ โดยจะต้องมีเสาค้ำ (Stanchion) และ Mounting Bracket ที่ประกอบไปด้วยเหล็กรูปตัวยู 2 ตัวและ Mounting Plate สำหรับใช้ติดตั้ง เนื่องจากการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์ เป็นการติดตั้งที่แยกออกมาจากตัวอุปกรณ์วัด ต่างจากแผ่นออริฟิซที่ติดตั้งภายในท่อ (Inline) และการติดตั้งต้องเป็นแบบ Horizontal Impulse Piping Type โดย Mounting Plate จะเป็นแบบ Flat Type โดยตัวแปรหลักๆสำหรับใช้พิจารณาการติดตั้งมีดังนี้

- ตำแหน่งของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างจะขึ้นอยู่กับสถานะของไหลที่ต้องการวัด ถ้าของไหลมีสถานะเป็นแก๊สหรือไอ จะต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดให้อยู่เหนือจุดที่ทำการวัด แต่ถ้าของไหลมีสถานะเป็นของเหลว จะต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดให้อยู่ต่ำกว่าจุดที่ทำการวัด ที่เป็นแบบนี้ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุผลหลักคือ ในกรณีของไหลที่เป็นแก๊สหรือไอนั้น ไม่ต้องการให้เกิดการควบแน่นเป็นของเหลวตกค้างอยู่ในท่อ เพราะอาจจะไหลไปยังอุปกรณ์วัดได้ ในทำนองเดียวกันของไหลที่เป็นของเหลว ไม่ต้องการให้เกิดการระเหยกลายเป็นฟองอากาศอยู่ในท่อ เนื่องจากย่านการวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างมีค่าต่ำมากมีหน่วยเป็นมิลิบาร์ ถ้ามีของเหลวหรือแก๊สปะปนอยู่ในท่อจากจุดที่ทำการวัดไปยังทรานส์มิตเตอร์ ทำให้ค่าความดันแตกต่างที่วัดได้มีค่าไม่ตรงกับค่าที่ได้จากแผ่นออริฟิซ ซึ่งจะทำให้ค่าที่อ่านได้บนหน้าจอแสดงผลมีค่าไม่ถูกต้อง

- ความยาวของท่อทั้งสองด้านควรมีความยาวให้สั้นที่สุดและเท่ากัน
- ความเอียงของท่อต้องเหมาะสม
- ในบางครั้งอาจมีข้อจำกัดของทรานส์มิตเตอร์ในเรื่องของอุณหภูมิและความดัน จึงจำเป็นต้องจัดเตรียมอุปกรณ์เสริมเพิ่มเติมเช่น การติดตั้ง Seal Pot หรือเรียกอีกอย่างว่า Condensate Pot สำหรับใช้วัดไอน้ำอุณหภูมิสูงๆ



รูปที่ 2.25 การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างในรูปแบบต่างๆ

การติดตั้งทั่วๆไปจะพิจารณาดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งที่รวมเกี่ยวกับระยะท่อ (Straight Length) ของอุปกรณ์วัดความดันแตกต่าง เช่น แผ่นออริฟิส ควรทำตามมาตรฐาน ISO 5167-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวลดขนาดท่อ (Pipe Reducer) ต้องได้รับการทดสอบก่อนเริ่มการใช้งาน โดยอาจจะส่งผลกระทบต่อความเร็วโปรไฟล์ (Velocity Profile) ได้ ดังนั้นไม่ควรนำตัวลดขนาดท่อมาใช้ใกล้กับบริเวณที่มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ขึ้นอยู่กับความเร็วโปรไฟล์
3. เพื่อการหลีกเลี่ยงระยะความยาวของท่อที่ปราศจากสิ่งกีดขวางที่มากเกินไป วาล์วควบคุม (Control Valve) ควรติดตั้งทางด้านหลังของอุปกรณ์วัด (Measuring Elements) ที่ขึ้นอยู่กับความเร็วโปรไฟล์ตำแหน่งใดก็ได้ที่สามารถเป็นไปได้ แต่สำหรับวาล์วแบ่ง แยก (Isolating Valve) ควรถูกติดตั้งทางด้านหน้าของอุปกรณ์วัด และตัว Actuator ของวาล์วควรเปิดสุดภายใต้การทำงานของกระบวนการ
4. สำหรับของไหลที่เป็นของเหลว ท่อที่วางในแนวนอนหรือแนวตั้งควรมีของเหลวไหลเต็มท่อตลอดการทำงานของกระบวนการ
5. ควรเลือกสถานที่ในการติดตั้งอุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือนของท่อไม่มาก แต่ถ้าในกรณีจำเป็นควรมีการติดตั้งท่อเสริมเข้าไปหลังตัวอุปกรณ์วัดเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนที่มากเกินไป
6. ในกรณีที่มีการวัดความดันและอุณหภูมิเพื่อชดเชยความหนาแน่น การแท็บความดัน (Pressure Tapping) และเทอร์มอเวลล์ (Thermowell) ควรมีการติดตั้งที่ระยะ $2\frac{1}{2}D$ ทางด้านหน้าและ $8D$ ทางด้านหลังของอุปกรณ์วัด เมื่อ D คือขนาดเส้นผ่าศูนย์ กลางของท่อ

2.1.9 ข้อดีและข้อเสีย

ข้อดีของการวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซมีดังนี้

- สะดวกในการติดตั้ง, ราคาถูก และ มีวัสดุหลายชนิดให้เลือกใช้
- สะดวกต่อการบำรุงรักษา
- สามารถนำไปใช้ร่วมกันกับทราส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter)

ข้อเสียของการวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซมีดังนี้

- แผ่นออริฟิซจะมีความไวต่อความเสียหายเมื่อเลือกใช้วัสดุไม่เหมาะสมเนื่องจากแผ่นออริฟิซ เป็นแผ่นโลหะที่ต้องสัมผัสกับกระแสการไหลตลอดเวลา ซึ่งอาจทำให้โค้งงอหรือสึกหรอได้ง่าย
- มีค่าความดันสูญเสียถาวรสูง ดังนั้นการติดตั้งควรใช้แนวนอนและต้องมีหน้าแปลน ประกอบกับท่อด้วยสำหรับการติดตั้งแบบ Flange Tapping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เนื่องจากแผ่นออริฟิซจะทำให้เกิดความดันตกคร่อมมาก และเป็นค่าที่แปรผันไปกับค่าอัตราการไหลยกกำลังสอง ซึ่งถ้าอัตราการไหลมากขึ้น ความดันตกคร่อมก็จะมีค่ามากขึ้นไปด้วย และในกรณีที่อัตราการไหลมีค่าต่ำๆ (ต่ำกว่าประมาณ 30%) ค่าความเที่ยงตรงก็จะลดลงไปด้วยเหมือนกัน
- อาจเกิดการอุดตัน เป็นผลให้คุณสมบัติเกิดการเปลี่ยนแปลง
- มีค่า Turn Down ต่ำ เนื่องจากฟังก์ชันรากที่สอง (Square Function)
- ต้องการท่อที่เป็นทางตรงทั้งด้านหน้าและด้านหลังที่ซับซ้อนกว่าแบบอื่นๆ
- มีโอกาสเกิดการรั่วไหลตามรอยต่างๆได้สูง เนื่องจากมีจำนวนจุดต่อเป็นจำนวนมาก

2.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิค

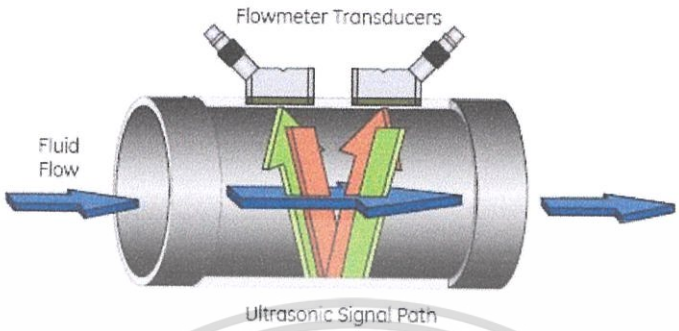
อุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้หลักการความดันแตกต่างที่พบได้ทั่วไปตามโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นออริฟิซ ส่วนอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคจะถูกใช้ในกรณีที่ไม่สามารถใช้อุปกรณ์วัดดังกล่าวได้ เนื่องมาจากความเที่ยงตรง (Accuracy) หรือค่าความสามารถของย่านการวัด (Rangeability) ไม่เพียงพอ เป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือในระบบการวัดมากขึ้นเพราะว่าความดันตกคร่อมมีค่าน้อยมากหรือแถบไม่มีเลย เป็นผลให้ความดันของกระบวนการขณะใช้งานมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดอื่น ทำให้การวัดอัตราการไหลทั้งในของเหลวและแก๊สอยู่ในรูปเชิงมวลทั้งหมด เพื่อป้องกันผลกระทบของปริมาตรและความหนาแน่นต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดันสำหรับของไหลที่สามารถอัดตัวได้อย่างเช่น แก๊ส จึงแสดงว่าอุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวัดอัตราการไหลที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง

2.2.1 ทฤษฎีและหลักการวัด

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคเป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่อาศัยหลักการของคลื่นเสียงความถี่สูงซึ่งมีอยู่หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 ประเภท คือ Counter Propagating (Transit Time) กับ Doppler ซึ่งในแต่ละแบบจะใช้วิธีการวัดของคลื่นเสียงความถี่สูงที่แตกต่างกัน โดยประเภทแรกจะอาศัยหลักการวัดความเร็วของของไหล โดยอยู่ในรูปของความแตกต่างของเวลาในการรับส่งคลื่นเสียงความถี่สูงจากทรานสดิวเซอร์ทั้ง 2 ตัว ส่วนประเภทสองจะใช้ความต่างของความถี่ของคลื่นเสียงความถี่สูงที่เลื่อนไป แต่สำหรับในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีอุปกรณ์วัดจะใช้หลักการความต่างของเวลา โดยมีอยู่ 4 ชนิดด้วยกันคือ 1. Magnetic Portable Type 2. Clamp-on Fixed Type 3. Inline Type และ 4. Insertion ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างและส่วนประกอบที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสิ้นเชิงและถูกนำไปใช้ในกระบวนการของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีคนละส่วน โดยทั้งหมดนี้จะอธิบายในส่วนต่อไป



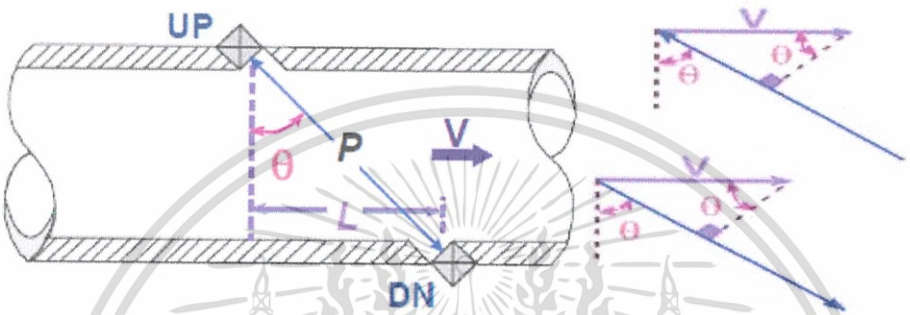
รูปที่ 2.26 หลักการ Counter Propagating (Transit Time)

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้ จะวัดอัตราการไหลโดยอาศัยหลักการวัดความต่างเวลาของคลื่นอุลตราโซนิคหรือคลื่นเสียงความถี่สูงเดินทางผ่านท่อ ทั้งในทิศทางตามการไหลและทวนการไหล ซึ่งจะประกอบด้วยทรานส์ดิวเซอร์สองตัวที่ถูกติดเข้าไปในท่อในลักษณะเยื้องกัน และทำงานเหมือนเป็นทั้งตัวรับและตัวส่งในตัวเดียวกัน เช่น คลื่นอุลตราโซนิคถูกส่งจากทรานส์ดิวเซอร์ตัวแรกไปยังทรานส์ดิวเซอร์ตัวที่สอง ในทำนองเดียวกันก็จะถูกส่งจากทรานส์ดิวเซอร์ตัวที่สองมายังตัวแรกเหมือนกัน โดยจะมีออสซิลเลเตอร์อิเล็กทรอนิค (Electronic Oscillator) ตัวหนึ่งถูกต่ออยู่ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายคลื่นอุลตราโซนิคหรือคลื่นเสียงความถี่สูงให้กับทรานส์ดิวเซอร์ที่ทำงานเป็นตัวส่ง ในขณะที่ตัวตรวจสอบจะถูกต่อเข้ากับทรานส์ดิวเซอร์ที่ทำงานเป็นตัวรับ โดยทรานส์ดิวเซอร์ที่ทำงานเป็นตัวส่งหรือตัวรับขึ้นอยู่กับ Change Over Switch หลังจากนั้นตัวตรวจสอบจะวัดช่วงเวลาในการส่งคลื่นอุลตราโซนิคจากทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสองทิศทาง ถ้าของไหลไม่มีการเคลื่อนที่ ช่วงเวลาด้าน Downstream จะเท่ากับช่วงเวลาด้าน Upstream แต่ถ้ากรณีที่ของไหลมีการเคลื่อนที่ ช่วงเวลาด้าน Downstream จะน้อยกว่าช่วงเวลาด้าน Upstream โดยความต่างของช่วงเวลาทั้งสองจะเป็นสัดส่วนเดียวกันกับความเร็วการไหลของของไหลและยังเป็นการบอกทิศทางการไหลด้วย

- วัดได้ทั้งของเหลวหรือแก๊สและไอน้ำ และต้องสะอาด
- มีค่าความเที่ยงตรง (Accuracy) ±1 ถึง 2.5% ของ Full Scale (วิธีที่ 1มีความเที่ยงตรงมากกว่าวิธีที่ 2)
- สามารถวัดได้ (Uni-directional) และสองทิศทาง (Bi-directional)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หาค่าอัตราการไหลซึ่งเป็นอัตราการไหลเชิงปริมาตรได้โดยอาศัยหลักการความแตกต่างของความเร็วในการเดินทางของคลื่นเสียงความถี่สูง โดยความเร็วจะมากขึ้นเมื่อทิศทาง การไหลและทิศทางของคลื่นความถี่ไปในทิศทางเดียวกัน และจะลดลงเมื่อทิศทางกลับ กัน เมื่อทราบผลต่างของช่วงเวลาทั้งสอง จึงจะสามารถหาความเร็วในการไหลของของไหลในท่อได้



รูปที่ 2.27 ความสัมพันธ์ของตัวแปรสำหรับทฤษฎี Transit-Time

เมื่อกระบวนการไหลหยุดทำงานและทำงาน ความต่างของช่วงเวลาทั้ง 2 กรณีเป็นดังนี้

$$t_{up}=\frac{P}{C};t_{dn}=\frac{P}{C};\Delta t=t_{up}-t_{dn}=0 \tag{2.10}$$

$$t_{up}=\frac{P}{C-V\sin\theta};t_{dn}=\frac{P}{C+V\sin\theta};\Delta t=t_{up}-t_{dn} \tag{2.11}$$

และความเร็วของไหล สามารถพิสูจน์สมการจากผลต่างของช่วงเวลาในการรับส่งคลื่นเสียงความถี่สูงดังนี้

$$\frac{1}{t_{up}}=\frac{C-V\sin\theta}{P}\ \&\ \frac{1}{t_{dn}}=\frac{C+V\sin\theta}{P}$$

$$\frac{1}{t_{dn}}-\frac{1}{t_{up}}=\frac{C+V\sin\theta}{P}-\frac{C-V\sin\theta}{P}$$

$$\frac{1}{t_{dn}}-\frac{1}{t_{up}}=\frac{2V\sin\theta}{P}$$

$$V=\frac{P}{2\sin\theta}\left(\frac{1}{t_{dn}}-\frac{1}{t_{up}}\right);\sin\theta=\frac{L}{P}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการไหลสำหรับของไหลกับผลต่างของช่วงเวลาพิจารณาได้จาก

$$V = \frac{P^2}{2L}\left(\frac{1}{t_{dn}} - \frac{1}{t_{up}}\right) \tag{2.12}$$

2.2.2 **อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด** Magnetic Portable Type

อุปกรณ์วัดรุ่น PT878 เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิดหนึ่งที่ใช้หลักการ Transit-Time เท่านั้น เนื่องจากมีค่าความสามารถของย่านการวัดหรือค่า Turn Down เท่ากับ 400:1 จึงสามารถวัดอัตราการไหลที่มีย่านวัดค่อนข้างกว้าง ใช้งานง่าย และค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ +/-3% ของความเร็วที่อ่านได้ การติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์สามารถติดไว้กับท่อได้ ปรับระยะระหว่างทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสองตัวได้ตามความเหมาะสม อุปกรณ์วัดรุ่นนี้ไม่มีส่วนประกอบเคลื่อนที่และไม่ต้องใช้งานร่วมกับแผ่นออริฟิซ เหมาะกับของไหลที่เป็นของเหลวที่ไม่มีสารปนเปื้อนเช่น น้ำสะอาด น้ำเสีย น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันดีเซล สารประกอบไฮโดรคาร์บอนและของเหลวชนิดอื่นๆ โดยมีลักษณะและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา
2. ติดตั้งด้านนอก ไม่ได้สอดใส่ภายในท่อ
3. สามารถวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตร ความเร็ว และพลังงานได้
4. มีชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เช่น คีย์แพดพร้อมกับกล่องชาร์ตแบตเตอรี่และสายไฟเคเบิล โดยด้านบนของคีย์แพดประกอบด้วยรูสำหรับไว้เสียบต่างๆมากมายเช่น Power Input, Analog I/O, IR Sensor และ Upstream & Downstream Inputs (Thickness Gauge และ RTD)

รูปที่ 2.28 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Magnetic Portable Type

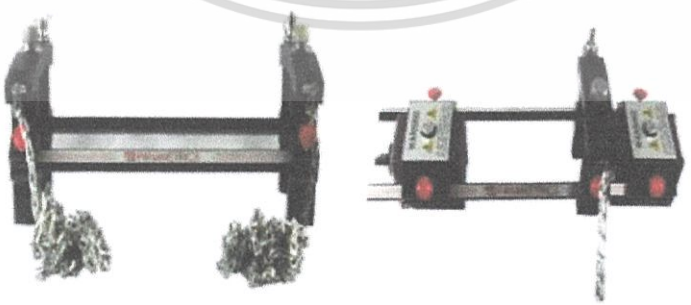
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.29 อุปกรณ์ฮาร์ตแวร์ (Hardware)

5. ทรานสดิวเซอร์มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการใช้งาน โดยการเลือกใช้อยู่บนพื้นฐานของขนาดท่อและย่านการวัดของอุณหภูมิ

รูปที่ 2.30 ทรานสดิวเซอร์รุ่น C-RS-401 และรุ่นที่มีอุณหภูมิสูง C-PT

6. มีอุปกรณ์สำหรับยึดทรานส์ดิวเซอร์ไว้กับท่อหลายขนาด เพื่อใช้กับท่อที่มีหลายขนาดเช่นกัน แต่สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่มากๆอาจต้องใช้ Standard Clamping Fixture สำหรับท่อที่ทำมาจาก Carbon Steel ทั้งหมด การยึดทรานส์ดิวเซอร์เข้ากับท่อแบบแม่เหล็ก (Magnetic Clamping Fixture) นั้น เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด



รูปที่ 2.31 อุปกรณ์ยึดทรานส์ดิวเซอร์ไว้กับท่อทั้งแบบมาตรฐานและแบบแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. มีเกจวัดความหนา (Thickness Gauge) เพื่อวัดความหนาของผนังท่อ เนื่องจากถ้ารู้ความหนาของผนังท่อแล้ว จะสามารถทำให้ระบบการวัดมีค่าความเที่ยงตรง (Accuracy) เพิ่มมากขึ้น โดยความหนาของผนังท่อมาตรฐานปกติมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ถึง 13% ซึ่งสามารถวัดได้โดยตรงกับขั้วของทรานส์ดิวเซอร์

รูปที่ 2.32 เกจวัดความหนา (Thickness Gauge)

8. สามารถวัดพลังงานได้ โดยใช้สาย 4 สายและ RTD (Resistance Temperature Detector) ซึ่งเป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการของความต้านทาน ขนาด 100 โอห์ม ร่วมกับทรานส์มิตเตอร์

รูปที่ 2.33 RTD (ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ)

9. มีพอร์ตอินฟาเรต (IR Port) ใช้ในการสื่อสารและส่งข้อมูลระหว่างหน่ายวัดกับคอมพิวเตอร์ ถ้าคอมพิวเตอร์ไม่มีพอร์ตอินฟาเรต ต้องใช้ตัวแปลงเพื่อเสียบพอร์ตอินฟาเรตเข้ากับพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.34 พอร์ตอินฟาเรด (IR Port)

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับทรานส์ดิวเซอร์ที่เลือกใช้ เนื่องจากชนิดของทรานส์ดิวเซอร์มีมากมายหลายชนิด มีย่านของอุณหภูมิที่ไม่เหมือนกัน นอกเหนือจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆอีก เช่น ความถี่พาหะ (Carrier Frequency) ความยาวเส้นทางในการเคลื่อนที่ของคลื่นอุลตราโซนิค (Path Length) และลักษณะการติดตั้งของท่อ (Pipe Configuration) สามารถประยุกต์ใช้กับท่อได้หลายขนาด ความหนาของผนังท่อมีขนาดได้ถึง 3 นิ้ว ดังนั้นความเที่ยงตรงในการวัดที่เทียบกับความเร็วจึงขึ้นอยู่กับขนาดของท่อ ยิ่งท่อที่มีขนาดใหญ่ จะยิ่งมีความเที่ยงตรงสูง และจำนวนเส้นทางการเคลื่อนที่ของคลื่นอุลตราโซนิคก็มีส่วนเกี่ยวข้องเช่นกันว่าเป็น 1 Path หรือ 2 Path

2.2.3 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Clamp-on Fixed Type

อุปกรณ์วัดรุ่น XMT868i เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิดหนึ่งที่ใช้หลักการ Transit Time เหมาะกับของไหลที่เป็นของเหลวเท่านั้น จึงใช้ในกระบวนการหล่อน้ำเย็น (Cooling Water System) และมีค่าความสามารถของย่านการวัดหรือค่า Turn Down เท่ากับ 400:1 และค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ +/-3% ของความเร็วที่อ่านได้เหมือนกับชนิด Portable Magnetic Type สาเหตุที่เหมือนกันเพราะว่าอุปกรณ์วัดทั้งสองชนิดนี้ ใช้กับกระบวนการหล่อน้ำเย็นและอุปกรณ์ไม่ได้สัมผัสกับของไหล จึงไม่ต้องการความเที่ยงตรงที่สูงมากนัก แต่อุปกรณ์วัดชนิด Clamp-on Fixed Type สามารถประยุกต์ใช้กับท่อได้หลายขนาดและวัสดุได้หลายชนิดมากกว่า อุปกรณ์วัดชนิดนี้ยังเป็นอุปกรณ์วัดที่ไม่ต้องสอดใส่เข้าไปในท่อและยังสามารถติดตั้งภายในพื้นที่อันตรายได้ ซึ่งจะพบได้ทั่วไปในอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี และที่สำคัญคือประยุกต์ใช้เป็นแบบ 2 Path ได้ นั้นหมายความว่าสามารถติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์ 4 ตัว บนท่อเดียวกันโดยมีทรานสมิตเตอร์เพียงตัวเดียว หรือติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์ 2 ชุดบนท่อคนละอันกับใช้ทรานสมิตเตอร์ตัวเดียวกันก็ได้เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่าย แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ต้องการลดการผิดเพี้ยนลักษณะของการไหลให้น้อยที่สุด และมีความเที่ยงตรงที่มากที่สุด ควรติดตั้งทรานสดิวเซอร์ 4 ตัวบนท่อเดียวกัน เนื่องจากกระบวนการของแต่ละท่อนั้น อาจมีรูปแบบการไหลไม่เหมือนกัน อันเนื่องมาจากเงื่อนไขการทำงานที่แตกต่างกัน อาจมีผลเสียต่อการทำงานของทรานส์มิตเตอร์ได้

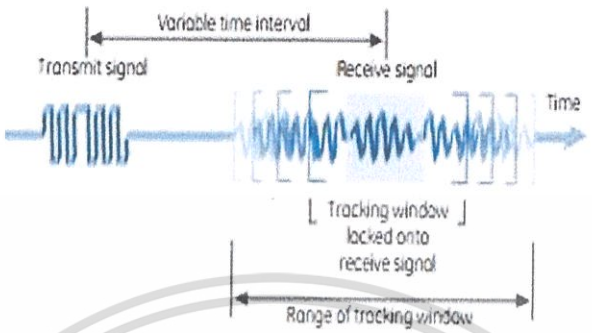
รูปที่ 2.35 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Clamp-on Fixed Type

ทรานส์ดิวเซอร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ Wetted กับ Non-Wetted (Clamp-on) โดยอุปกรณ์วัดรุ่น XMT868i นี้จะใช้ทรานส์ดิวเซอร์แบบ Non-Wetted ซึ่งติดตั้งด้านนอกท่อและไม่สัมผัสกับของไหลกระบวนการ แต่ถ้าเป็นแบบ Wetted หมายความว่าทรานส์ดิวเซอร์จะติดตั้งเข้าไปในท่อและสัมผัสกับของไหลโดยตรง

ทรานส์มิตเตอร์ของอุปกรณ์วัดรุ่น XMT868i จะมาพร้อมกับคีย์แพดที่มีปุ่มอินฟาเรด 6 ปุ่มไว้สำหรับป้องกันการขัดข้องของโปรแกรม การใช้งานเพียงกดปุ่มอินฟาเรดบนหน้าจอของทรานส์มิตเตอร์ ถ้าต้องการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ต้องมี RS232 Interface เพื่อใช้เป็นการสื่อสารแบบซีเรียล (Serial Communication) และยังมีอีกหนึ่งฟังก์ชันที่พิเศษเฉพาะสำหรับทรานส์มิตเตอร์รุ่นนี้ ซึ่งก็คือฟังก์ชัน Automatic Tracking Window (ATW) มีไว้เพื่อทำให้ระบบการวัดอัตราการไหลมีความเที่ยงตรงมากขึ้น ทั้งๆที่คุณสมบัติของของไหลหรือเงื่อนไขการทำงานเปลี่ยนแปลงไป ฟังก์ชันนี้สามารถใช้ได้กับทรานส์ดิวเซอร์ทั้งแบบ Wetted และ Non-Wetted โดยจะทำหน้าที่คอยติดตามและกวาดสัญญาณคลื่นอุลตราโซนิคของทรานส์ดิวเซอร์ตัวรับ เมื่อความเร็วคลื่นเสียงของของไหลเกิดการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากการเลื่อนไปของอุณหภูมิหรือมีของไหลชนิดอื่นปะปนเข้ามา ฟังก์ชันนี้จะคอยติดตามผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วคลื่นเสียงในของไหล เมื่อพบสัญญาณของตัวรับที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดแล้ว จะทำการล็อกสัญญาณจนกระทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงในความเร็วคลื่นเสียงครั้งใหม่เกิดขึ้น ฟังก์ชันนี้ก็จะหาสัญญาณที่ดีที่สุดอีกครั้ง



รูปที่ 2.36 Automatic Tracking Window (ATW)

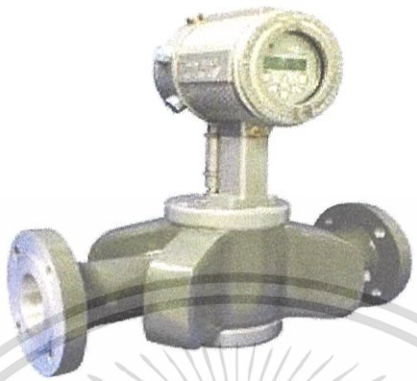
2.2.4 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Inline

อุปกรณ์วัดรุ่น Z1G ก็เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคอีกชนิดหนึ่งที่ใช้หลักการ Transit Time เหมือนกัน ถูกออกแบบมาเพื่อวัดอัตราการไหลของแก๊สโดยเฉพาะ ทั้งแก๊สบริสุทธิ์ ไบโอแก๊ส (Biogas) แก๊สเสียและไอน้ำ และเป็นรุ่นที่รวมความความเที่ยงตรง ค่าความสามารถของย่านการวัดและความน่าเชื่อถือเข้าด้วยกัน โดยมีค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ +/-1% ของความเร็วที่อ่านได้ แม้ว่าอุปกรณ์วัดรุ่นนี้จะเป็นชนิดที่สอดใส่เข้าไปในท่อ แต่ไม่เกิดการกีดขวางการไหลและไม่ส่งผลทำให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะการไหล โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เนื่องจากเป็นอุปกรณ์วัดที่สอดใส่เข้าไปในท่อแล้ว ทรานส์ดิวเซอร์ สายเคเบิลและจุดเชื่อมต่อสายไฟ (Junction Box) จะอยู่ภายในอุปกรณ์วัดทั้งหมด จึงสามารถป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่รุนแรงได้
2. ทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้สามารถส่งสัญญาณคลื่นอุลตราโซนิคได้สูงเป็นพิเศษ และยังสามารถแยกคลื่นความถี่เหนือเสียงได้ ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในกรณีที่เกิดการควบแน่นของแก๊สหรือแก๊สไม่มีความบริสุทธิ์
3. มีค่าความสามารถของย่านการวัดหรือ Turn Down ที่สูง เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบการวัด
4. มีอัตราทนต่อความดัน (Pressure Rating) สูง
5. ประยุกต์ใช้กับท่อที่มีขนาด 3, 4 และ 6 นิ้ว

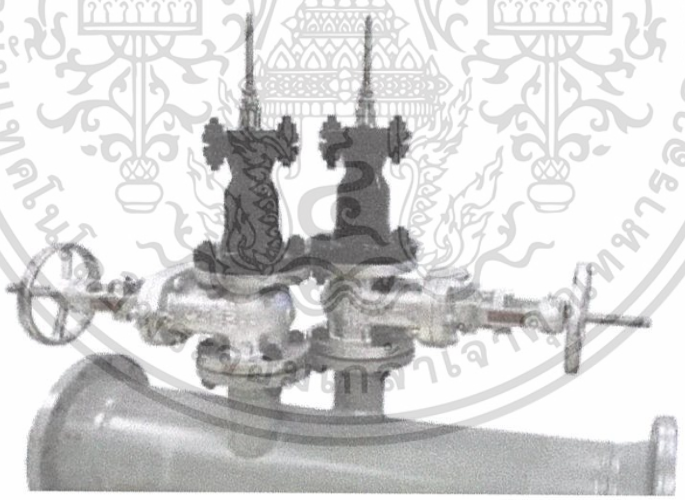
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอุปกรณ์วัดชนิดนี้เป็นชนิดพิเศษ ทางโรงงานผู้ผลิตไม่สามารถทำการสอบเทียบเองได้ จึงต้องส่งไปให้กับโรงงานอื่นทำการสอบเทียบให้แทน



รูปที่ 2.37 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Inline

2.2.5 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Insertion



รูปที่ 2.38 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Insertion

อุปกรณ์วัดรุ่น XGF868i เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของแก๊สที่ใช้หลักการ Transit Time เหมาะที่ใช้ในกระบวนการปล่อยแก๊สเสียสู่ปล่องควันหรือหอเผาทิ้ง เนื่องจากแก๊สในปล่องควันมีส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมมาจากหลายแหล่ง ทำให้อัตราการไหลของแก๊สไม่เสถียร ทิศทางการไหล 2 ทิศทาง ความดันผันผวน อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตลอด สภาวะแวดล้อมรุนแรงและช่วงอัตราการไหลค่อนข้างกว้าง ซึ่งอุปกรณ์วัดรุ่นนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับกระบวนการนี้โดยตรง จึงมีค่าความเที่ยงตรงค่อนข้างดีมาก เท่ากับ +/-1% ของความเร็วที่อ่านได้ ซึ่งเหมือนกันกับอุปกรณ์วัดชนิด Inline โดยหลักการวัดคือนำผลต่างของเวลาในการรับส่งคลื่นอุลตราโซนิคของทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสองไปคำนวณความเร็ว อัตราการไหลเชิงมวลและเชิงปริมาตรและมีย่านการวัดที่กว้าง โดยพิจารณาจากค่า Turn Down ที่มีค่าเท่ากับ 4000:1 ทำให้ทรานส์มิตเตอร์สามารถวัดอัตราการไหลที่มีค่าสูงมากกับต่ำมากได้และสามารถติดตั้งได้ใกล้กับจุดวัด เป็นผลให้ง่ายต่อการเชื่อมสายไฟเข้าสู่ทรานส์มิตเตอร์หรือติดตั้งได้ไกลสุดถึง 300 เมตรจากตัวทรานส์ดิวเซอร์และถูกออกแบบ โดยให้หุ้มอยู่ใน Compact Housing ที่มีความแข็งแรงทนทานสามารถป้องกันการระเบิดหรือไฟไหม้ได้ (Explosion proof & Flameproof) ส่วนทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้กับอุปกรณ์วัดรุ่นนี้มีกลไกการติดตั้งแบบสอดแทรกเข้าไป และต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วยในการติดตั้งด้วย ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อการติดตั้ง

รูปที่ 2.39 ภาพแสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหล

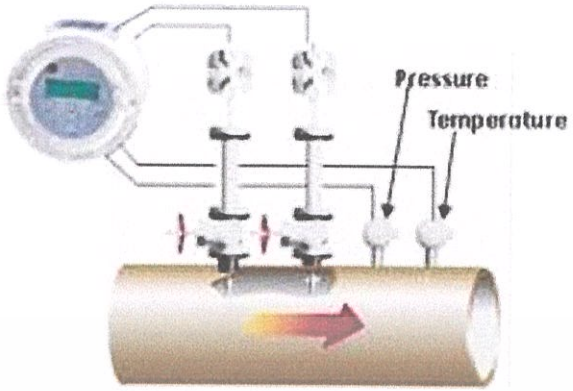
การหาความเร็วของคลื่นความถี่เหนือเสียงหรือคลื่นอุลตราโซนิค

$$V = \frac{P^2(t_{up} - t_{dn})}{2L(t_{dn} \times t_{up})} \tag{2.13}$$

อุณหภูมิและความดันเป็นสิ่งจำเป็นต้องรู้ เพื่อนำมาหาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรมาตรฐาน ซึ่งเป็นสมการการชดเชยความดันและอุณหภูมิสำหรับแก๊ส

$$Q_{STD} = Q_{ACT} \times \frac{P_f}{P_b} \times \frac{T_b}{T_f} \tag{2.14}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 การใช้งานร่วมกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันและอุณหภูมิ

โดย Q_{STD} คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรมาตรฐาน

Q_{ACT} คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรจริง

P_f คือ ความดันขณะใช้งาน

P_b คือ ความดันมาตรฐาน

T_f คือ อุณหภูมิขณะใช้งาน

T_b คือ อุณหภูมิมาตรฐาน

V คือ ความเร็วคลื่นอุลตราโซนิค

P คือ ความยาวระหว่างทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสอง

L คือ ความยาวระหว่างทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสองในแนวเดียวกับทิศทางการไหล

t_{up} คือ ช่วงเวลาในการส่งคลื่นระหว่างทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสองจากล่างสูบน (ตรงข้ามกับทิศทางการไหล)

t_{dn} คือ ช่วงเวลาในการส่งคลื่นระหว่างทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสองจากบนสู่ล่าง (ทิศทางเดียวกับทิศทางการไหล)

2.2.6 ชนิดของทรานส์ดิวเซอร์

ทรานส์ดิวเซอร์ที่นิยมใช้ในกระบวนการปล่อยแก๊สเสียสู่ปล่องควันหรือหอเผาทิ้งคือรุ่น T5 และ T7 โดยแต่ละชนิดนั้นจะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ในการใช้งานจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายอย่างทั้งขนาดของท่อ จำนวนเส้นทางการรับส่งคลื่น (1 Path หรือ 2 Path) รูปแบบการติดตั้ง และความเที่ยงตรงที่ต้องการ

1. สำหรับรูปแบบการติดตั้งแบบเส้นทแยงมุม 45 องศา ทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T5 สามารถใช้กับท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกได้ตั้งแต่ 3 ถึง 14 นิ้ว ส่วนทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T6 สามารถใช้กับท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกได้ตั้งแต่ 14 ถึง 120 นิ้ว
2. สำหรับการติดตั้งแบบ 90 องศา ทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T5 สามารถใช้กับท่อได้ทุกขนาด แต่ค่าความเที่ยงตรงจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับขนาดของท่อ รวมทั้งน้ำหนักโมเลกุลของแก๊ส อุณหภูมิและระยะท่อตรง โดยระยะท่อตรงต้องการอย่างน้อย 20D ทางด้าน Upstream และ 10D ทางด้าน Downstream ส่วนทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T17 ไม่มีการติดตั้งในลักษณะนี้

โดยทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T5 ให้ค่าความเที่ยงตรงในการวัดอัตราการไหลเชิงมวลได้ประมาณ +/- 3.5% ส่วนทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T17 ให้ค่าความเที่ยงตรงในการวัดอัตราการไหลเชิงมวลได้ประมาณ +/- 2.5% และทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสองรุ่นสามารถใช้วัดได้ทั้ง 1 และ 2 Path

รูปที่ 2.41 ทรานสดิวเซอร์รุ่น T5 และ T17

ระบบการวัดในลักษณะนี้มีข้อดีที่ว่าสามารถใช้วัดในท่อขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่และไม่ต้องตัดท่ออีกด้วย แต่วิธีการแบบ Doppler จำเป็นต้องมีอนุภาคพอสมควรในการสะท้อนคลื่นความถี่เหนือเสียง สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการติดตั้งใช้งานก็คือการสั่นสะเทือนของท่อและสัญญาณรบกวน ปัจจุบันการวัดการไหลแบบนี้กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะว่าการติดตั้งสะดวกมากและไม่ต้องตัดท่อใดๆทั้งสิ้นและก็ให้ Accuracy Class ที่สูงด้วย

การเลือกใช้งานรูปแบบการวัดแบบนี้ค่อนข้างเลือกง่ายกว่าแบบอื่นๆ เพราะไม่ต้องคำนึงถึงเซนเซอร์มากนัก อันเนื่องมาจากเซนเซอร์ไม่ได้สัมผัสกับของไหลโดยตรง เพียงแค่เลือกรูปแบบของ Ultrasonic Flow Meters ให้ถูกต้องเท่านั้นและควรหลีกเลี่ยงจุดวัดที่มีการสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 การติดตั้ง

ทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่เหนือเสียงสำหรับหาความแตกต่างของช่วงเวลาเพื่อหาค่าอัตราการไหลนั้น จะมีรูปแบบการติดตั้งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์วัด ชนิดของทรานส์ดิวเซอร์และกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมัน โดยอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Insertion ต้องการระยะท่อตรงทางด้านหน้าเป็นระยะเท่ากับ 20D และทางด้านหลังเป็นระยะเท่ากับ 10D โดย D หมายถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ และใช้กับกระบวนการปล่อยแก๊สเสียทิ้ง ซึ่งการติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้เข้ากับท่อนั้น (Insertion Mechanism) จะเป็นแบบ 90 องศา (Mid Radius Bias 90) และต้องมีอุปกรณ์อื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 2.42

รูปที่ 2.42 Barrel Holder, Packing Gland, Isolation Valve และ Nozzle

นอสเซิล (Nozzle) ที่ใช้ ต้องมีรัศมีความโค้งเท่ากับ $R = (OD/2) + 0.118(3)$ ในการติดตั้งเป็นการเชื่อมนอสเซิลแบบทะลุผ่านเข้าไปในท่อ ความลึกของนอสเซิลที่เข้าไปในท่อประมาณครึ่งหนึ่งของรัศมีภายในของท่อ ระยะห่างระหว่างนอสเซิลทั้งสองในแนวแกนท่อประมาณ 6.4 นิ้วและขอบของนอสเซิลทั้งสองควรอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของท่อ โดยหน้าสัมผัสของนอสเซิลเป็นแบบหน้ายื่น (Raised Face) ต่อกับ Isolation Valve และ Packing Gland ตามลำดับ ทั้งด้าน Upstream และ Down-stream และเสียบ Barrel Holder เข้าไปใน Packing Gland ซึ่งการติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์จะสอดเข้าไปใน Barrel Holder อีกที จากนั้นจะต่อเครื่องขยายสัญญาณที่มีอัตราขยาย (Gain) เท่ากับ 20 เข้ากับทรานส์ดิวเซอร์สำหรับขยายสัญญาณคลื่นที่รับส่งระหว่างทรานส์ดิวเซอร์ เพื่อนำสัญญาณไปเข้าทรานส์มิตเตอร์ โดยผ่านสายเคเบิล (Flowmeter Cable) ที่เป็นแบบ Coaxial หุ้มด้วยลวดเกลียวเหล็กมีความยาวประมาณ 35 เมตร โดยปลายสายเคเบิลที่ต่อเข้ากับทรานส์มิตเตอร์และเครื่องขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีเคเบิ้ลแกลน (Cable Gland) ต่ออยู่เพื่อเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์ ซึ่งเชื่อมด้วยเกลียว M ขนาด 20

รูปที่ 2.43 ตัวอย่างการติดตั้งทรานสดิวเซอร์แบบ Mid Radius Bias 90

การต่อทรานส์มิตเตอร์นั้น ต้องมีเสาค้ำและชุด Mounting Bracket ที่ประกอบด้วยเหล็กรูปตัวยู (U bolts) กับ Mounting Plate ที่เป็นแบบ L Type มาช่วยในการติดตั้ง โดยเหล็กรูปตัวยูจำนวน 2 ตัวจะคล้องเข้ากับเสาค้ำและยึดกับ Mounting Plate โดยทรานส์มิตเตอร์ต้องมีรูไว้เชื่อมกับเคเบิ้ลแกลน จำนวน 7 ตัว

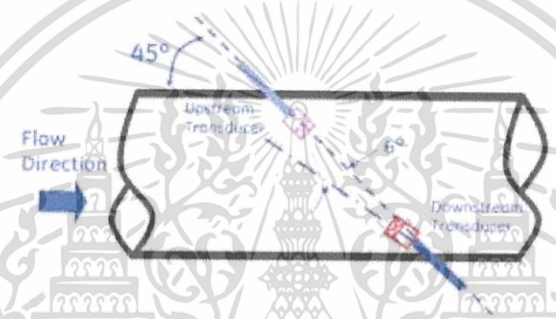
การติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์สำหรับอุปกรณ์วัดชนิด Magnetic Portable Type และ Clamp-on Fixed Type จะมีรูปแบบอยู่ 2 ลักษณะคือ Single Traverse และ Double Traverse

รูปที่ 2.44 การติดตั้งแบบ Single & Double Traverse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Clamp-on Fixed Type ต้องการระยะท่อตรงทางด้านหน้าเป็นระยะ 10D และทางด้านหลังเป็นระยะ 5D และใช้กับกระบวนการหล่อน้ำเย็นเหมือนกับชนิด Magnetic Portable Type โดยการติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์จะเป็นแบบเส้นทแยงมุม 45 องศา (Diagonal 45) หมายถึงทรานส์ดิวเซอร์จะถูกติดตั้งเป็นมุม 45 องศากับแกนของท่อ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดกับทรานส์ดิวเซอร์เป็นแบบ Standard Clamping Fixture (SCF) ตัวเดียวเท่านั้น ซึ่งไม่เหมือนกับชนิด Insertion ที่มีอุปกรณ์ค่อนข้างเยอะและสายเคเบิลมีความยาวประมาณ 10 เมตร

สำหรับกระบวนการที่ต้องการวัดอัตราการไหลที่มีค่าสูงๆ ทรานส์ดิวเซอร์ด้าน Downstream ต้องเอียงเข้ามา 6 องศา เพื่อให้วัดค่าได้อย่างเที่ยงตรงมากขึ้น ดังรูป



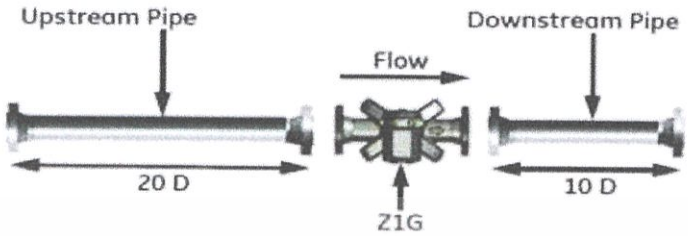
รูปที่ 2.45 การติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์ด้าน Downstream (เบนเข้ามา 6 องศา)

รูปที่ 2.46 ตัวอย่างการติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์แบบ Diagonal 45

ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Inline ใช้กับกระบวนการแทงค์ฟาร์ม ซึ่งเชื่อมท่อกับกระบวนการโดยใช้หน้าแปลนทั้งสองด้าน ไม่จำเป็นต้องเชื่อมทรานส์ดิวเซอร์เข้ากับท่อเหมือนแบบชนิด Insertion หรือใช้อุปกรณ์ยึด (Clamping Fixture) ทรานส์ดิวเซอร์ไว้กับท่อ

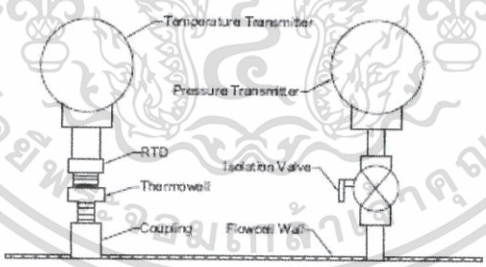
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนกับชนิด Portable Magnetic และ Clamp-on Fixed Type และในการติดตั้ง ต้องติดตั้งในแนวนอนและระยะท่อตรงทางด้านหน้าเป็นระยะเท่ากับ 20D และทางด้านหลังเป็นระยะเท่ากับ 10D



รูปที่ 2.47 ระยะท่อตรงของอุปกรณ์วัดชนิด Inline

สำหรับในกรณีที่ใช้ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันกับอุณหภูมิ การติดตั้งควรมีระยะห่างกันระหว่างทรานส์มิตเตอร์ทั้งสองอย่างน้อยเท่ากับ 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (2D) แต่ไม่ควรเกิน 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (20D) และต้องติดตั้งด้านหลัง (Downstream) ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลเท่านั้น ซึ่งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเป็น Resistive Thermal Devices (RTD) ที่นิยมใช้กันทั่วไปมากกว่า Thermocouple โดยต้องสอดเข้าไปในท่อด้วยความลึกประมาณ ¼ ถึง ½ ซึ่งเอาต์พุตของทรานสมิตเตอร์เป็นสัญญาณแบบ 4-20 mA ใช้แหล่งจ่ายพลังงาน 24 Vdc ให้กับทรานส์มิตเตอร์และมีค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ +/-0.5% ของความเร็วที่อ่านได้



รูปที่ 2.48 ส่วนประกอบของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันและอุณหภูมิ

2.2.8 ข้อดีและข้อเสีย

ข้อดีของการวัดอัตราการไหลด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคมีดังนี้

- เมื่อมีการสอดใส่ทรานส์ดิวเซอร์เข้าไป จะไม่มีการรบกวน Flow Pattern และไม่เพิ่มความต้านทานในระบบการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บางประเภทสามารถติดตั้งภายนอกท่อ โดยไม่ต้องสัมผัสกับของไหล
- ไม่มีส่วนประกอบเคลื่อนที่
- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเอาต์พุตเป็นเชิงเส้น
- ไม่มีค่าความดันสูญเสียหรืออาจจะมีค่าน้อยมาก
- ใช้ได้กับการไหล 2 ทิศทาง
- สามารถใช้ได้กับของไหลที่สะอาด สกปรกและมีของแข็งปะปนมา ขึ้นอยู่กับประเภทการเลือกใช้ระหว่าง Transit Time หรือ Doppler
- มีค่าความสามารถของย่านการวัด (Rangeability) หรือค่า Turn Down สูงกับบางประเภท

ข้อเสียของการวัดอัตราการไหลด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคมีดังนี้

- สำหรับประเภท Doppler ต้องมีอนุภาคพอสมควรในการใช้สะท้อนคลื่นความถี่เหนือเสียง
- ไม่เหมาะกับสถานที่ที่มีการสั่นสะเทือนและสัญญาณรบกวน
- การติดตั้งค่อนข้างยุ่งยากมากกว่าแบบอื่นๆ
- ตัวเซนเซอร์มีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิใช้งาน
- ลักษณะการไหลต้องคงที่ตลอดการใช้งาน

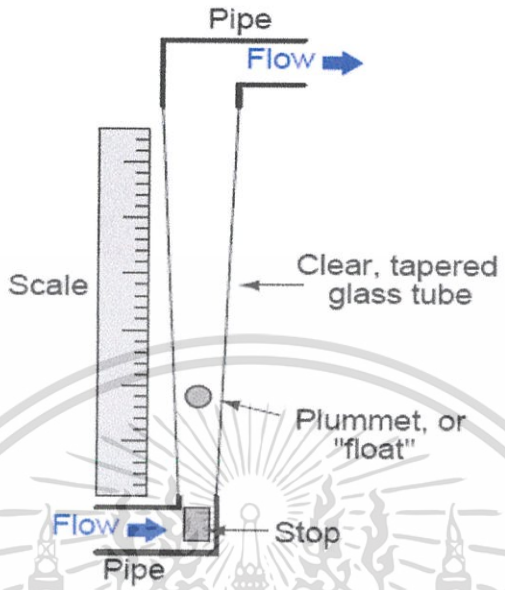
2.3 โรตามิตเตอร์

Variable Area Flow Meter หรือที่นิยมเรียกว่า โรตามิตเตอร์ (Rotameter) เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้หลักการทำงานด้วยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ จะเป็นฟังก์ชันของอัตราการไหลที่ผ่านตัวโรตามิเตอร์ อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้มีการใช้งานกันมาเป็นเวลายาวนานและในปัจจุบันก็ยังคงมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการและเป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลด้วยวิธีการง่ายๆ โดยทฤษฎีและหลักการวัด ลักษณะการติดตั้งและอุปกรณ์เสริมจะอธิบายในหัวข้อต่อไปนี้

รูปที่ 2.49 โรตามิตเตอร์แบบโลหะ ยี่ห้อ Tokyo Keiso

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ทฤษฎีพื้นที่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.50 หลักการทำงานของโรตามิเตอร์

สำหรับ Variable Head Flow Meter เช่น แผ่นออริฟิซ การเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลจะสอดคล้องกับความดันแตกต่าง แต่สำหรับโรตามิตเตอร์หรืออุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดพื้นที่เปลี่ยนแปลง พื้นที่ของการต้านสามารถเปลี่ยนแปลงได้เพื่อรักษาให้ความดันแตกต่างคงที่ โดยอุปกรณ์วัดชนิดนี้สามารถนำไปใช้งานกับของไหลได้หลายสถานะทั้งที่เป็นแก๊ส และของเหลวที่มีความหนืดไม่สูงมาก โดยจะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในความหนาแน่นหรือน้ำหนักจำเพาะของของไหล ในกรณีเป็นของเหลว และสำหรับของไหลที่เป็นแก๊ส จะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในน้ำหนักจำเพาะของแก๊สอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของความดันและอุณหภูมิในขณะทำงาน และที่สำคัญยังมีค่าใช้จ่ายไม่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดอื่นๆ มีจุดเด่นคือรักษาความดันตกคร่อมให้มีค่าเกือบคงที่ตลอดย่านการวัด แต่จะเปลี่ยนขนาดพื้นที่ให้ของไหลไหลผ่านไปตามปริมาณของการไหลและยังสามารถให้ Accuracy Class ที่ดี แม้ว่าจะใช้วัดในย่านต่ำๆ ส่วนหลักการของตัวมิเตอร์ จะมีโครงสร้างเป็นท่อแก้วใส ซึ่งโดยทั่วไปด้านในจะเป็นรูปกรวยเกลียว (Tapered Pipe) ที่วางในแนวตั้งและมีลูกลอย (Float) ที่ออกแบบพิเศษบรรจุอยู่ภายในกรอบที่มีความหนาแน่นมากกว่าของไหล เคลื่อนที่ในทิศทางขึ้นข้างบน ของไหลที่ต้องการวัดจะไหลผ่านเข้ามาทางด้านล่างของอุปกรณ์วัด ลูกลอยจะถูก Velocity Head ที่ประกอบไปด้วย แรงกวาดลาก (Drag Force) และแรงลอยตัว (Buoyant Force)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีทิศทางขึ้นข้างบน ยกให้ลอยตัวสูงขึ้น ตำแหน่งของลูกลอยจะลอยนิ่งอยู่กับที่ เมื่อเกิดความสมดุลระหว่าง Velocity Head ของของไหลกับน้ำหนักของลูกลอยที่มีทิศทางลงมาด้านล่าง เมื่อลูกลอยสูงขึ้น พื้นที่สำหรับให้ของไหลไหลผ่านก็จะมีมากขึ้น เป็นการรักษาความดันตกคร่อมตัววัดให้คงที่ เนื่องจาก Velocity Head กับอัตราการไหลจะแปรตามกัน ดังนั้นตำแหน่งของลูกลอยจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวชี้แสดงค่าของอัตราการไหล เพราะว่าการลอยตัวของลูกลอยจะขึ้นอยู่กับพื้นที่วงแหวนระหว่างลูกลอยและท่อแก้วใสรูปกรวยเกลียว

วัสดุที่ใช้ทำท่อที่บรรจุอยู่ภายในของโรตามิเตอร์อาจเป็นแก้วหรือโลหะ สำหรับท่อแก้วใสจะถูกใช้กับของไหลที่มีความดันและอุณหภูมิที่ต่ำ มักจะไม่นำไปใช้กับของไหลที่มีความดันสูงๆ เนื่องจากสามารถแตกได้โดยง่าย แต่ก็สามารถใช้กับของไหลที่มีความดันสูงพอสมควร ขึ้นอยู่กับวัสดุที่เลือกใช้และขนาดของอุปกรณ์วัด ส่วนท่อที่เป็นโลหะจะถูกนำมาใช้งานในสภาพที่ท่อแก้วใสไม่สามารถใช้ได้ และตำแหน่งของลูกลอยสามารถตรวจวัดโดยหลักการทางแม่เหล็ก

จากรูปที่ 2.50 อัตราการไหลที่ผ่านตัวโรตามิเตอร์สามารถแสดงได้โดยใช้สมการ Bernoulli ได้ดังนี้

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \tag{2.15}$$

โดยที่ความสูงของทั้ง 2 จุดเท่ากัน
เมื่ออัตราการไหลที่จุดต่างๆมีค่าเท่ากัน ดังนั้น

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \text{ หรือ } V_1 = \frac{A_2 V_2}{A_1} \tag{2.16}$$

แทนค่าในสมการที่ (2.16) ลงในสมการที่ (2.15) จะได้

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{v_2^2 (1 - \frac{A_2}{A_1})^2}{2g} \tag{2.17}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(1 - \frac{A_2}{A_1})^2}} \tag{2.18}$$

เมื่อความดันตกคร่อมลูกลอยจะเท่ากับน้ำหนักของลูกลอยหารด้วยพื้นที่หน้าตัดแนวนอนสูงสุด สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$P_1 - P_2 = \frac{V_f(\rho_f - \rho)g}{A_f} \tag{2.19}$$

แทนค่าสมการที่ (2.16) และ (2.19) ลงในสมการที่ (2.18) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = C_d A_2 \sqrt{\frac{2gV_f(\rho_f - \rho)}{\rho A_f (1 - \frac{A_2}{A_1})^2}} \qquad (2.20)$$

จากสมการที่ (2.20) จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลผ่านตัวโรตามิเตอร์เป็นสัดส่วนกับพื้นที่ระหว่างลูกลอยกับผนังภายในท่อและมีความเป็นเชิงเส้นสูง

เมื่อ Q คืออัตราการไหลเชิงปริมาตร

A_1 คือพื้นที่หน้าตัดของท่อ

A_2 คือพื้นที่หน้าตัดระหว่างลูกลอยกับท่อ

A_f คือพื้นที่หน้าตัดมากที่สุดของลูกลอยในแนวนอน

V คือความเร็วเฉลี่ยของของไหล

V_f คือปริมาตรของลูกลอย

P คือความดันสถาติก (Static Pressure)

g คือค่าความเร่งจากแรงโน้มถ่วง

ρ_f คือความหนาแน่นของลูกลอย

ρ คือความหนาแน่นของของไหล

C_d คือค่าสัมประสิทธิ์ ขึ้นอยู่กับรูปร่างของลูกลอยและค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynold Number)

2.3.2 ชนิดของโรตามิเตอร์

โรตามิเตอร์จะประกอบด้วยชิ้นส่วนพื้นฐานอยู่ 2 ส่วนคือ ท่อที่มีลักษณะเรียว และลูกลอย ขนาดของท่อมาตรฐานที่ใช้กับอุปกรณ์ชนิดนี้อยู่ที่ 1/8 ถึง 2 นิ้ว ซึ่งในแต่ละขนาดจะมีข้อจำกัดในการใช้งาน โดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณความจุ อุณหภูมิ ความดัน คุณสมบัติของไหลและความหนืด ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆดังนี้

1) โรตามิเตอร์แบบท่อแก้ว (Glass Tube Rotameter)

โรตามิเตอร์ชนิดนี้เป็นชนิดดั้งเดิม เนื่องจากลักษณะของท่อที่เป็นแก้วใสจึงสามารถทำให้มองเห็นการเคลื่อนที่ของลูกลอยภายในท่อแก้วได้อย่างชัดเจนและสามารถอ่านค่าอัตราการไหลได้โดยตรงจากสเกลบนท่อ โรตามิเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในระบบ Purge System และยังสามารถติดตั้งหน้าสัมผัสเพิ่มเติมเข้าไปบนตัวโรตามิเตอร์สำหรับส่งสัญญาณเตือนในกรณีที่อัตราการไหลมีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่กำหนด

2) โรตามิเตอร์แบบท่อโลหะ (Metal Tube Rotameter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรตามิเตอร์ชนิดนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับของไหลที่มีคุณสมบัติเกินขีดจำกัดของแบบท่อแก้ว การอ่านค่าอัตราการไหลจะถูกแสดง โดยตัวชี้ค่าบนสเกลที่ถูกเชื่อมโยงกับแม่เหล็กที่อยู่ภายในลูกลอย และไม่ต้องการพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก สำหรับการออกแบบที่ต้องการแสดงค่าอัตราการไหลเพียงอย่างเดียว และยังสามารถติดตั้งทรานสมิตเตอร์สำหรับส่งสัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน 4-20 mA ได้อีกด้วย

3) โรตามิเตอร์แบบท่อพลาสติก (Plastic Tube Rotameter)

โรตามิเตอร์ชนิดนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากมีราคาถูกกว่าทั้งสองแบบที่ผ่านมา วัสดุที่นิยมทำโรตามิเตอร์ชนิดนี้จะเป็นอะคิลิกใส (Clear Acrylic) หล่อเป็นชนิดเดียวกันทั้งตัว ซึ่งมีความแข็งแรงทนทานสำหรับการใช้ในงานอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต

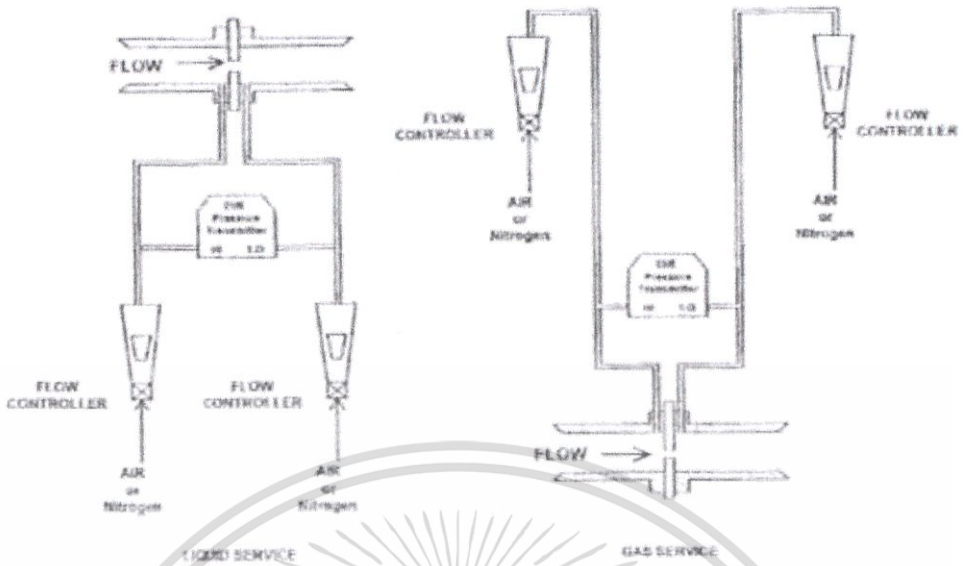
2.3.3 การประยุกต์ใช้งานหลัก

ส่วนใหญ่ โรตามิเตอร์จะถูกนำไปใช้กับ Purge System จึงเรียกรวมกันว่า Purge Meter โรตามิเตอร์ที่ไปใช้งานกับระบบนี้จะออกแบบให้นำไปใช้วัดอัตราการไหลต่ำๆสำหรับของเหลวหรือแก๊สเพื่อใช้ของไหลนี้ไล่สิ่งสกปรกที่อยู่ภายในอิมพัลส์ไลน์ หรือท่อที่ต่อออกมาจากกระบวนการผลิตมายังอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ Purge Meter โดยสามารถแสดงตัวอย่างการใช้งาน Purge Meter ได้ดังนี้

1. การวัดอัตราการไหลแบบ Purging

การวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซเป็นวิธีที่นิยมเป็นอย่างมาก แต่ไม่เหมาะกับการวัดของไหลที่มีความกัดกร่อนสูง มีสิ่งเจือปน ซึ่งจะทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย แต่สามารถแก้ไขโดยการใช้ Purge System สำหรับใช้ไล่ของไหลที่ไม่เหมาะสมออกไปจากอิมพัลส์ ไลน์ ที่ต่อมายังทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างด้วยของไหลที่ไม่ทำปฏิกิริยากับของไหลกระบวนการเช่น ไนโตรเจน หรืออินสตรูเมนต์แอร์ เป็นต้น การติดตั้ง Purge System ทำได้โดยการติดตั้งโรตามิตเตอร์ พร้อมด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลเข้าไปยังด้านความดันสูงกับความดันต่ำของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง จากนั้นต่อแหล่งจ่ายของไหลที่มีความดันสูงกว่าความดันในกระบวนการประมาณ 10 psig ปล่อยเข้าไปในอิมพัลส์ไลน์ ผ่านโรตามิตเตอร์และควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ดังแสดงในรูปที่ 2.51 สำหรับการวัดอัตราการไหลที่เป็นของเหลวต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดให้ต่ำกว่าจุดที่ต้องการวัด แต่ถ้าสำหรับแก๊ส ต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดให้สูงกว่าจุดที่ต้องการวัด

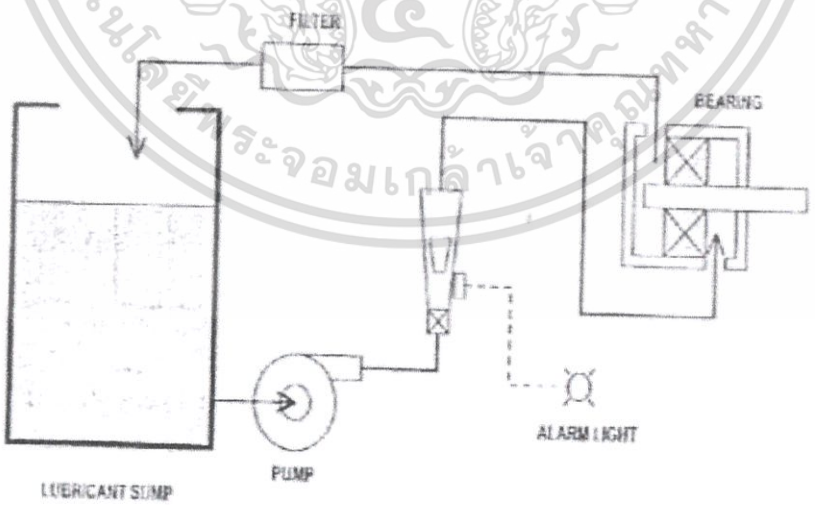
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.51 การวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิซแบบ Purging

2. การหล่อลื่นแบริ่งแบบต่อเนื่อง

แบริ่งในเครื่องจักรขนาดใหญ่ต้องการสารหล่อลื่นอย่างต่อเนื่องและเป็นสิ่งจำเป็นต่ออายุการใช้งานและระยะเวลาในการหยุดซ่อมบำรุงของเครื่องจักร โรตามิตเตอร์สามารถใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของสารหล่อลื่นจากปั๊มไปยังแบริ่งจุดต่างๆได้ดังแสดงในรูปที่ 2.52 ซึ่งในการใช้งานบางครั้งสามารถทำการติดตั้งหน้าสัมผัสเพิ่มเติมไปบนโรตามิตเตอร์ เพื่อใช้เป็นสัญญาณเตือนไปยังผู้ปฏิบัติการในกรณีที่ค่าอัตราการไหลต่ำกว่าที่กำหนด

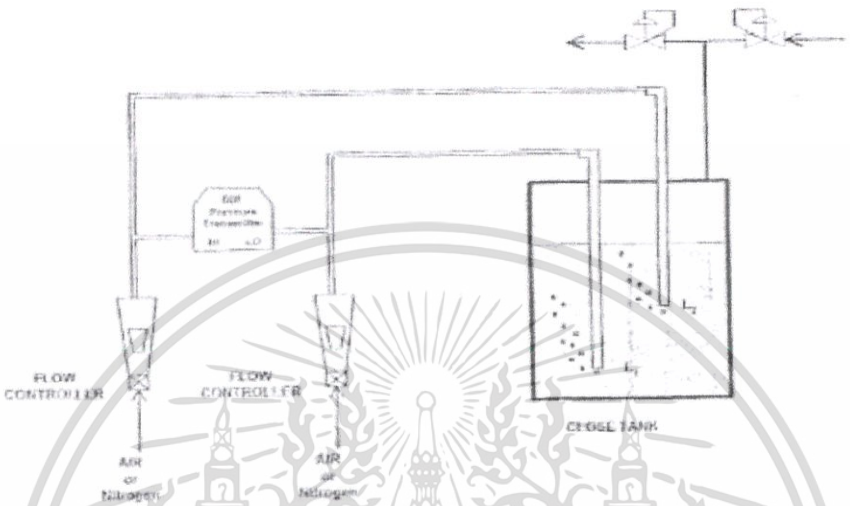


รูปที่ 2.52 การหล่อลื่นแบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวัดความหนาแน่นด้วยท่อปล่อยฟองอากาศ

ความหนาแน่นของไหลสามารถแสดงในรูปของมวลต่อปริมาตร เช่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m3) วิธีการแบบง่ายสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.53



รูปที่ 2.53 การวัดความหนาแน่นด้วยท่อปล่อยฟองอากาศ

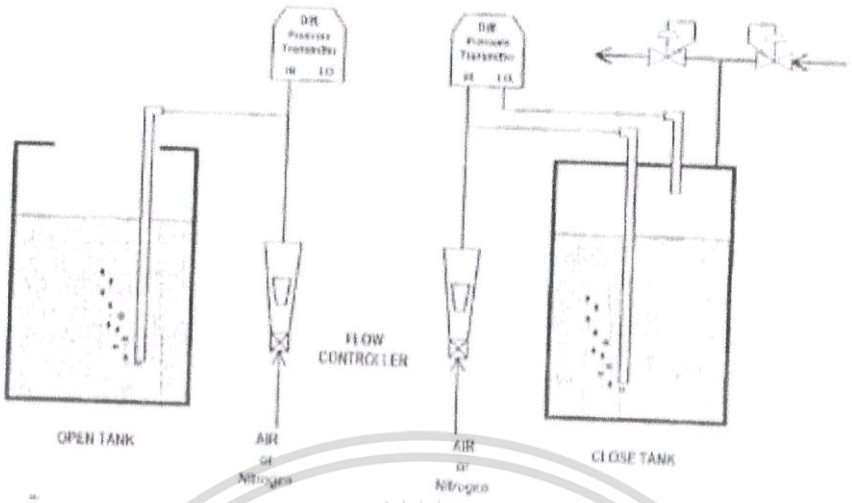
จะเห็นได้ว่าท่อปล่อยฟองอากาศจะถูกจุ่มลงในของเหลวที่ความลึกแตกต่างกัน ความแตกต่างของความดันย้อนกลับในท่อทั้งสองจะเป็นฟังก์ชันของความหนาแน่นกับความแตกต่างของความลึกระหว่างท่อทั้งสอง สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\rho = \frac{\Delta P}{(L_1 - L_2)} \tag{2.21}$$

4. การวัดค่าระดับของเหลวแบบท่อปล่อยฟองอากาศ

การวัดระดับของเหลวแบบนี้เป็นการวัดระดับแบบพื้นฐาน ซึ่งจะเหมาะสมกับการวัดระดับของเหลวที่มีสิ่งสกปรกเจือปนหรือถังเก็บอยู่ใต้ดิน โดยการวัดความดันย้อนกลับในท่อปล่อยฟองอากาศที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากระดับของเหลว ซึ่งความดันนี้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเหลวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



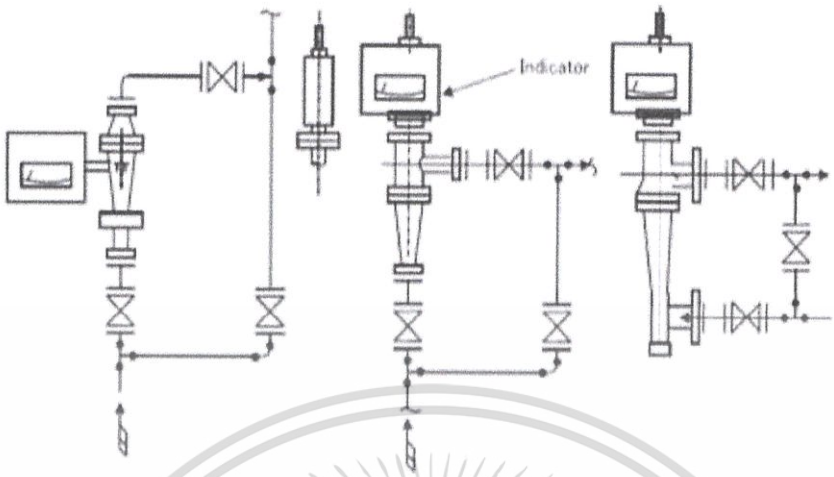
รูปที่ 2.54 การวัดระดับของเหลวแบบท่อปล่อยฟองอากาศ

จากรูปที่ 2.54 แสดงการวัดระดับของเหลวแบบปล่อยฟองอากาศบนถังเปิดและถังปิด โดยทั้งสองแบบจะใช้โรตามิตเตอร์และทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง 1 ตัว ในถังเปิดสามารถแสดงค่าระดับของเหลวโดยการใช้เกจวัดความดันในการวัดความดันย้อนกลับจากท่อปล่อยฟองอากาศหรือใช้ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง ซึ่งด้านความดันสูงต่อเข้ากับท่อความดันย้อนกลับ ส่วนด้านความดันต่ำปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก สำหรับถังปิดจะต่อด้านความดันต่ำเข้ากับด้านบนของถัง

2.3.4 การติดตั้ง

การติดตั้งโรตามิตเตอร์สามารถติดตั้งกับท่อในแนวตั้งเท่านั้น และความสูงของอินดิเคเตอร์จากพื้นดินต้องไม่เกิน 1500 มิลลิเมตร โดยรูปที่ 2.55 ซ้ายสุดเป็นรูปแบบการติดตั้งแบบ Bottom-Top สังเกตจากการต่อวาล์วกั้นเข้ากับด้านบนและด้านล่างของโรตามิตเตอร์ และต้องมีวาล์วบายพาส (By-pass Valve) สำหรับการสอบเทียบอุปกรณ์วัด ซึ่งรูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป สำหรับรูปแบบ Bottom-Top กับ Bottom-Side ใช้สำหรับวัดของเหลว ส่วนรูปแบบ Side-Side ใช้สำหรับวัดแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.55 การติดตั้งโรตามิตเตอร์แบบ Bottom-Top, Bottom-Side และ Side-Side

2.3.5 ข้อดีและข้อเสีย

ข้อดีของการวัดอัตราการไหลด้วยโรตามิตเตอร์มีดังนี้

- ราคาถูกและมีระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนาน
- มีค่า Turn Down หรือ ความสามารถของย่านการวัด (Rangeability) ที่ดี มีค่ามากกว่า 5 : 1 จนสูงถึง 10:1 ของอัตราการไหลสูงสุดถึงอัตราการไหลต่ำสุด ซึ่งหมายความว่าอัตราการไหลต่ำสุดที่สามารถอ่านค่าได้ทำได้ถึง 1/10 ของอัตราการไหลสูงสุดที่อ่านค่าได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อค่าการอ่านซ้ำ
- สามารถวัดอัตราการไหลต่ำได้ดี
- มีความต้องการระยะท่อทางตรง (Straight Run) น้อยที่สุด
- ใช้ได้กับของไหลสะอาด จึงจะดีที่สุด แต่มีการกัดกร่อนและสารแขวนลอยปนเปื้อนได้เล็กน้อย
- ไม่ต้องมีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าภายนอก เมื่อต้องการอ่านค่าสเกลที่มิเตอร์เพียงอย่างเดียว
- ค่าความดันสูญเสียต่ำและค่อนข้างคงที่ เป็นเพราะว่าพื้นที่ระหว่างลูกลอยและผนังภายในท่อจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหล
- มีสเกลในการอ่านค่าเป็นเชิงเส้น (Linear Scale) และอ่านค่าอัตราการไหลได้โดยตรง โดยการปรับเทียบในทางปฏิบัติจะเป็นเส้นตรง นั้นคือสามารถทำสเกลให้มีช่องที่เท่ากัน ถ้าปรับเทียบกับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดความดันแตกต่างแล้ว สเกลที่ค่าอัตราการไหลต่างๆจะไม่ถูกบีบ ทำให้สามารถอ่านค่าได้อย่างเที่ยงตรงตลอดย่านการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีค่าความสามารถในการอ่านซ้ำ (Repeatability) ที่ดี เนื่องจากลูกลอยเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยปราศจากแรงเสียดทานต่างๆ

ข้อเสียของการวัดอัตราการไหลด้วยโรตามิตเตอร์มีดังนี้

- ติดตั้งได้เฉพาะในแนวตั้งเท่านั้น โดยของไหลเดินทางจากข้างล่างขึ้นข้างบน
- ไม่เหมาะกับลักษณะการไหลที่เป็นแบบ Turbulent หรือ Pulsating (การไหลที่เป็นห้วง)
- ไม่เหมาะสำหรับการใช้ชนิดหลอดแก้ว เนื่องจากง่ายต่อการแตกหักที่มีสาเหตุมาจากความดันและอุณหภูมิใช้งาน
- เหมาะแก่การใช้ที่อุณหภูมิต่ำ
- ซ่อมบำรุงบ่อย
- ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมเมื่อต้องการส่งสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐานไปยังระบบอื่นๆ หรือในกรณีที่ใช้เป็นทรานส์มิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการออกแบบและสั่งซื้อ

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนในการดำเนินงานของการสั่งซื้อทั้งหมด โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัด หรือที่เรียกว่าการทำดาต้าชีท (Data Sheet) จนถึงขั้นตอนการส่งของและการติดตั้งอุปกรณ์วัดที่โรงกลั่นน้ำมัน ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยในแต่ละขั้นตอนต้องมีการสื่อสารกันระหว่างวิศวกรแผนกอินสตรูเมนต์ (Instrument Engineer) กับวิศวกรแผนกอื่นๆและกับทางผู้จัดจำหน่าย (Vendor) เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุด และที่สำคัญวิศวกรผู้ออกแบบต้องมีความระมัดระวังและความรอบคอบในการดำเนินงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากรูปแบบลักษณะของงานที่ทำ ไม่ใช่แค่ทาง ด้านวิศวกรรม (Technical) เท่านั้น แต่จะมีด้านการค้า (Commercial) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

โครงการโรงกลั่นน้ำมันนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นส่วนกระบวนการผลิตหลักเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของบริษัทโตโย-เจแปน (TOYO-JAPAN) ส่วนทางบริษัทโตโย-ไทย (TOYO-THAI) นั้นจะรับผิดชอบในส่วนกระบวนการผลิตย่อย โดยในการทำการออกแบบเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดหรือเอกสารอื่นๆ ซึ่งต้องมีการอ้างอิงถึงมาตรฐานที่ใช้ และต้องเป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งส่วนหลักและส่วนย่อยของโรงกลั่นน้ำมันทั้งหมด

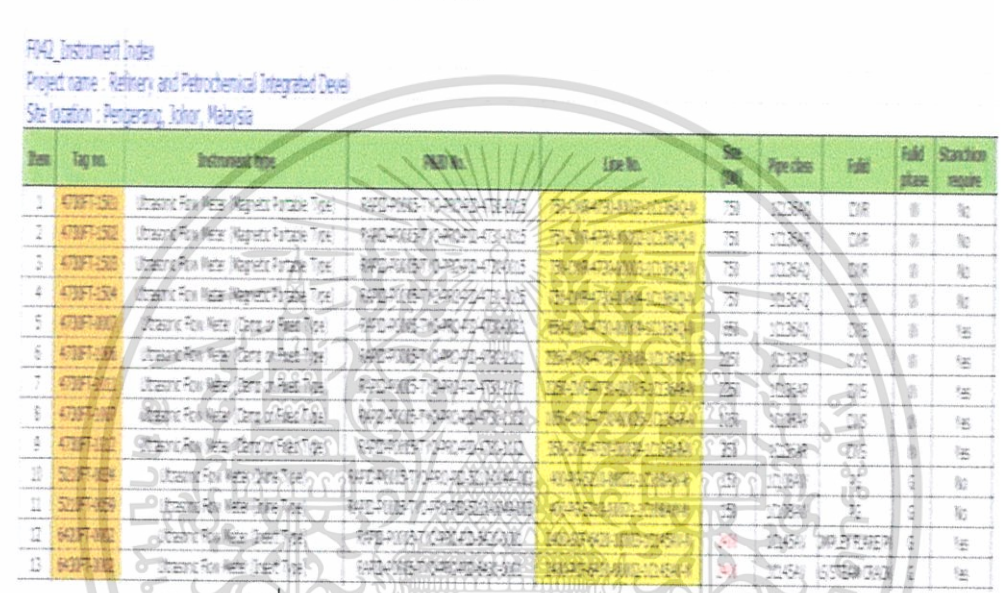
3.1 ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัด

1. ศึกษาข้อกำหนดเงื่อนไขต่างๆของโครงการก่อนเป็นอันดับแรกจากเอกสาร ITB (Invitation To Bid) ที่บ่งบอกถึงวัตถุประสงค์ของโครงการ สถานที่ติดตั้ง มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงและ เอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดชนิดเดียวกันกับที่ติดตั้งอยู่ที่โรงกลั่นน้ำมันส่วนหลัก (Main Plant) เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและข้อกำหนดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์วัด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะทำให้ทราบถึงรายละเอียดต่างๆที่จำเป็นต้องรู้ในการดำเนินงาน
2. ศึกษากระบวนการทำงานทั้งหมดในแต่ละส่วนของโรงกลั่นน้ำมัน ทั้งกระบวนการน้ำหล่อเย็น ระบบการกักเก็บน้ำมัน ระบบการผสมสารเคมีภายในแทงค์และระบบการปล่อยก๊าซเสียสู่ปล่องควันหรือหอเผาทิ้ง ตลอดจนหน้าที่และตำแหน่งที่ติดตั้งของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล เพื่อที่จะได้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่เหมาะสมกับกระบวนการมากที่สุด โดยในกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมันจะเลือกใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้หลักการวัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างก่อนเป็นอันดับแรก ถ้าไม่สามารถใช้อุปกรณ์ที่กล่าวมาได้ จึงค่อยพิจารณาเลือกอุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดอื่นต่อไป

3. จัดทำเอกสารสารบัญอุปกรณ์วัด (Instrument Index) เพื่อเป็นการจัดหมวดหมู่ของอุปกรณ์วัดและยังบอกถึงข้อมูลต่างๆทั่วไปที่ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ เช่น ชนิดของอุปกรณ์วัด หน้า P&ID ที่มีอุปกรณ์วัดชนิดนี้ติดตั้งอยู่ เลขรหัสของท่อ (Line number) ชนิดของของไหล สถานะของของไหล เป็นต้น



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างสารบัญอุปกรณ์วัด (Instrument Index)

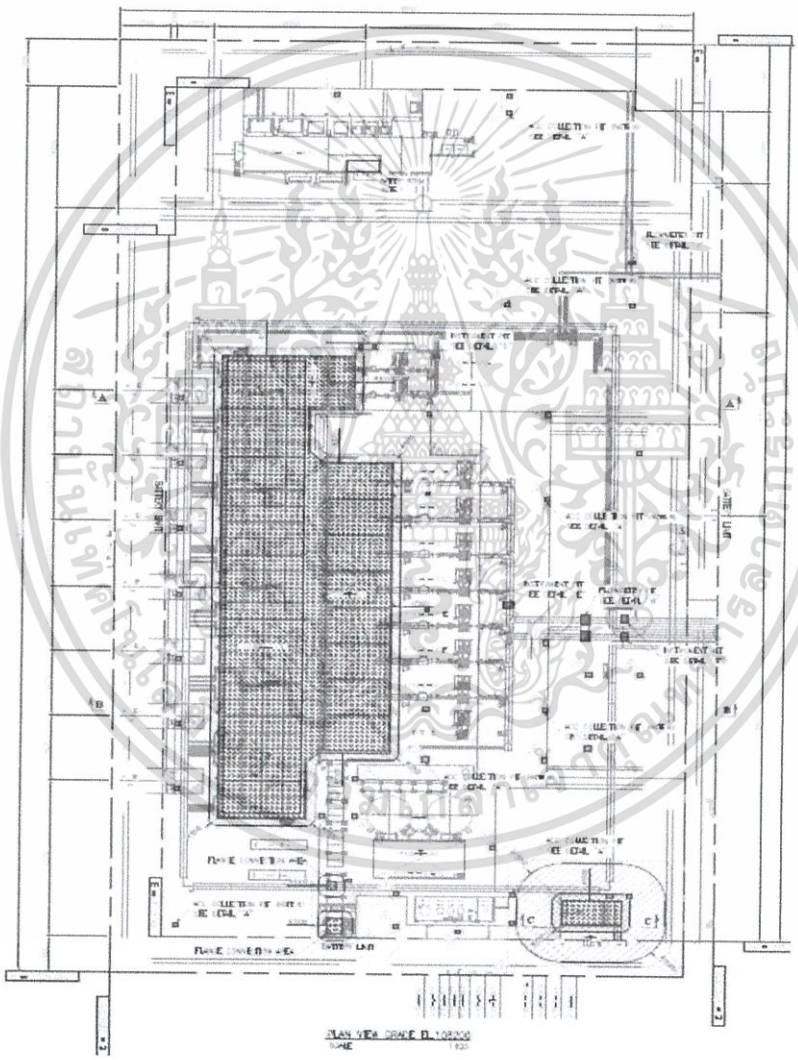
4. ศึกษากระบวนการที่มีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่อย่างละเอียด จากแผนภาพ P&ID (Piping and Instrumentation diagram) ที่ทางแผนก Process เป็นผู้จัดทำ เพื่อที่จะได้ทราบถึงจุดประสงค์ของการติดตั้ง ความสำคัญของอุปกรณ์วัด พื้นที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เป็นอันตรายหรือไม่และสามารถนำอุปกรณ์วัดเข้าไปติดตั้งได้หรือไม่ ต้องมีอุปกรณ์เสริมเข้าไปติดตั้งด้วยหรือไม่ และอุปกรณ์วัดนั้นสามารถทนต่อของไหลในกระบวนการได้มากน้อยเพียงใด เพื่อที่จะได้เลือกใช้อุปกรณ์วัดที่ตรงตามคุณสมบัติดังกล่าว

5. ติดต่อกับแผนก Process เพื่อขอข้อมูลทางกระบวนการ (Process Data) เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์วัด เนื่องจากอุปกรณ์วัดแต่ละชนิดทนต่อเงื่อนไขการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น ค่าความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล ทั้งค่าต่ำสุด ค่าขณะทำงานและค่าสูงสุด ค่าความดันออกแบบ อุณหภูมิออกแบบ ซึ่งเป็นค่าที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

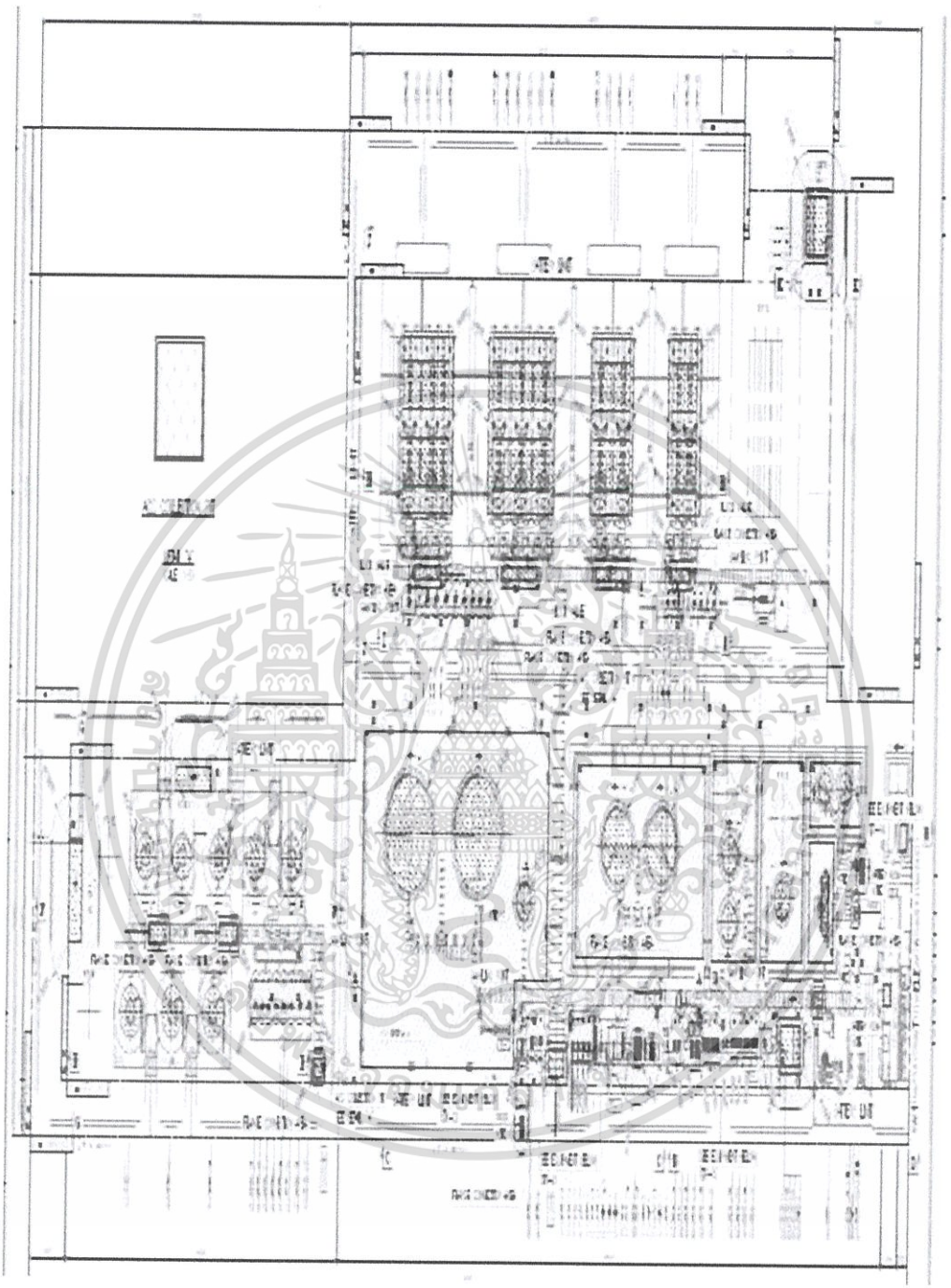
กระบวนการ ค่าความหนืด ค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Ratio หรือ Isentropic Exponent) ค่าการอัดตัวของแก๊ส (Compressibility Factor) เป็นต้น

6. ติดต่อกับแผนกไฟฟ้า เพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับการแบ่งพื้นที่ที่เป็นอันตราย (Hazardous Zone Classification) นำมาพิจารณาเพื่อใช้ในการเลือกมาตรฐานการป้องกันให้แก่อุปกรณ์วัด ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญมาก เนื่องจากถ้าเลือกใช้อุปกรณ์วัดไม่เหมาะสมกับกระบวนการ อาจส่งผลเสียหายต่ออุปกรณ์วัดอย่างร้ายแรงได้



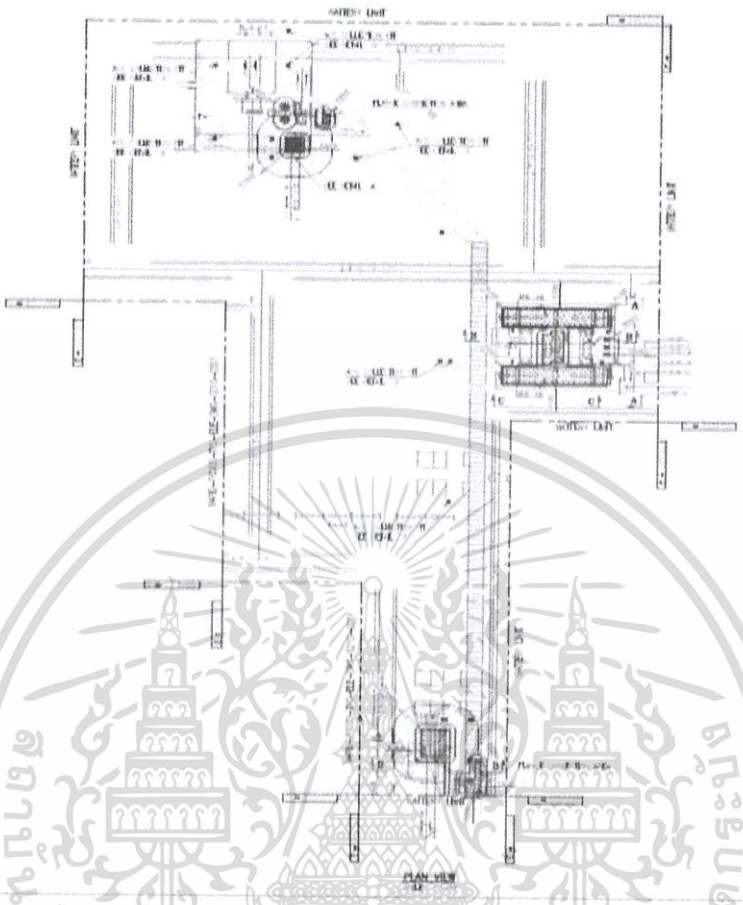
รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เป็นอันตรายของกระบวนการหล่อน้ำเย็น (Area 4730)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เป็นอันตรายของระบบกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ (Area 5210)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เป็นอันตรายของกระบวนการหอเผาทิ้ง (Area 6420 & 6430)

7. หลังจากที่ได้ข้อมูลการแบ่งพื้นที่ที่เป็นอันตรายมาแล้ว ให้นำมาพิจารณาเทียบเคียงกับ Instrument Location Layout หรือ Plot Plan เพื่อที่จะได้ทราบตำแหน่งของอุปกรณ์วัดที่แน่นอนและสามารถทราบได้ว่าอุปกรณ์วัดนั้นอยู่ในพื้นที่ที่เป็นอันตรายระดับใด โดยมีสัญลักษณ์สำหรับบ่งบอกการแบ่งพื้นที่ที่เป็นอันตรายดังรูปที่ 3.5

	CLASSIFICATION AREA	GAS GROUP	TEMP GRADE
	ZONE–0	–	–
	ZONE–1	IIA/IIB	T3
	ZONE–2	IIA/IIB	T3
	ZONE–2	IIC	T3
	UNCLASSIFIED AREA		

รูปที่ 3.5 สัญลักษณ์ที่ใช้แบ่งพื้นที่ที่เป็นอันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ติดต่อกับผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์วัด เพื่อให้เข้ามาแนะนำอุปกรณ์วัดและปรึกษาปัญหาหรือข้อสงสัยร่วมกัน เพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผู้จัดจำหน่ายจะมีความเชี่ยวชาญในเรื่องอุปกรณ์วัดมากกว่า และในบางกรณี ผู้จัดจำหน่ายจะเป็นผู้รับผิดชอบไปติดตั้งอุปกรณ์วัดที่โรงกลั่นน้ำมันด้วย
9. หลังจากที่ได้ข้อมูลทั่วไปจากข้อ 3 ข้อมูลทางกระบวนการจากข้อ 5 และข้อมูลเกี่ยวกับการแบ่งพื้นที่ที่เป็นอันตรายจากข้อ 6 และรวมกับข้อมูลเช่น ลักษณะเซนเซอร์ ทรานส์มิต-เตอร์ อุปกรณ์เสริมแล้วก็จัดทำเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัด ส่งให้กับทางผู้จัดจำหน่ายเพื่อให้จัดทำใบเสนอราคามาให้
10. เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดในข้อที่ 9 อาจจะยังไม่เสร็จสมบูรณ์ ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลเรื่อยๆ ตลอดการดำเนินงานจนกว่าข้อมูลทุกอย่างจะถูกต้องสมบูรณ์

3.1.1 การแสดงขั้นตอนการคำนวณสำหรับแผ่นออริฟิซ

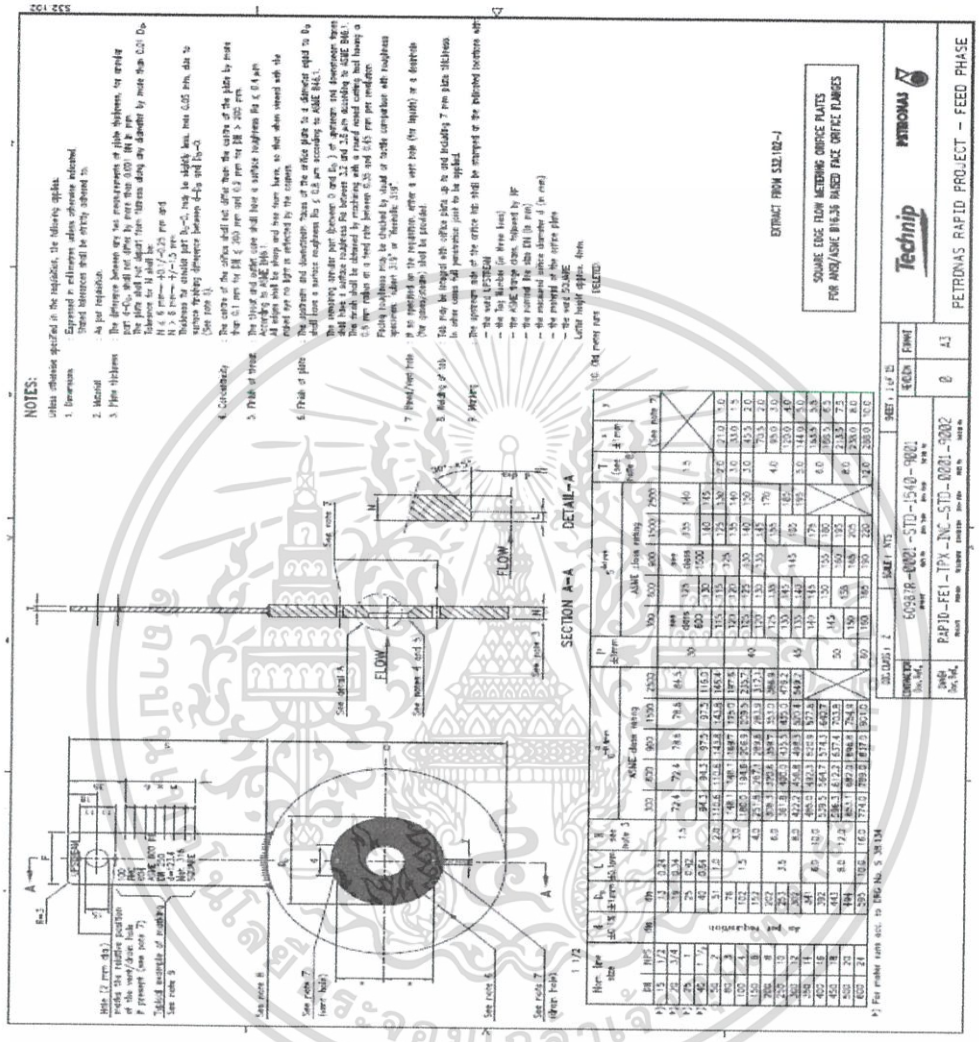
Orifice Plate	20	Calculation Code				ISO 5167					
	21	Orifice Type				Square Edge					
	22	Material		Thickness		316 S.S.				3 mm	
	23	Size		Rating	Face	100 DN		300#		WN-RF	
	24	Calculation Results				From Manufacturer					
	25	Bore Diameter				By Vendor mm					
	26	Beta Ratio				By Vendor					
	27	Drain or Vent Hole				By Vendor mm					
	28	Pressure Loss @ Max Flow				By Vendor bar					
	29	Calibrat. Range : Min.			Max.	Units	0		160		mbar
	30	System Range : Min.			Max.	Units	0		33000		kg/h

รูปที่ 3.6 ข้อมูลที่ถูกคำนวณจากผู้จัดจำหน่าย

ข้อมูลในส่วนแผ่นออริฟิซสำหรับเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซเช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่นออริฟิซ (Bore Diameter), ค่าอัตราส่วนเบต้า (Beta Ratio) และค่าความดันสูญเสียสูงสุด (Pressure Loss @ Max flow) ต้องผ่านการคำนวณโดยผู้จัดจำหน่าย ดังนั้นการจัดทำเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะในครั้งแรก ข้อมูลที่กล่าวมานี้จำเป็นต้องใส่คำว่า "By Vendor" ไปก่อน จนกว่าผู้จัดจำหน่ายจะส่งเอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซมาให้ ส่วนขนาดรูเดรนหรือรูเวนส์ (Drain or Vent Hole) และความหนาของแผ่นออริฟิซ (Plate Thickness) ถูกกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาจากเอกสาร Standard Drawing S32.102-J ของบริษัทปิโตรนาส รีเทล จำกัด ซึ่งถูกแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เอกสาร Standard Drawing S32.102-J สำหรับแผ่นออริฟิซ

รูปที่ 3.8, 3.9 และ 3.10 เป็นเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001 ที่เสร็จสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General Data	1	Tag Number	Case	6420FE -1001	
	2	Service		ACCIDENTALLY CHEMICALLY CONTAMINATED TO UNIT 6320	
	3	PID No.	NACE Applicable	RAPID-P0005-TYO-PRO-PD-6420-1010	No
	4		Line Number		150-ACC-6420-00004-1C101AV-N
	5	Line Size	Piping Class	150 mm	1C101AV
	6	Line Material	Line Schedule	CS ASTM A106-B	40

รูปที่ 3.8 ข้อมูลทั่วไปในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซ

Operating Conditions	7	Fluid		Special Conditions	See Note1				
	8	Phase		State	Single phase			Liquid	
	9	Flow	Min	Norm	Max	Units		43500	kg/h
	10	Press	Min	Norm	Max	Units		9.7	barg
	11	Temp	Min	Norm	Max	Units		40	°C
	12	Density	Min	Norm	Max	Units		990	kg/m³
	13	Molecular Weight		Viscosity @ Sat. (Cond)				0.65	cP
	14	Cp/Cv		Compressibility - Factor Z					
	15	Vapour Pressure @ Normal Temp			0.07 bar-a				
	16	Design Press	Min		Max	Units		13	barg
	17	Design Temp	Min		Max	Units		75	°C
	18	Max Allowable Press Loss			0.14 bar				

รูปที่ 3.9 ข้อมูลเงื่อนไขการทำงานในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซ

Orifice Plate	20	Calculation Code			ISO 5167				
	21	Orifice Type			Square Edge				
	22	Material		Thickness	316 S.S.			6 mm	
	23	Size		Rating	Face	150 - RN		300#	FW-RF
	24	Calculation Results				From Manufacturer			
	25	Bore Diameter						77.57 mm	
	26	Beta Ratio					0.50		
	27	Drain or Vent Hole						2 mm	
	28	Pressure Loss @ Max Flow				0.12 bar			
	29	Calibrat. Range	Min		Max	Units	0	160	mbar
	30	System Range	Min		Max	Units	0	160	th
Orifice Flanges	31	Taps Type		Taps Quantity		Flange Tapping		1 Set	
	32	Pressure Tab size / Material				As per S38.130-F / ASTM A105			

รูปที่ 3.10 ข้อมูลคุณสมบัติในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซ

ในรูปที่ 3.8 จะแสดงถึงค่าขนาดของท่อโดยประมาณ (Line Size) และค่าความหนาของท่อ (Pipe Schedule) สำหรับใช้คำนวณขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ ค่าความหนาแน่นถูกระบุอยู่ในรูปที่ 3.9 และค่าอัตราการไหลที่ย่านเต็มสเกล (System Range) กับค่าความดันแตกต่างที่ย่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต็มสเกล (Calibrate Range) แสดงอยู่ในรูปที่ 3.10 ซึ่งมีเงื่อนไขและข้อกำหนดของโครงการสำหรับการคำนวณดังนี้

1. ค่าอัตราการไหลสูงสุด (Maximum Flow Rate) ต้องอยู่ในช่วง 75-90% ของอัตราการไหลสูงสุดที่ย่านเต็มสเกล
2. ช่วงค่าความดันแตกต่างไม่ควรเกิน 0-250 มิลลิบาร์ แต่ห้ามน้อยกว่า 0-12.5 มิลลิบาร์ และมากกว่า 0-1000 มิลลิบาร์ ตามข้อกำหนดของโครงการ
3. ค่าอัตราส่วนเบต้าหลังจากการคำนวณต้องอยู่ในช่วง 0.25-0.75
4. ค่าความดันสูญเสียถาวรหลังจากการคำนวณต้องไม่เกิน 140 มิลลิบาร์

ลำดับต่อไปเป็นการแสดงการคำนวณค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่นออริฟิซ ค่าอัตราส่วนเบต้าและค่าความดันสูญเสียสูงสุดสำหรับแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001

1) ข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณมีดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางขนาดของท่อ

Nominal	OD	5S	10S	10	20	30	STD	40S	40	60	XS	80S	80	100	120	140	160	XXS
1/8"	10.3		1.24				1.73	1.73	1.73		2.41	2.41	2.41					
1/4"	13.7		1.65				2.24	2.24	2.24		3.02	3.02	3.02					
3/8"	17.1		1.65				2.31	2.31	2.31		3.2	3.2	3.2					
1/2"	21.3	1.65	2.11				2.77	2.77	2.77		3.73	3.73	3.73					
3/4"	26.7	1.65	2.11				2.87	2.87	2.87		3.91	3.91	3.91				4.78	7.47
1"	33.4	1.65	2.77				3.38	3.38	3.38		4.55	4.55	4.55				5.56	7.82
1 1/4"	42.2	1.65	2.77				3.56	3.56	3.56		4.85	4.85	4.85				6.35	9.09
1 1/2"	48.3	1.65	2.77				3.68	3.68	3.68		5.08	5.08	5.08				6.35	9.7
2"	60.3	1.65	2.77				3.91	3.91	3.91		5.54	5.54	5.54				7.14	10.2
2 1/2"	73	2.11	3.05				5.16	5.16	5.16		7.01	7.01	7.01				8.74	11.1
3"	88.9	2.11	3.05				5.49	5.49	5.49		7.62	7.62	7.62				9.53	14
3 1/2"	101.6	2.11	3.05				5.74	5.74	5.74		8.08	8.08	8.08				11.1	15.2
4"	114.3	2.11	3.05				6.02	6.02	6.02		8.56	8.56	8.56		11.1		13.5	17.1
5"	141.3	2.77	3.4				6.55	6.55	6.55		9.53	9.53	9.53		12.7		15.9	19.1
6"	168.3	2.77	3.4				7.11	7.11	7.11		11	11	11		14.3		18.3	22
8"	219.1	2.77	3.76		6.35	7.04	8.18	8.18	8.18	10.3	12.7	12.7	12.7	15.1	18.3	20.6	23	22.2
10"	273.1	3.4	4.19		6.35	7.8	9.27	9.27	9.27	12.7	12.7	12.7	15.1	18.3	21.4	25.4	28.6	25.4
12"	323.9	3.96	4.57		6.35	8.38	9.53	9.52	10.3	14.3	12.7	12.7	17.5	21.4	25.4	28.6	33.3	25.4
14"	355.6	3.96	4.78	6.35	7.92	9.53	9.53		11.1	15.1	12.7		19.1	23.8	27.8	31.8	35.7	
16"	406.4	4.19	4.78	6.35	7.92	9.53	9.53		12.7	16.7	12.7		21.4	26.2	31	36.5	40.5	
18"	457.2	4.19	4.78	6.35	7.92	11.1	9.53		14.3	19.1	12.7		23.9	29.4	34.9	39.7	45.2	
20"	508.0	4.78	5.54	6.35	9.53	12.7	9.53		15.1	20.6	12.7		26.2	32.5	38.1	44.5	50	
22"	558.8	4.78	5.54	6.35	9.53	12.7	9.53			22.2	12.7		28.6	34.9	41.3	47.6	54	
24"	609.6	5.54	6.35	6.35	9.53	14.3	9.53		17.5	24.6	12.7		31	38.9	46	52.4	59.5	
26"	660.4			7.92	12.7		9.53				12.7							
28"	711.2			7.92	12.7	15.9	9.53				12.7							
30"	762.0	6.35	7.92	7.92	12.7	15.9	9.53				12.7							
32"	812.8			7.92	12.7	15.9	9.53		17.5		12.7							
34"	863.6			7.92	12.7	15.9	9.53		17.5		12.7							
36"	914.4			7.92	12.7	15.9	9.53		19.1		12.7							
38"	965.2						9.53				12.7							
40"	1016.0						9.53				12.7							
42"	1067						9.53				12.7							
44"	1118						9.53				12.7							
46"	1168						9.53				12.7							
48"	1219						9.53				12.7							

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ ซึ่งหามาจากตารางขนาดของท่อ ดังตารางที่ 3.1 โดยแกนแนวตั้งแสดงค่าขนาดของท่อ มีหน่วยเป็นนิ้ว และแกนแนวนอนแสดงค่าความหนาของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแผ่นออริฟิซที่มีเลขประจำตัวอุปกรณ์วัด 6420FE-1001 มีขนาดท่อเท่ากับ 150 มิลลิเมตรหรือ 6 นิ้ว ทำให้ทราบค่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อเท่ากับ 168.3 มิลลิเมตร และความหนาของท่อคือ 40 หรือ 7.11 มิลลิเมตร ดังนั้น ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อคือ 168.3 – (7.11X2) = 154.08 มิลลิเมตรหรือ 0.15408 เมตร

- ค่าความหนาแน่น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 990 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- ค่าอัตราการไหลสูงสุดที่ย่านเต็มสเกล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60000 กิโลกรัมต่อชั่วโมงหรือ 16.67 กิโลกรัมต่อวินาที (ค่าอัตราการไหลสูงสุด ≈ 82% ของอัตราการไหลที่ย่านเต็มสเกล)
- ค่าความดันแตกต่างสูงสุดที่ย่านเต็มสเกล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 160 มิลลิบาร์หรือประมาณ 15794.67 ปาสคาล

2) สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

- สูตรหาค่า K

$$K = \frac{q_m}{C\varepsilon \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2\Delta P \rho_1}} \tag{3.1}$$

- q_m คืออัตราการไหลสูงสุดที่ย่านเต็มสเกล มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อวินาที (kg/s)
- C คือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย (Discharge Coefficient) มีค่าอยู่ที่ 0.59-0.61
- ε คือค่าการอัดตัวของแก๊ส (Compressibility Factor) มีค่าประมาณ 1
- D คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ มีหน่วยเป็น เมตร (m)
- ΔP คือค่าความดันแตกต่าง มีหน่วยเป็น ปาสคาล (Pa)
- ρ_1 คือค่าความหนาแน่นของไหล มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m3)

- สูตรหาค่าอัตราส่วนเบต้า (β)

$$\beta^4 = \frac{k^2}{1+k^2} \tag{3.2}$$

- สูตรหาค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่นออริฟิซ (d)

$$d = \beta x D \tag{3.3}$$

- สูตรหาค่าความดันสูญเสียสูงสุด (ΔW)

$$\Delta w = \Delta P @ fullscale \times (1 - \beta^{1.9}) \times (\frac{q_t}{q_{fullscale}})^2 \tag{3.4}$$

3) แทนค่าในข้อที่ 1) ลงในสมการที่ (3.1), (3.2), (3.3) และ (3.4) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $K = \dfrac{60000/3600}{0.6 \times 1 \times \frac{\pi}{4} \times 0.154^2 \times \sqrt{2 \times 15794.67 \times 990}} = 0.2623$
- $\beta = \sqrt{\dfrac{k}{\sqrt{1+k^2}}} = \sqrt{\dfrac{0.2623}{\sqrt{1+0.2623^2}}} = 0.5037$
- $d = 0.5037x0.154 = 0.7757m = 77.57mm$
- $\Delta w = 15794.67 \times (1 - 0.5037^{1.9}) \times (\dfrac{16.67}{16.67})^2 = 11502.89Pa = 0.1165bar$
- หลังจากคำนวณเรียบร้อยแล้ว สังเกตได้ว่าค่าอัตราส่วนเบต้าและค่าความดันสูญเสียถาวรสอดคล้องกับข้อกำหนดที่กล่าวไว้ในตอนต้น
  - $\beta = 0.5037$ อยู่ในช่วง 0.25-0.75
  - $\Delta w = 116.5mbar$ มีค่าน้อยกว่า 140 มิลลิบาร์
- ในตารางที่ 3.2 ค่าความหนาของแผ่นออริฟิซ (N) ที่ขนาดท่อ 150 มิลลิเมตรเท่ากับ 4 มิลลิเมตรและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเวนส์ (y) เท่ากับ 2 มิลลิเมตร แต่ค่าความหนาของแผ่นออริฟิซในเอกสารการคำนวณถูกกำหนดเป็น 6 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.11 โดยเป็น ไปตามความต้องการของผู้จัดจำหน่าย ซึ่งค่าความหนาของแผ่นออริฟิซที่ผู้จัดจำหน่ายเลือกใช้สามารถมากกว่าที่เรากำหนดได้ เนื่องจากเป็นการเพิ่มความแข็งแรงทนทาน แต่ห้ามมีค่าความหนาน้อยกว่าที่เรากำหนด เพราะจะทำให้แผ่นออริฟิซไม่สามารถทนต่อกระบวนการได้

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าความหนา (N) ขนาดรูเดรนกับรูเวนส์ (y) ของแผ่นออริฟิซ

Nom. line size		d ±0.15	D ±1mm	L ±1mm	N see note 3)	y											T see note 6)	x ±1mm	y
						ASME class rating								ASME class rating					
DN	NPS	do	do			300	600	900	1500	2500		300	600	900	1500	2500			See note 7)
15	1/2		13	0.24															
20	3/4		19	0.34		77.4	77.4	78.5	78.5	84.5									
25	1		25	0.42	15						30	See class 600	125	See class 1500	135	140	1.5		
40	1 1/2		47	0.84		94.3	94.3	97.5	97.5	116.0			130		140	145			
50	2		51	1.0	2.0	113.6	113.6	145.8	145.8	149.4		115	115	125	125	130	2.0	51.0	1.0
80	3		76		3.0	143	143.1	184.7	175.0	197.6		120	120		135	140	3.0	330.0	1.5
100	4		102	1.5		180.0	194.6	206.6	209.5	235.7		125	125	130	140	150		445.5	2.0
150	6		152		4.0	251.3	267.1	284.4	283.9	317.1	40	120	130	135	145		3.0	706.5	2.0
200	8		202		6.0	308.3	320.6	352.7	353.0	396.9		125	135		155	170	4.0	953.0	3.0
250	10		251	3.5		361.8	400.0	435.6	435.0	476.2		130	145	145	165	185		1200	4.0
300	12		302		8.0	422.2	456.8	498.7	520.4	549.7	45	135	140			195	5.0	1440	5.0
350	14		341	6.0	10.0	485.0	492.3	520.9	577.6			140	145		175		6.0	1835	5.5
400	16		392			539.5	584.7	574.1	640.7			145	150	155	190			1866	6.5
450	18		441	8.0	12.0	598.3	612.0	637.4	703.8		50		155	160	195		8.0	2134	7.5
500	20		494			661.1	682.0	696.6	754.9			150	165	165	205			2380	8.0
600	24		595	10.0	16.0	774.0	788.0	857.0	901.3		60	160	165	190	220		12.0	2858	10.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดในเอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซ ดังรูปที่ 3.11 แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1. รายละเอียดสินค้า (Product Description)

- เนื้อหาเกี่ยวกับลักษณะของแผ่นออริฟิซทั่วๆไป สังเกตค่าขนาดรูเดรนกับรูเวนส์ในรูปที่ 3.11 ระบุเฉพาะค่ารูเวนส์นั้น เป็นเพราะสถานะของไหลในกระบวนการเป็นของเหลว จึงไม่ต้องการรูเดรน ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ด้านบนของรูของแผ่นออริฟิซ เพื่อระบายแก๊สที่เกิดจากการระเหยของของเหลว เนื่องจากเกิดความร้อนมากเกินไป

2. ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการ (Input Data)

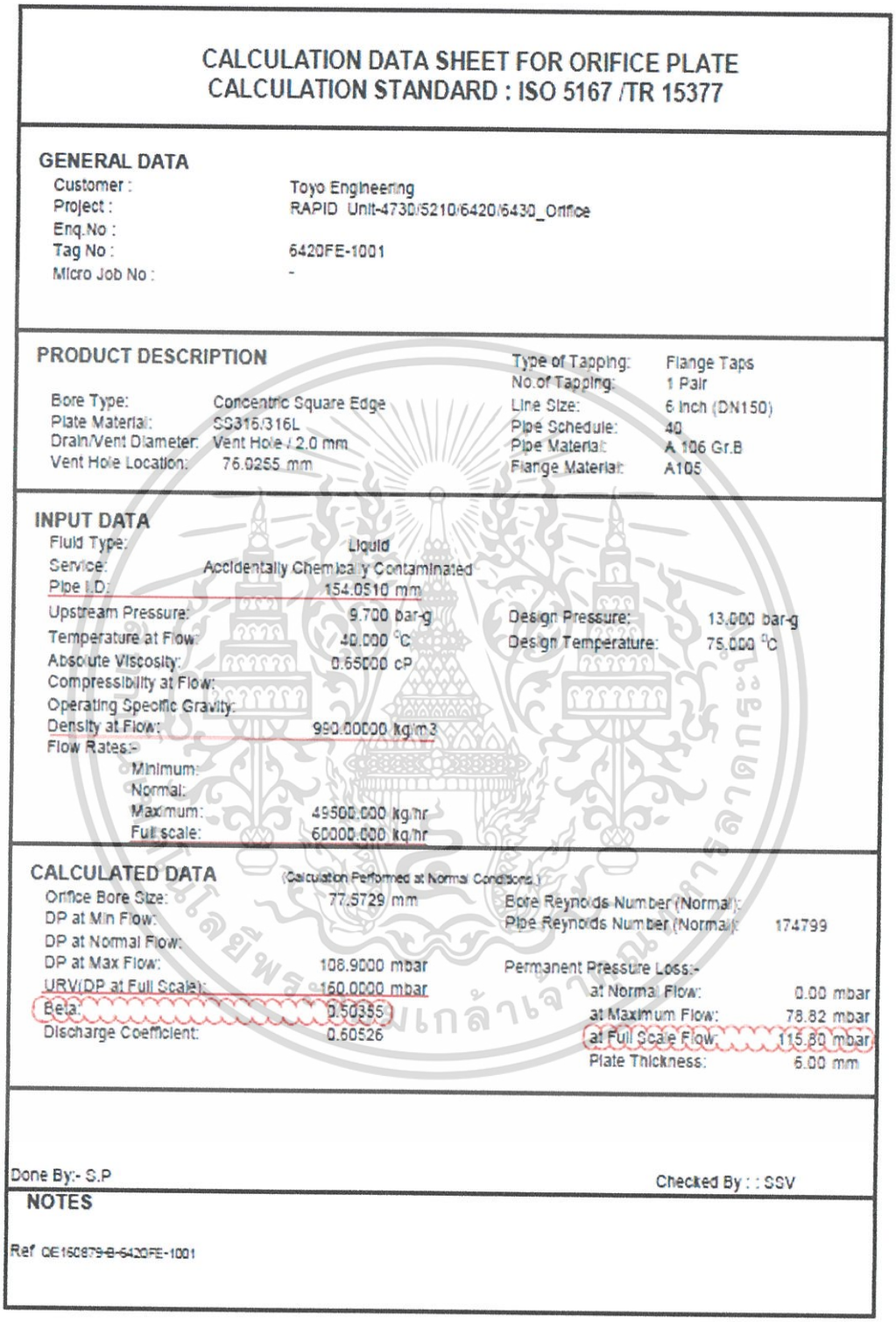
- เป็นข้อมูลด้านกระบวนการที่ระบุโดยแผนก Process

3. ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ (Calculated Data)

- ช่วงค่าความดันแตกต่างที่เต็มสเกล (DP at Full Scale) ควรมีค่าอยู่ในช่วง 0-250 มิลลิบาร์ และไม่ควรน้อยกว่า 0-12.5 มิลลิบาร์หรือมากกว่า 0-1000 มิลลิบาร์ ส่วนค่าเบต้าควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-0.75 และค่าความดันสูญเสียถาวรต้องมีค่าน้อยกว่า 140 มิลลิบาร์

สังเกตได้ว่าค่าที่คำนวณในข้อ 3) กับค่าที่ผู้จัดจำหน่ายคำนวณมาในรูปที่ 3.11 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ไม่เหมือนกันสักทีเดียว เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณเป็นคนละโปรแกรม แต่สุดท้ายต้องยึดตามค่าที่ผู้จัดจำหน่ายคำนวณมาเพราะว่าเป็นค่าที่นำไปผลิตแผ่นออริฟิซและเหตุผลที่คำนวณเฉพาะค่าที่เต็มสเกล เนื่องจากว่าถ้าค่าอัตราส่วนเบต้าและค่าความดันสูญเสียสูงสุดที่ถูกคำนวณโดยใช้ค่าที่เต็มสเกล แล้วไม่เกินขอบเขตที่กำหนด แสดงว่าค่า β และ Δw ที่ถูกคำนวณโดยค่าต่ำสุด ค่าปกติและค่าสูงสุด จะไม่มีทางเกินขอบเขตที่กำหนดอย่างแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CALCULATION DATA SHEET FOR ORIFICE PLATE
CALCULATION STANDARD : ISO 5167 /TR 15377

GENERAL DATA

Customer :	Toyo Engineering
Project :	RAPID Unit-4730/5210/6420/6430_Orifice
Enq.No :	
Tag No :	6420FE-1001
Micro Job No :	-

PRODUCT DESCRIPTION

Bore Type:	Concentric Square Edge	Type of Tapping:	Flange Taps
Plate Material:	SS316/316L	No.of Tapping:	1 Pair
Drain/Vent Diameter:	Vent Hole / 2.0 mm	Line Size:	6 Inch (DN150)
Vent Hole Location:	76.0255 mm	Pipe Schedule:	40
		Pipe Material:	A 106 Gr.B
		Flange Material:	A105

INPUT DATA

Fluid Type:	Liquid		
Service:	Accidentally Chemically Contaminated		
Pipe I.D:	154.0510 mm		
Upstream Pressure:	9.700 bar-g	Design Pressure:	13.000 bar-g
Temperature at Flow:	40.000 °C	Design Temperature:	75.000 °C
Absolute Viscosity:	0.65000 cP		
Compressibility at Flow:			
Operating Specific Gravity:			
Density at Flow:	990.00000 kg/m3		
Flow Rates:-			
Minimum:			
Normal:			
Maximum:	49500.000 kg/hr		
Full scale:	60000.000 kg/hr		

CALCULATED DATA

(Calculation Performed at Normal Conditions)

Orifice Bore Size:	77.5729 mm	Bore Reynolds Number (Normal):	
DP at Min Flow:		Pipe Reynolds Number (Normal):	174799
DP at Normal Flow:			
DP at Max Flow:	106.9000 mbar	Permanent Pressure Loss:-	
URV(DP at Full Scale):	160.0000 mbar	at Normal Flow:	0.00 mbar
Beta:	0.50355	at Maximum Flow:	78.82 mbar
Discharge Coefficient:	0.60526	at Full Scale Flow:	115.80 mbar
		Plate Thickness:	6.00 mm

Done By:- S.P

Checked By : : SSV

NOTES

Ref QE150879-B-6420FE-1001

รูปที่ 3.11 ผลการคำนวณของแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001

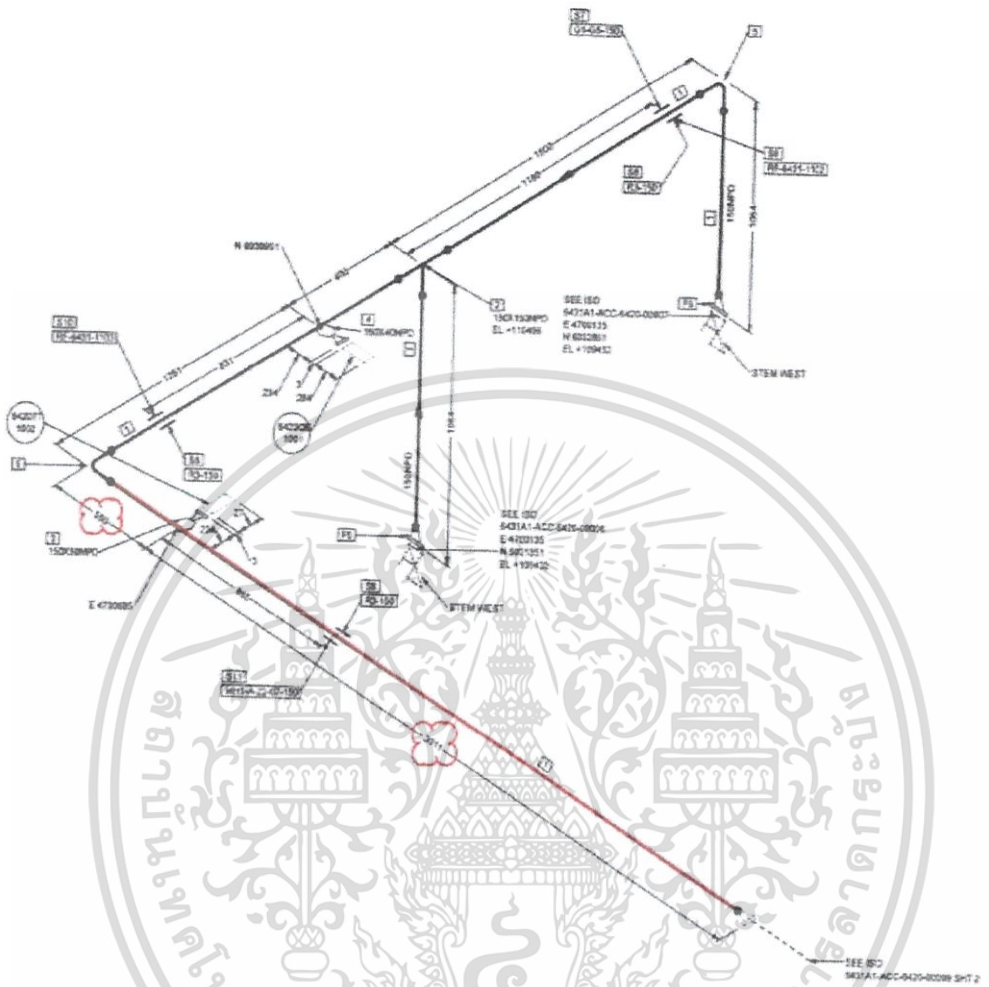
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการออกแบบคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการติดตั้ง ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลในกระบวนการจะต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของระยะท่อตรงที่ต้องการ เพราะว่าความแม่นยำของอุปกรณ์วัดมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะท่อตรงที่ปราศจากสิ่งกีดขวางใดๆเช่นข้อต่อ วาล์วต่างๆ ตัวเพิ่มและลดขนาดท่อ เป็นต้น โดยรูปที่ 3.12 และ 3.13 เป็นภาพวาดไอโซเมตริก (Isometric Drawing) สำหรับแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001 ที่แสดงถึงระยะของท่อและส่วนประกอบต่างๆทั้งหมด ซึ่งจัดทำโดยแผนก Piping และต้องนำมาตรวจสอบระยะท่อตรงก่อนส่งมอบให้กับแผนก Project และนำไปผลิตต่อไป

โดยแผ่นออริฟิซและระยะท่อตรงทางด้านหลังแสดงอยู่ในรูปที่ 3.12 และระยะท่อตรงทางด้านหน้าแสดงอยู่ในรูปที่ 3.13 ตามเส้นสีแดง

รูปที่ 3.12 Isometric Drawing สำหรับแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001 แผ่นที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 Isometric Drawing สำหรับแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001 แผ่นที่ 2

ระยะท่อตรงทางด้านหน้าแผ่นออริฟิซสามารถคำนวณได้จาก Isometric drawing แผ่นที่ 2 ดังรูปที่ 3.13 ดังนี้

- นำค่าระยะท่อตรงมาบวกกันจะได้เท่ากับ 3311 mm + 550 mm = 3861 mm
- โดยระยะข้องอ 90 องศา รัศมีความโค้ง (R) เท่ากับ 1.5D ที่ขนาดท่อเท่ากับ 150 มิลลิเมตร คือ 229 มิลลิเมตร
- นำค่าระยะข้องอลบออกจากระยะท่อตรงจะได้เท่ากับ 3861 mm – 229 mm = 3632 mm
- เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะได้เท่ากับ 3632 mm / 154.08 mm = 23.572D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะท่อตรงทางด้านหลังแผ่นออริฟิซสามารถคำนวณได้จาก Isometric drawing แผ่นที่ 1 ดังรูปที่ 3.12 ดังนี้

- ระยะท่อตรงจากแผ่นออริฟิซถึงท่อนิพเพิล (Nipple Outlet) เท่ากับ 3979 mm
- เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะได้เท่ากับ 3979 mm / 154.08 mm = 24.267D

หลังจากที่คำนวณค่าระยะท่อตรงแล้ว ต่อไปเป็นการนำค่าระยะท่อตรงที่คำนวณได้มาไปเปรียบเทียบกับค่าระยะท่อตรงในตารางที่ 3.3 ซึ่งจะแสดงค่าระยะท่อตรงอย่างน้อยที่สุดในรูปของเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นออริฟิซตามมาตรฐาน ISO 5167

ตารางที่ 3.3 ตารางระยะท่อตรงของแผ่นออริฟิซตามมาตรฐาน ISO 5167

Diameter ratio β	Upstream (inlet) side of orifice plate																						Downstream (outlet) side of the orifice plate	
	Single 90° bend Two 90° bends in any plane (1 > 30D) [a]		Two 90° bends in the same plane S-configuration (30D > S > 10D) [a]		Two 90° bends in the same plane S-configuration (10D > S) [a]		Two 90° bends in perpendicular planes (30D > S > 5D) [a]		Two 90° bends in perpendicular planes (5D > S) [a, c]		Single 90° tee with or without an extension Mitre 90° bend		Single 45° bend Two 45° bends in the same plane S-configuration (S > 20D) [a]		Concentric reducer 2D to D over a length of 1,5D to 3D		Concentric expander 0,5D to D over a length of (1 to 2)D		Full bore ball valve or gate valve fully open		Abrupt symmetrical reduction		Thermometer pocket or well [b] of diameter < 0,03D [d]		Fittings (columns 2 to 11) and the thermometer pocket	
1	2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
—	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f	A^e	B^f
≤ 0,20	6	3	10	3	10	9	19	18	34	17	9	8	7	6	5	4	9	6	12	6	30	15	5	3	4	3
0,40	16	3	10	3	10	9	44	18	50	25	9	8	30	6	5	4	12	8	12	6	30	15	5	3	6	3
0,50	22	6	13	10	22	10	44	18	75	34	12	9	30	18	5	5	20	9	12	6	30	15	5	3	6	3
0,60	42	13	30	18	42	18	44	18	105	25	22	18	30	18	6	6	29	11	14	7	30	15	5	3	7	3,5
0,67	44	20	44	18	44	20	44	20	80	18	26	18	44	18	12	6	28	14	16	9	30	15	5	3	7	3,5
0,75	44	20	44	18	44	22	44	30	75	18	44	18	44	18	19	6	36	18	24	12	30	15	5	3	8	4

ระยะ S ในตารางที่ 3.3 หมายถึงระยะระหว่างข้องอ 2 อัน ตั้งแต่ส่วนโค้งหลังของข้องออันแรกถึงส่วนโค้งหน้าของข้องออันหลัง ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก Isometric Drawing แผ่นที่ 2 ดังนี้

- นำค่าระยะท่อตรงระหว่างข้องอ 2 อันมารวมกันได้เท่ากับ 1261 mm + 400 mm + 1500 mm = 3161 mm
- โดยระยะข้องอ 90 องศา รัศมีความโค้ง (R) เท่ากับ 1.5D ที่ขนาดท่อเท่ากับ 150 มิลลิ เมตร คือ 229 มิลลิเมตร
- นำระยะข้องอ 2 อันลบออกจากระยะท่อตรงจะได้ 3161 mm – (229mmx2) = 2703 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะได้เท่ากับ 2703 mm / 154.08 mm = 17.543D

เนื่องจากสิ่งกีดขวางทางด้านหน้าของแผ่นออริฟิซเป็นแบบข้องอ 90 องศา 2 อัน ซึ่งอยู่ในแนวคนละแกนกัน (Two 90 degree bends in perpendicular planes) และระยะ S ที่คำนวณได้อยู่ในช่วง 5D ถึง 30D นั้นหมายความว่าค่าระยะท่อตรงอย่างน้อยที่สุดต้องอ้างอิงตามช่องที่ 5 สำหรับด้านหน้าและช่องที่ 14 สำหรับด้านหลังในคอลัมน์ B ดังตารางที่ 3.3 และค่าอัตราส่วนเบต้าที่คำนวณได้ก่อนหน้านี้เท่ากับ 0.5037 หรือประมาณ 0.50 ดังนั้นระยะท่อตรงอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการทางด้านหน้าเท่ากับ 18D และทางด้านหลังเท่ากับ 3D และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าระยะท่อตรงที่คำนวณได้ ซึ่งระยะท่อตรงทางด้านหน้ามีค่าเท่ากับ 23.572D และทางด้านหลังมีค่าเท่ากับ 24.267D ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระยะท่อตรงเพียงพอต่อการติดตั้งแผ่นออริฟิซหมายเลข 6420FE-1001 และสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาเหตุที่เลือกใช้ค่าระยะท่อตรงในคอลัมน์ B เพราะว่าเป็นค่าที่ต้องการระยะท่อตรงไม่มากเท่ากับค่าในคอลัมน์ A สังเกตได้จากค่าตัวเลขในคอลัมน์ B มีค่าน้อยกว่าในคอลัมน์ A ค่อน ข้างมาก สำหรับค่าอัตราส่วนเบต้าเดียวกันและสิ่งกีดขวางชนิดเดียวกัน ถึงแม้จะมีค่าความผิด พลาดอยู่ที่ 0.5% ก็ตาม ในขณะที่ค่าในคอลัมน์ A มีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 0% แต่ถือว่าค่าในคอลัมน์ B ยังมีค่าความผิดพลาดไม่มากจนเกินไปและยังเป็นการประหยัดความยาวท่ออีกด้วย

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการสั่งซื้ออุปกรณ์วัด

1. จัดส่งเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดพร้อมกับเอกสาร Material Requisition (MRI) ให้กับผู้จัดจำหน่ายที่มีรายชื่ออยู่ในเอกสาร Master Vendor List ซึ่งเป็นเอกสารที่บอกว่าสามารถซื้อขายกับบริษัทไหนได้บ้าง เพื่อขอใบเสนอราคา
2. ในการติดต่อซื้อขายอุปกรณ์วัดกับผู้จัดจำหน่ายต้องมีการทำสัญญาข้อตกลงเพื่อไม่ให้ผู้จัดจำหน่ายเผยแพร่ข้อมูลออกไป เรียกว่า Secrecy Agreement จะถูกส่งออกไปพร้อมกับ MRI และ Data Sheet
3. ผู้จัดจำหน่ายจะส่งใบเสนอราคา (Quotation) มาให้ โดยในใบเสนอราคาจะมีทั้งราคา เลขรหัสรุ่นหรือโมเดลและคุณสมบัติเฉพาะต่างๆของอุปกรณ์วัด โดยจะต้องตรวจสอบว่าข้อมูลนั้นถูกต้องหรือไม่ เพราะถ้าเกิดความไม่ถูกต้อง ผู้จัดจำหน่ายจะได้ส่งใบเสนอราคามาใหม่
   - ราคาจะมีการแจกแจงออกมาว่ามีราคาสำหรับอะไรบ้าง เช่น ราคาสินค้า ราคาค่าเอก สาร (Document charge) ราคาคลังสินค้า (Handling Charge) ราคาจัดส่งสินค้า (Export

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packing Charge) ราคาประกันคุณภาพของสินค้า (Freight and Insurance Charge) ส่วนลด (Discount) และค่าภาษี (Vat) ซึ่งจะต้องคิดราคาเป็นหน่วยสกุลเงินบาทด้วย โดยอ้างอิงจากเอกสารอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา (Currency Exchange Rate)

- ข้อกำหนดต่างๆของการจัดซื้อจะถูกแสดงไว้ แต่ข้อมูลเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในภายหลังเช่น
  - วันเวลาการจัดส่ง เช่น 25 สัปดาห์หลังจากได้รับใบ PO (Purchase Order)
  - ระยะเวลารับประกันสินค้า เช่น สินค้าได้รับการประกันคุณภาพเป็นเวลา 12 เดือน หลังจากติดตั้งเสร็จแล้ว
  - ค่าชดเชย ในกรณีที่เราขอยกเลิกการสั่งสินค้า จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อย่างเช่น 30%ของราคาทั้งหมดเมื่อสั่งซื้อเรียบร้อยแล้ว หรือ 50%ของราคาทั้งหมดเมื่ออยู่ในช่วงการผลิต หรือ 100%ของราคาทั้งหมดเมื่อผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้ว
  - ค่าตรวจสอบคุณภาพสินค้าหรือการสอบเทียบ เช่น 500 USDต่อวัน
- ข้อตกลงเงื่อนไขการขนส่ง เป็นข้อกำหนดในการส่งมอบสินค้าหรือเงื่อนไขการส่งมอบสินค้า (International Commercial Terms) ระหว่างผู้ซื้อกับผู้จัดจำหน่าย เพื่อให้ผู้ซื้อและผู้จัดจำหน่ายทราบถึงขอบเขตความรับผิดชอบของภาระค่าใช้จ่าย โดยมีทั้งหมด 11 รูปแบบ แต่ที่ใช้กันทั่วไปมี 9 รูปแบบดังนี้
  - EXW (Ex Works) เงื่อนไขนี้ ผู้ขายจะสิ้นสุดภาระการส่งมอบสินค้าเมื่อผู้ขายได้เตรียมสินค้าไว้พร้อมสำหรับส่งมอบให้กับผู้ซื้อ ณ สถานที่ของผู้ขายเอง โดยผู้ซื้อจะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายต่างๆในการขนส่งสินค้าไปยังคลังสินค้าของผู้ซื้อเอง
  - FCA (Free Carrier) เงื่อนไขนี้ ผู้ขายจะสิ้นสุดภาระการส่งมอบสินค้า เมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้าให้กับผู้รับที่ระบุโดยผู้ซื้อ ณ สถานที่ของผู้รับ ผู้ขายต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าและความเสี่ยงภัยระหว่างการขนส่งจนถึงสถานที่ของผู้รับ ส่วนค่าใช้จ่ายต่างๆในการขนส่งสินค้าและความเสี่ยงภัยไปยังจุดหมายปลายทางเป็นของผู้ซื้อ
  - FAS (Free Alongside Ship) เงื่อนไขนี้ ผู้ขายจะสิ้นสุดภาระการส่งมอบสินค้าเมื่อผู้ขายได้นำสินค้าไปยังกาบเรือ ณ ท่าเรือต้นทางที่ระบุไว้ ส่วนค่าใช้จ่ายทั้งการขนส่งสินค้า ความเสี่ยงภัย เป็นภาระของผู้ซื้อทันทีที่สินค้าถูกส่งมอบไปยังกาบเรือและผู้ซื้อต้องรับผิดชอบการทำพิธีการส่งออกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- FOB (Free On Board) เงื่อนไขนี้คล้ายกับ FAS แต่จะต่างกันตรงที่ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบการทำพิธีส่งออก
- CPT (Carriage Paid To) เงื่อนไขนี้ ผู้ขายจะสิ้นสุดภาระการส่งมอบสินค้าเมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้าให้ผู้รับที่ระบุโดยผู้ซื้อ ณ สถานที่ของผู้รับ ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบในการทำพิธีการส่งออกและจ่ายค่าระวางขนส่งสินค้า ส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆเป็นภาระของผู้ซื้อทันทีที่สินค้าถูกส่งมอบให้แก่ผู้รับ
- CIP (Carriage and Insurance Paid To) เงื่อนไขนี้คล้ายกับ CPT แต่จะต่างกันตรงที่ผู้ขายจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าจนถึงมือผู้ซื้อด้วย
- CFR (Cost and Freight) เงื่อนไขนี้ ผู้ขายจะสิ้นสุดภาระการส่งมอบสินค้าเมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้าข้ามกาบเรือขึ้นไปบนเรือสินค้า ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบในการทำพิธีการส่งออกและจ่ายค่าระวางขนส่งสินค้า ส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆรวมทั้งความเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าเป็นภาระของผู้ซื้อในทันทีที่ของผ่านกาบเรือไปแล้ว
- CIF (Cost, Insurance & Freight) เงื่อนไขนี้คล้ายกับ CFR แต่จะต่างกันตรงที่ผู้ขายจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าความเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าจนถึงมือผู้ซื้อให้แก่ผู้ซื้อด้วย
- DDP (Delivered Duty Paid) เงื่อนไขนี้ ผู้ขายจะสิ้นสุดภาระการส่งมอบสินค้าเมื่อผู้ขายได้จัดสินค้าพร้อมส่งมอบ ณ สถานที่ปลายทางของผู้ซื้อ ซึ่งผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบการทำพิธีส่งออก จ่ายค่าระวางขนส่งสินค้า ค่าประกันภัยขนส่งสินค้าตลอดจนค่าขนส่งไปยังสถานที่ที่ผู้ซื้อระบุไว้ ผู้ขายยังเป็นผู้จ่ายค่าภาษีนำเข้าแทนผู้ซื้ออีกด้วย

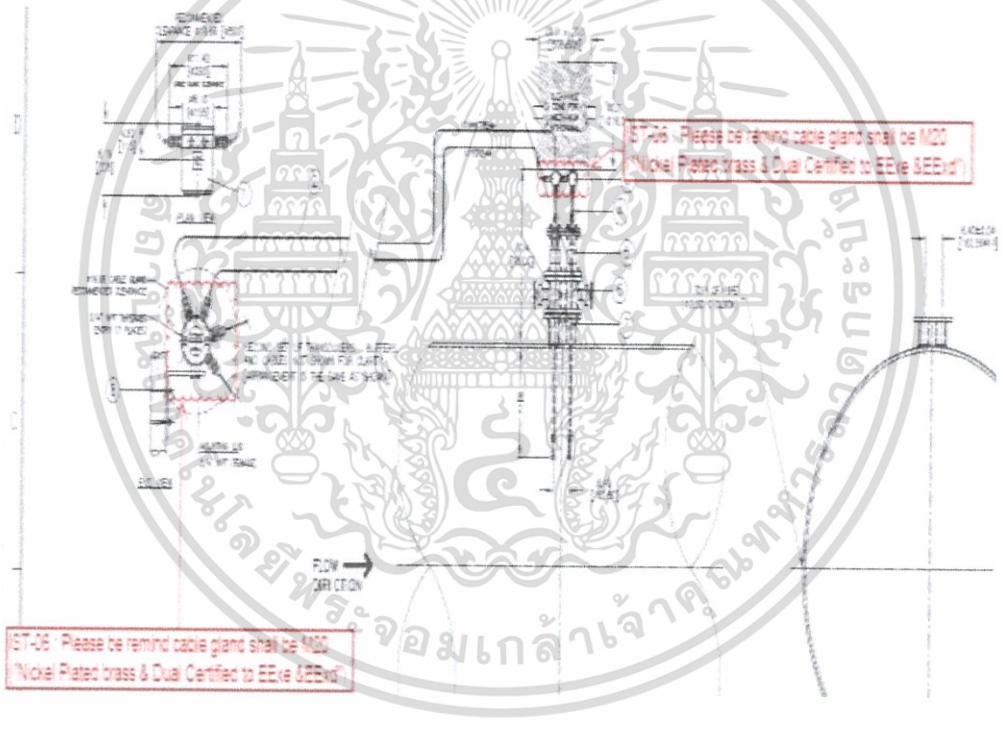
4. เมื่อได้ข้อมูลทั้งราคาและคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดจากผู้จัดจำหน่ายทุกรายแล้ว ให้นำมากรอกใส่ในเอกสารที่เรียกว่า CBE (Commercial Bid Tabulation) เพื่อทำการเปรียบเทียบราคากับคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดของแต่ละผู้จัดจำหน่าย เพื่อให้ได้อุปกรณ์วัดที่ตรงกับความต้องการของผู้ซื้อมากที่สุดและมีราคาถูกที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
5. สำหรับในกรณีที่ผู้จัดจำหน่ายบางรายยังไม่ส่งใบเสนอราคามาให้ ซึ่งเวลาได้ล่วงเลยมานานแล้ว เราสามารถทำการขอยกเลิกการซื้อขายกับผู้จัดจำหน่ายรายนั้นได้ เพื่อไม่ให้เป็นการเสียเวลา โดยในเอกสาร CBE ช่องที่ใส่ข้อมูลของบริษัทที่ทำการยกเลิกนั้น จะใส่คำว่า Waive
6. ในการทำเอกสาร CBE นั้น ถือเป็นขั้นตอนที่สามารถเลือกผู้จัดจำหน่ายได้แล้ว ซึ่งเราต้องส่งเอกสาร CBE ให้กับแผนก Project อนุมัติ
7. ทำการตรวจสอบราคากับคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดกับผู้จัดจำหน่ายครั้งสุดท้ายก่อนทำการ Kick Off Meeting (การยืนยันข้อมูลครั้งสุดท้าย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ผู้จัดจำหน่ายจะออกใบเสนอราคามาใหม่ที่ได้ต่อรองราคากับแผนก Project และต้องมีการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดใหม่เรื่อยๆ
9. จัดทำเอกสาร IPO (Internal Purchase Order) เพื่อส่งให้กับแผนก Project อนุมัติ
10. หลังจากแผนก Project ได้รับเอกสาร IPO แผนก Project จะส่งใบ PO (Purchase Order) ให้กับผู้จัดจำหน่าย
11. รอเอกสาร Vendor Print จากผู้จัดจำหน่าย ซึ่งประกอบไปด้วยเอกสารต่างๆดังต่อไปนี้
    - Vendor Print Index and Schedule (VPI) จะแสดงว่ามีเอกสารอะไรบ้างที่ได้รับ โดยบอกถึงรหัสเอกสาร หัวข้อเอกสาร จำนวนหน้า จุดประสงค์ (For Approval หมายถึงเพื่อให้วิศวกรผู้ออกแบบอนุมัติ, For Information หมายถึงเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิง, For Review หมายถึงเพื่อไว้ตรวจทาน, For Final หมายถึงเสร็จสมบูรณ์และพร้อมผลิต และ Final/As Built หมายถึงสั่งผลิตได้เลย) วันที่ได้รับและวันส่งเอกสารให้กับผู้จัดจำหน่าย โดยต้องระบุด้วยว่าเอกสารนั้นเป็นฉบับปรับปรุงอะไร
    - Product Catalog เป็นเอกสารที่บอกถึงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดทั่วๆไป
    - Manufacturer's Specification เป็นเอกสารที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัด ซึ่งแสดงโดยรหัสโมเดลของแต่ละอุปกรณ์ที่ทางบริษัทเป็นผู้กำหนดขึ้น โดยรหัสแต่ละตัวจะมีความหมายที่แตกต่างกัน อย่างเช่น 1495PG040A3SAXXXXX BCDVFFQC1Q8C7367 (รหัสโมเดลของแผ่นออริฟิซมาตรฐาน) และจะระบุด้วยว่าในแต่ละรหัสมีความหมายว่าอย่างไร
    - Outline Dimension Drawings with Mass เป็นภาพวาดแสดงมิติและความยาวด้านต่างๆของอุปกรณ์
    - Instruction Manuals for Installation and maintenance เป็นคู่มือที่แสดงขั้นตอนการติดตั้งและการซ่อมแซมของอุปกรณ์วัด ซึ่งวิศวกรที่ไซต์งานหรือผู้ติดตั้งจำเป็นต้องศึกษาเนื่องจากเป็นผู้ติดตั้งเอง
    - Calculation Sheet เป็นเอกสารที่แสดงผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นต่อการออกแบบหรือมีกราฟแสดงแนวโน้มที่แสดงถึงสมรรถภาพการใช้งานของอุปกรณ์วัด
12. หลังจากที่ได้รับเอกสาร Vendor Print มาแล้ว ต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อ มูล ถ้าข้อมูลเกิดความไม่ถูกต้อง ต้องทำการแก้ไขข้อมูล (Comment) ในโปรแกรม Blue Beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับไปให้กับผู้จัดจำหน่าย เพื่อให้ผู้จัดจำหน่ายแก้ไขข้อมูลกลับมาใหม่เรื่อยๆจน กว่าข้อมูลทุกอย่างจะถูกต้องสมบูรณ์ หลังจากนั้นจะเป็นขั้นตอนการผลิตและนำไปติดตั้งที่สถานที่จริงต่อไป โดยผู้เชี่ยวชาญหรือวิศวกรที่ไซด์งาน โดยเอกสาร Manufacturer's Specification, Outline Dimension Drawings และ Calculation Sheet ถ้าได้รับการอนุมัติเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถสั่งผลิตได้เลย ส่วนโปรแกรม Blue Beam นั้นเป็นโปรแกรมส่วนกลางของบริษัท และต้องเข้าระบบโดยใช้รหัสผ่านของตัวเอง ในการ Comment แต่ละครั้งต้องใช้คำที่ขึ้นต้นด้วย IST-xx (IST หมายถึง Instrument และ xx หมายถึงลำดับการ Comment) เป็นการแสดงว่า Comment นี้เป็นของแผนก Instrument โดยรูปที่ 3.14 เป็นตัวอย่างของเอกสาร Vendor Print ที่ผ่านการ Comment เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.14 Outline Dimension Drawing ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Insertion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินการออกแบบทางวิศวกรรม

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงาน โดยเริ่มจากการพิจารณาถึงสาเหตุในการติดตั้งและการเลือกใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลในกระบวนการผลิต ทั้งแผ่นออริฟิซ อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคและโรตามิตเตอร์ ตลอดจนการออกแบบเอกสารแสดงรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล และการสั่งซื้อ

4.1 สาเหตุในการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหล

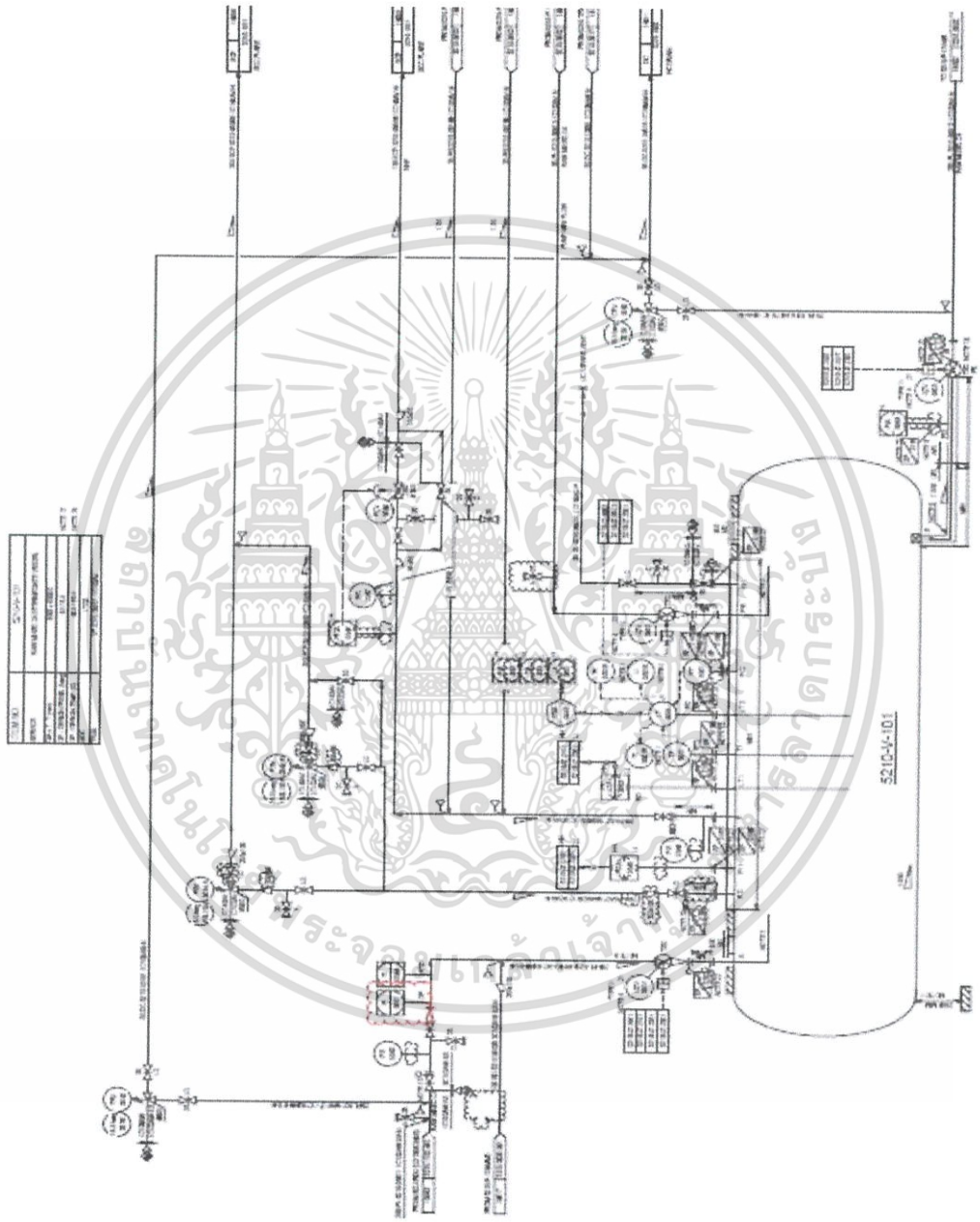
อุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในอุตสาหกรรมนั้นมีหลายชนิด การเลือกใช้อุปกรณ์วัดนอกเหนือจากราคาของอุปกรณ์วัดแล้ว จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมต่อการใช้งานและองค์ประกอบหลักด้วย เช่น ข้อมูลทางกระบวนการผลิต ของไหลภายในท่อ ขนาดของท่อ ความดันตกคร่อม ลักษณะของการไหล ค่าความเที่ยงตรง ค่าความสามารถของย่านการวัด และระยะท่อตรง ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นล้วนแล้วมีผลต่อความสามารถในการวัดของอุปกรณ์วัด เพื่อให้อุปกรณ์วัดเหล่านั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องเที่ยงตรง และมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยระยะท่อตรงเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับเฉพาะอุปกรณ์วัดอัตราการไหลเท่านั้น อุปกรณ์วัดความดัน อุณหภูมิหรือระดับ ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงระยะท่อตรงเพราะไม่มีผลต่อการวัด แต่สำหรับอุปกรณ์วัดอัตราการไหล ถ้าไม่คำนึงถึงระยะท่อตรงแล้ว อาจทำให้ค่าอัตราการไหลที่กำลังถูกวัดไม่ถูกต้อง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบลักษณะของการไหล ซึ่งส่งผลต่อความเร็วการไหลโดยตรง

สำหรับโรงกลั่นน้ำมัน อุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่พิจารณาเลือกใช้เป็นอันดับแรกคือ อุปกรณ์วัดชนิดความดันแตกต่าง เช่น แผ่นออริฟิซ หลอดเวนทูรีหรือนอสเซิล แต่ส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมน้ำมัน โรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ จะเลือกใช้แผ่นออริฟิซเป็นอันดับแรก ถ้ากรณีที่ไม่สามารถใช้อุปกรณ์วัดชนิดความดันแตกต่างได้ จึงพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์วัดชนิดอื่นต่อไป

จากรูปที่ 4.1 เป็นกระบวนการกักเก็บสารผสมเข้าสู่ถัง (Vessel) ซึ่งเป็นสารที่เรียกว่า Raw Mixed C4 เป็นสารผสมที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ประกอบด้วย Propane, Propylene, Butadiene และอื่นๆ โดยจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหล ณ ตำแหน่งทางเข้า (Inlet) สำหรับวัดค่าอัตราการไหลเพื่อนำสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐานไปควบคุมการไหลของของไหลที่เข้าสู่ถัง ซึ่งเลือกใช้แผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน เนื่องจากมีราคาถูก ติดตั้งง่าย มีความทนทานค่อนข้างสูง ขนาดของท่ออยู่ภายในขอบเขตที่แผ่นออริฟิซวัดได้และระยะท่อตรงเพียงพอต่อการติดตั้งตามมาตรฐาน ISO 5167 จึงไม่มีความจำเป็น

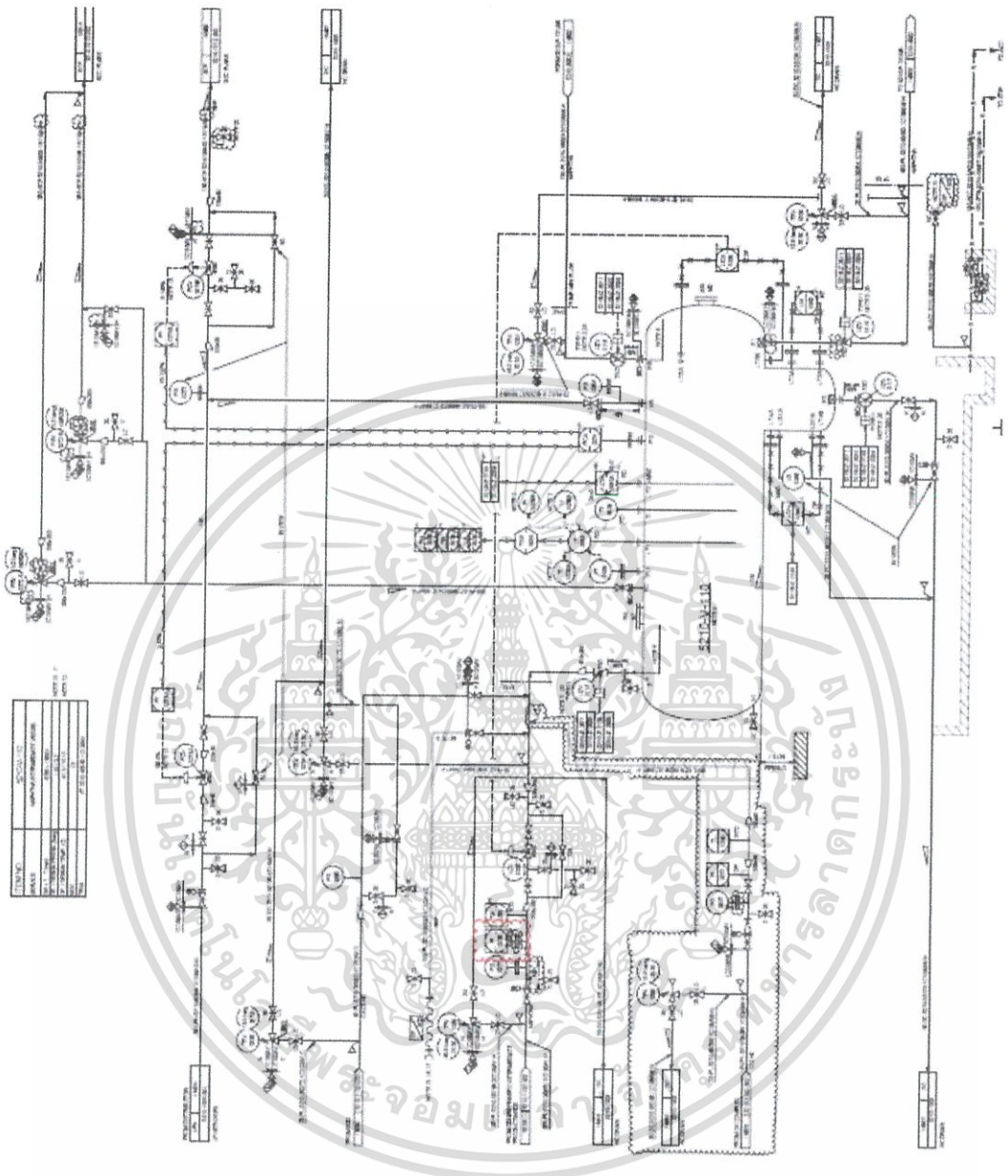
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้แผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง และใช้งานร่วมกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างที่เป็นรูปแบบ Impulse Line นั่นคือของไหลสามารถไหลเข้าสู่ทรานส์มิตเตอร์ได้โดยตรง จึงสามารถใช้กับของไหลที่เป็นสารกัดกร่อนได้ ซึ่งไม่เหมาะกับรูปแบบ Capillary Tube



รูปที่ 4.1 P&ID ที่มีแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐานและทรานส์มิตเตอร์ติดตั้งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 P&ID ที่มีแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่งและทรานส์มิตเตอร์ติดตั้งอยู่

จากรูปที่ 4.2 เป็นกระบวนการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นมาเก็บไว้ในถังและนำไปผสมกับสารอื่นต่อไป โดยใช้วาล์วสำหรับกรณีใช้งานปกติและวาล์วสำหรับกรณีฉุกเฉินด้วยลอจิก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ โดยของไหลภายในท่อเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่สามารถติดไฟได้ ซึ่งได้มาจากการกลั่นของน้ำมันและถ่านหิน แล้วมาทำปฏิกิริยาผสมกับแก๊สธรรมชาติที่ถูกควบแน่น

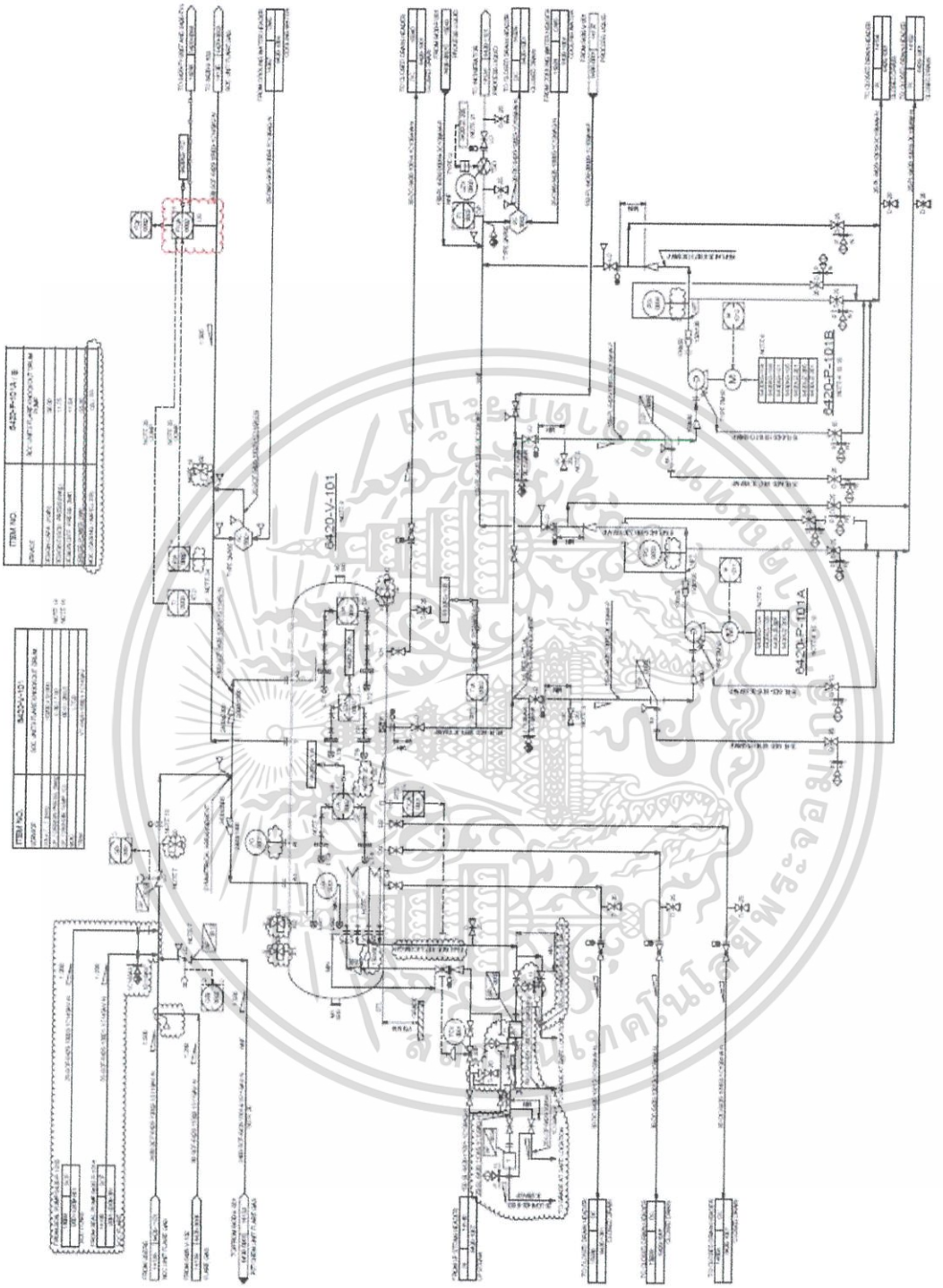
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งกระบวนการคล้ายกับกรณีที่ผ่านมา จึงต้องใช้แผ่นออริฟิซเพื่อวัดอัตราการไหลของของไหลก่อนเข้าสู่ถัง แต่แผ่นออริฟิซต้องเป็นชนิดคอนดิชันนิ่งเพราะว่า เมื่อคำนวณระยะท่อตรงใน Isometric Drawing ตามมาตรฐาน ISO 5167 แล้ว ระยะท่อตรงที่ได้ไม่เพียงพอต่อการใช้แผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน ข้อได้เปรียบคือความต้องการของระยะท่อตรงทั้งด้านหน้าและด้านหลังเพียง 2D เท่านั้น แล้วต้องใช้งานร่วมกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างที่เป็นรูปแบบ Capillary Tube เพราะว่าของไหลเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีการตะกอนและมีความหนืด ทำให้ต้องมีไดอะแฟรมซีลด์ติดตั้งอยู่ เพื่อไม่ให้ของไหลที่มีคุณสมบัติพวกนี้ ไหลเข้าไปสู่ทรานส์มิตเตอร์ได้

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าแผ่นออริฟิซที่ใช้อยู่ในโรงกลั่นน้ำมัน จะมีอยู่ 2 ชนิดคือแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐานกับชนิดคอนดิชันนิ่ง โดยความแตกต่างในการเลือกใช้ มีเพียงระยะท่อตรงเท่านั้น นั่นคือแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐานต้องคำนวณระยะท่อตรงตามมาตรฐาน ISO 5167 แต่สำหรับแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง เป็นชนิดพิเศษที่ไม่มีมาตรฐานใดๆอ้างอิง ทำให้ระยะท่อตรงไม่สามารถคำนวณตามมาตรฐาน ISO 5167 ได้ โดยจะกำหนดมาเป็นระยะคงที่สำหรับทุกๆประเภทสิ่งกีดขวาง หมายความว่า ถ้าระยะท่อตรงสำหรับแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐานที่ผ่านการคำนวณมาแล้ว ไม่เพียงพอต่อการติดตั้ง จำเป็นต้องเลือกใช้แผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่งแทน

สำหรับการเลือกใช้ทรานส์มิตเตอร์ว่าต้องการรูปแบบเป็น Impulse Line หรือ Capillary Tube นั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของของไหล ถ้าของไหลเป็นสารกัดกร่อนสูง สารมีความหนืดหรือสารมีตะกอน ควรใช้เป็นรูปแบบ Capillary Tube แต่ถ้าของไหลเป็นสารที่สะอาด ไม่มีของแข็งปะปนมา ควรใช้เป็นรูปแบบ Impulse Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

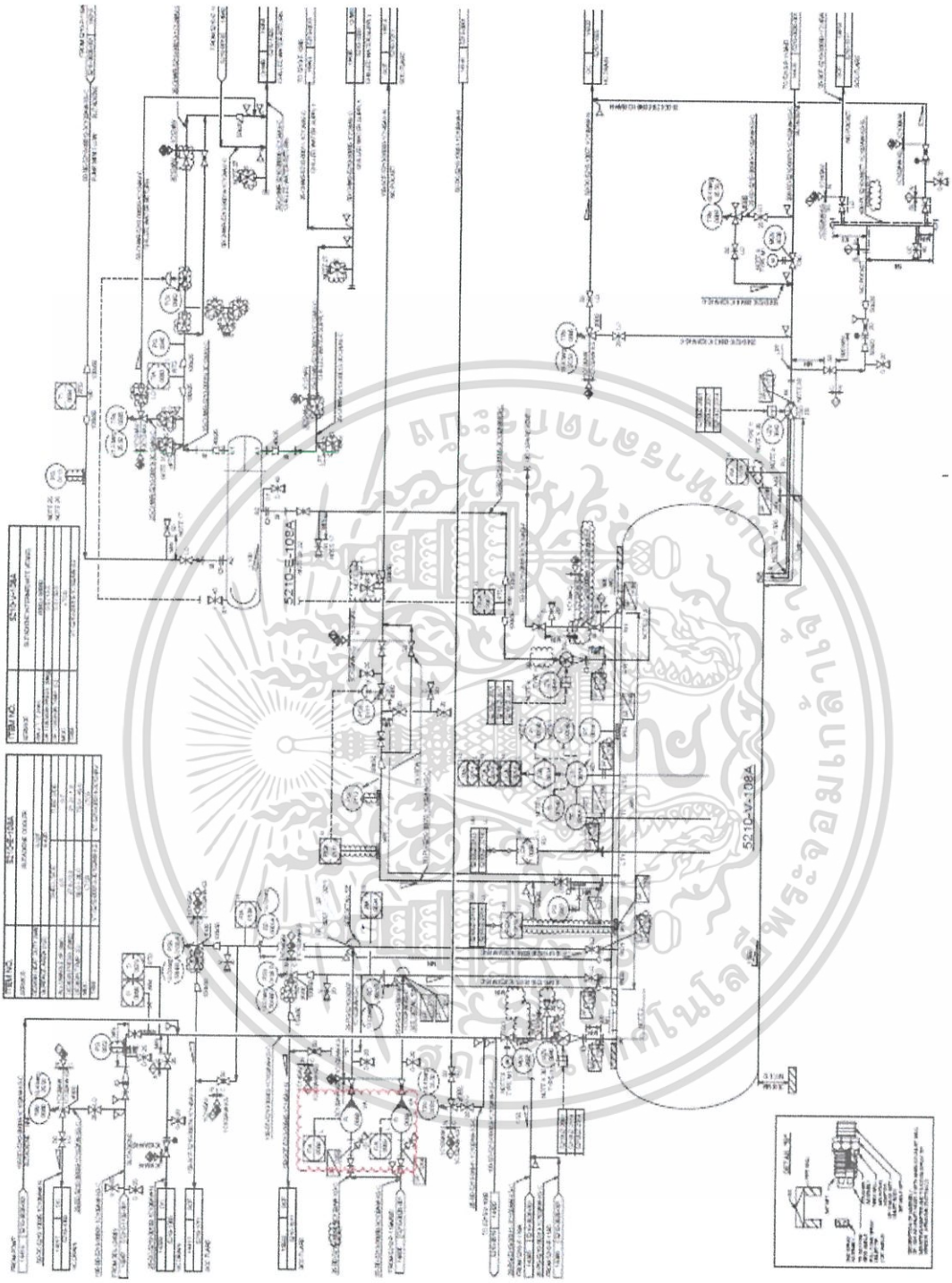


รูปที่ 4.3 P&ID ที่มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคติดอยู่

จากรูปที่ 4.3 เป็นกระบวนการที่นำแก๊สที่ไม่ได้ใช้แล้วและต้องการปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ ไปยังปล่องควัน (Flare Stack) โดยแก๊สที่กล่าวถึงเป็น Steam Cracker Flare Gas มาจากอุปกรณ์แยกของเหลวกับแก๊ส (Knockout Drum) ที่ทำหน้าที่แยกปริมาณของเหลวที่มากับแก๊สที่ไม่ต้องการ หลังจากที่แก๊สแยกออกจากของเหลวแล้ว จะไหลภายในท่อที่มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิด Insertion ติดตั้งอยู่เพื่อวัดอัตราการไหลของแก๊ส ก่อนไหลเข้าสู่ปล่องควัน เพื่อไม่ให้มีแก๊สในปล่องควันมากเกินไปอาจเกิดอันตรายได้ โดยจะมีการฉีดไอน้ำเข้าไปในปล่องควันเพื่อป้องกันการก่อตัวขึ้นของควันดำ ซึ่งสาเหตุที่ใช้อุปกรณ์ชนิดดังกล่าว ก็เพราะว่าขนาดของท่อมีขนาดใหญ่ถึง 2400 มิลลิเมตร ค่าความดันใช้งานมีค่าน้อยมาก ทำให้มีค่าความดันตกคร่อมน้อยมากตามไปด้วย และช่วงของค่าอัตราการไหลระหว่างค่าต่ำสุดกับค่าสูงสุดค่อนข้างกว้างมาก จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้อุปกรณ์แบบอุลตราโซนิควัด เพราะสามารถใช้กับท่อที่มีขนาดใหญ่มากๆได้และเป็นอุปกรณ์วัดที่ไม่มีความดันตกคร่อม และยังมีค่าความสามารถของย่านการวัดถึง 4000:1 ซึ่งกระบวนการกำจัดแก๊สเสีย (Flare gas) ต้องใช้อุปกรณ์วัดชนิด Insertion เท่านั้น

รูปที่ 4.4 เป็นกระบวนการสูบของเหลวชนิด Butadiene ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเข้าไปเก็บในถังแล้วนำไปยังกระบวนการกำจัดแก๊สเสียต่อไป ซึ่งจำเป็นต้องวัดอัตราการไหลของ Butadiene ที่ถูกสูบมาจากปั๊ม เพื่อควบคุมการไหลที่สัมพันธ์กับระดับของเหลวภายในถัง ซึ่งถูกวัดด้วยโรตามิเตอร์ที่เป็นแบบทั้งอินดิเคเตอร์ (Indicator) และทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter) โดยสาเหตุที่เลือกใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้เนื่องจากเป็นอุปกรณ์วัดที่สามารถวัดอัตราการไหลภายในท่อที่มีค่าต่ำๆได้ ไม่ต้องการระยะท่อตรงเหมือนกับอุปกรณ์วัดชนิดอื่น มักใช้กับท่อที่มีขนาดเล็ก โดยขนาดอยู่ที่ 1/8 ถึง 2 นิ้วและมีการสูญเสียความดันค่อนข้างมาก เพราะมีความดันตกคร่อมที่ Globe Valve สูงตามโครงสร้างของวาล์วที่มีการหักเหทิศทางการไหล โดยท่อที่มีโรตามิเตอร์ติดตั้งอยู่มี Globe Valve สำหรับควบคุมการไหล และตัวกรอง (Strainer) สำหรับกรองเศษวัสดุที่ติดมากับของเหลว เนื่องจากโรตามิเตอร์เหมาะกับของเหลวที่สะอาด มีความหนืดน้อย และต้องมีทรานส์มิตเตอร์สำหรับส่งสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐานไปที่ Globe Valve เพื่อควบคุมอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 P&ID ที่มีโรตามิตเตอร์ติดตั้งอยู่

4.2 เอกสารแสดงรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัด

หลังจากที่ได้กำหนดตำแหน่งติดตั้ง และเลือกชนิดของอุปกรณ์วัดตามความเหมาะสมของกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมันแล้ว เอกสารแสดงรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะแสดงถึงคุณสมบัติทั่วไปและคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัด หลังจากนั้นจึงส่งไปให้กับผู้จัดจำหน่ายเพื่อให้เสนอราคามาตามรายละเอียดต่างๆที่ถูกกำหนดขึ้น ดังแสดงดังต่อไปนี้

4.2.1 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน

รายละเอียดสามารถจำแนกตามหัวข้อดังนี้

1. ข้อมูลต่างๆทั่วไป หาได้จาก P&ID และเอกสาร Piping Material มีดังนี้
   - เลขประจำตัวของอุปกรณ์วัด : 6420FE-1001
     - 6420 หมายถึง กระบวนการปล่อยแก๊สเสีย (Flare Gas) ของโรงกลั่นน้ำมัน
     - FE หมายถึง เป็นเซนเซอร์วัดอัตราการไหล (แผ่นออริฟิซ)
     - 1001 หมายถึง เลขลำดับของอุปกรณ์วัด เรียงตามหน้า P&ID
   - กระบวนการที่มีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่ : ACCIDENTALLY CHEMICALLY CONTAMINATED TO UNIT 6320
     - หมายความว่าของไหลที่ไหลภายในท่อเป็นสารเคมีปนเปื้อนไปยังหน่วย 6320
   - เลขหน้าของ P&ID : RAPID-P0005-TYO-PRO-PID-6420-1010
   - เลขรหัสของท่อ : 150-ACC-6420-00009-1C101AV-N
     - 150 หมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ระบุ (Nominal Diameter/mm)
     - ACC หมายถึง ชนิดของไหล โดยมีชื่อเต็มคือ Accidentally Chemically Contaminated
     - 6420 หมายถึง กระบวนการปล่อยแก๊สเสีย (Flare Gas) ของโรงกลั่นน้ำมัน
     - 00009 หมายถึง เลขบอกชนิดท่อ (Sequential Number)
     - 1C101AV หมายถึง การแบ่งประเภทท่อที่บอกถึงความหนาของผนังท่อเท่ากับ 7.11 มิลลิเมตร ที่ Line Schedule เท่ากับ 40 และวัสดุที่ใช้ทำท่อเป็นเหล็กคาร์บอนชนิด ASTM A106-B (Piping Class)
     - N หมายถึง ไม่มีฉนวนหุ้มท่อ (Non-Insulated)
   - ขนาด วัสดุและความหนาของผนังท่อ : ขนาด 150 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้ทำท่อเป็นเหล็กคาร์บอนชนิด ASTM A106-B และผนังท่อมีความหนา 7.11 มิลลิเมตร ซึ่งถูกระบุอยู่ในเลขรหัสของท่อทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขการทำงานและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการ

จากข้อมูลดังต่อไปนี้ สังเกตได้ว่าค่าอัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิและความดันแสดงเฉพาะค่าสูงสุด โดยขึ้นอยู่กับความต้องการในการวัดของแต่ละกระบวนการ ซึ่งปกติมีทั้งค่าต่ำสุด ค่าปกติและค่าสูงสุด และค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะกับค่าการอัดตัวของแก๊สไม่ได้ระบุมา เพราะว่าของไหลเป็นของเหลว ไม่สามารถอัดตัวได้

- สถานะและเฟสของของไหล : เป็นของเหลวและมีเฟสเดียว (Single Phase)
- ค่าอัตราการไหลเชิงมวลสูงสุด : 49500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- ค่าความดันสูงสุด : 9.7 บาร์เกจ
- ค่าอุณหภูมิสูงสุด : 40 องศาเซลซียส
- ค่าความหนาแน่นสูงสุด : 990 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- ค่าความหนืด : 0.65 เซนติพอยส์
- ค่าความดันไอ ณ อุณหภูมิที่กำหนด : 0.07 บาร์สัมบูรณ์
- ค่าความดันและอุณหภูมิออกแบบ : 13 บาร์เกจและ 75 องศาเซลเซียส
- ค่าความดันสูญเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้ : 0.14 บาร์

3. ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นออริฟิซและหน้าแปลน

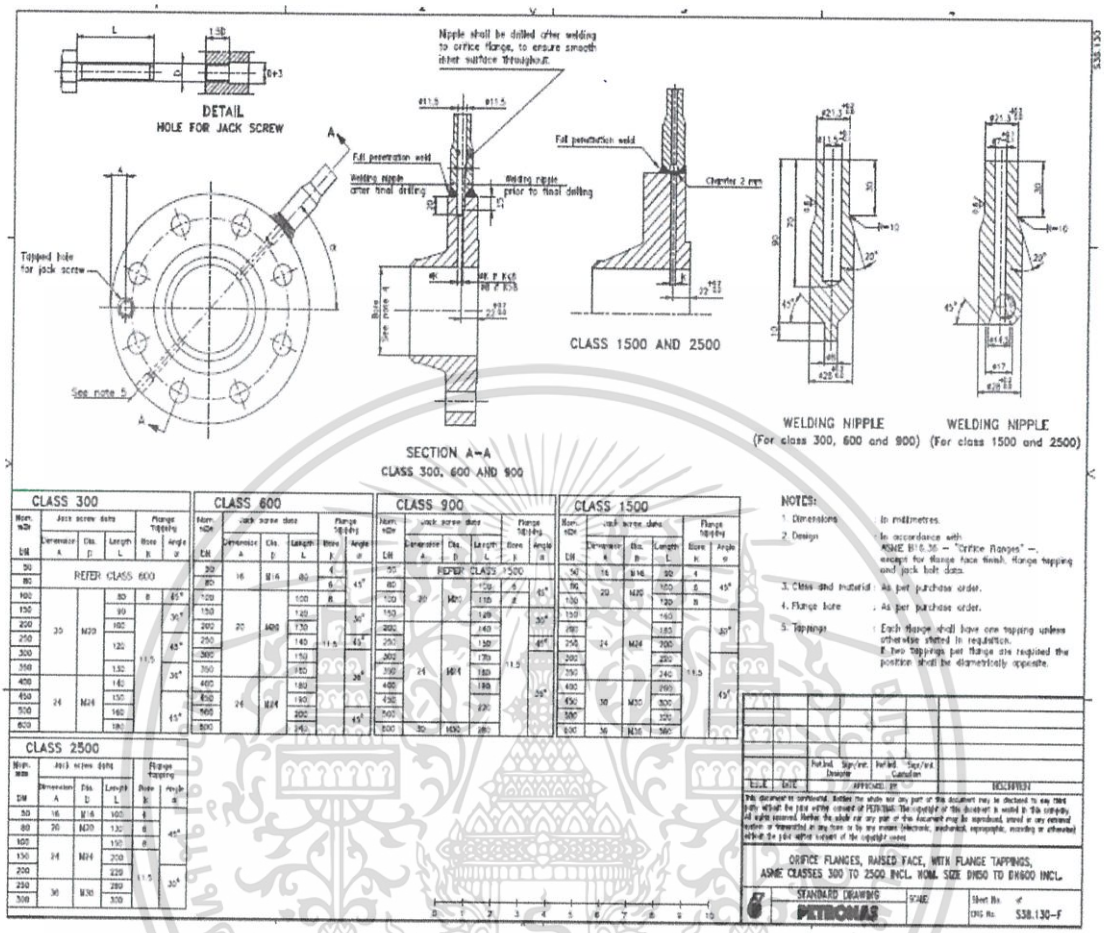
ข้อมูลที่เลือกต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขการทำงานของกระบวนการ เนื่องจากมีผลต่อการคำนวณค่าต่างๆของแผ่นออริฟิซโดยตรง เช่น รูของแผ่นออริฟิซ อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่นออริฟิซกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ และค่าความดันสูญเสียถาวร เพราะถ้าเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์มาคำนวณผิด จะส่งผลเสียต่อสมรรถภาพการทำงานของอุปกรณ์วัด

- มาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ : ISO 5167
  - เป็นมาตรฐานสากลของอุปกรณ์วัดชนิดความดันแตกต่างเกี่ยวกับลักษณะของแผ่นออริฟิซ ประเภทจุดต่อความดัน การกำหนดระยะท่อตรงต่อสิ่งกีดขวางชนิดต่างๆ เป็นต้น
- ชนิดของแผ่นออริฟิซ : เป็นแบบศูนย์กลางร่วม (Concentric Square Edge)
- วัสดุที่ใช้ : Stainless Steel 316
- ความหนาของแผ่นออริฟิซ : 6 มิลลิเมตร (อ้างอิงมาจาก standard Drawing)
- ขนาดของแผ่นออริฟิซ : 150 DN ซึ่งจะต้องมีขนาดเดียวกันกับขนาดของท่อ
- อัตราการทนความดัน : 300# หมายความว่าหน้าแปลนสามารถทนความดันได้ถึง 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน้าสัมผัสของหน้าแปลน : WN-RF (Welding Neck with Raised Face) หมายความว่าหน้าแปลนเป็นแบบหน้ายื่นออกมา ณ ตำแหน่งตรงกลาง โดยความสูงของหน้ายื่นมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามอัตราการทนความดันแบบผกผัน
- ผลการคำนวณ : From Manufacturer หมายความว่าผู้จัดจำหน่ายจะเป็นคนคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆทั้งหมดด้วยโปรแกรมของทางผู้จัดจำหน่ายเอง ทางวิศวกรผู้ออกแบบต้องตรวจสอบเพื่อให้ค่าต่างๆอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ เช่น อัตราส่วนเบต้า ควรมากกว่า 0.25 แต่ไม่เกิน 0.75 ค่าความดันสูญเสียถาวรไม่ควรเกินค่าความดันสูญเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้ (0.14 บาร์) ค่าความดันแตกต่างที่กำหนดควรอยู่ในช่วง 0-250 มิลลิบาร์ เป็นต้น ซึ่งเป็นช่วงที่ดีที่สุดสำหรับช่วง 0-12.5 มิลลิบาร์กับช่วง 0-1000 มิลลิบาร์ ควรหลีกเลี่ยงตามข้อกำหนดของโครงการ
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่นออริฟิซ : 77.57 มิลลิเมตร (มาจากการคำนวณ)
- อัตราส่วนเบต้า : 0.50 (มาจากการคำนวณ)
- ขนาดรูเดรนกับรูเวนส์ : 2 มิลลิเมตร (อ้างอิงมาจาก Standard Drawing)
- ค่าความดันสูญเสียสูงสุด : 0.12 บาร์ (มาจากการคำนวณ) ต้องมีค่าไม่เกินค่าความดันสูญเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.14 บาร์
- ย่านการสอบเทียบ : 0-160 มิลลิบาร์ พิจารณาเลือกค่าที่ถอดรากที่สองลงตัว และไม่ควรเกิน 0-250 มิลลิบาร์ตามข้อกำหนดของโครงการ
- ย่านอัตราการไหลเต็มสเกล : 0-60 ตันต่อชั่วโมง
  - หน่วยของอัตราการไหลเป็นตันต่อชั่วโมง ซึ่งต่างจากกับหน่วยของอัตราการไหลในหัวข้อที่ 2 เนื่องมาจากว่าหน้าจอของทรานส์มิตเตอร์ไม่สามารถแสดงตัวเลขเกิน 999 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- ชนิดของจุดต่อความดัน : Flange Tapping (จุดต่อความดันที่หน้าแปลนทางด้านหน้ากับด้านหลังของแผ่นออริฟิซที่ตำแหน่งเดียวกัน)
- จำนวนจุดต่อความดัน : 1 เซ็ท หมายความว่า หนึ่งจุดต่อความดันต่อหน้าแปลนหนึ่งตัว
- ขนาดของจุดต่อความดันและวัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลน : As per S38.130-F/ASTM A105 หมายความว่าขนาดของจุดต่อความดันจะถูกอ้างอิงตามเอกสาร Standard Drawing เลขที่ S38.130-F และวัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนเป็นเหล็กคาร์บอนชนิด ASTM A105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 เอกสาร Standard Drawing เลขที่ S38.130-F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General Data	1	Tag Number		Case			6420FE -1001						
	2	Service					ACCIDENTALLY CHEMICALLY CONTAMINATED TO UNIT 6320						
	3	PID No.		NACE Applicable			RAPID-P0005-TYD-PRO-PID-6420-1010				No		
	4			Line Number							150-ACC-6420-00009-1C101AVN		
	5	Line Size		Piping Class			150 mm				1C101AV		
	6	Line Material		Line Schedule			CS ASTM A106-B				40		
Operating Conditions	7	Fluid		Special Conditions			See Note1						
	8	Phase		State			Single phase				Liquid		
	9	Flow :	Min.	Norm.	Max.	Units			49500		kg/h		
	10	Press. :	Min.	Norm.	Max.	Units			9.7		bar-g		
	11	Temp. :	Min.	Norm.	Max.	Units			40		°C		
	12	Density :	Min.	Norm.	Max.	Units			990		kg/m³		
	13	Molecular Weight		Viscosity @ Op. Cond.					0.65 cP				
	14	Cp/Cv		Compressibility - Factor Z									
	15	Vapour Pressure @ Nominal Temp					0.07 bar-a						
	16	Design Press. :	Min.		Max.	Units			13		bar-g		
	17	Design Temp. :	Min.		Max.	Units			75		°C		
	18	Max. Allowable Press Loss					0.14 bar						
	19												
Orifice Plate	20	Calculation Code					ISO 5167						
	21	Orifice Type					Square Edge						
	22	Material		Thickness			316 S.S.				6 mm		
	23	Size		Rating		Face	150 DN				300#		WN-RF
	24	Calculation Results					From Manufacturer						
	25	Bore Diameter									77.57 mm		
	26	Beta Ratio									0.50		
	27	Drain or Vent Hole									2 mm		
	28	Pressure Loss @ Max Flow					0.12 bar						
	29	Calibrat. Range :	Min.		Max.	Units	0		160		mbar		
	30	System Range :	Min.		Max.	Units	0		60		t/h		
Orifice Flanges	31	Taps Type		Taps Quantity			Flange Tapping				1 Set		
	32	Pressure Tab size / Material					As per 338.130-F / ASTM A105						
Purchase	33			Weight									
	34	Manufacturer		Model No.							Note 5		
	35	Client Reference		Requisition No.									
	36	Material Code											

Notes:
1. ACCIDENTALLY CHEMICALLY CONTAMINATED
2. Flange Material: ASTM A105
3. Bolts & Nuts Material: ASTM A193-B7/A194-2H with Coating Type-2
4. Gasket Material: Gasket spiral wound - AISI 316, graphite filled CS centring-SS inner ring
5. Orifice Model No: 1496PG060A3SAXXXXBCDVFFQC1Q9C7367
   Flange Model No: 1496WN060A3CFFQC1Q9C7368

No.	By	Chk	Appr	Date	Revision

INSTRUMENT SPECIFICATION
Orifice Plate

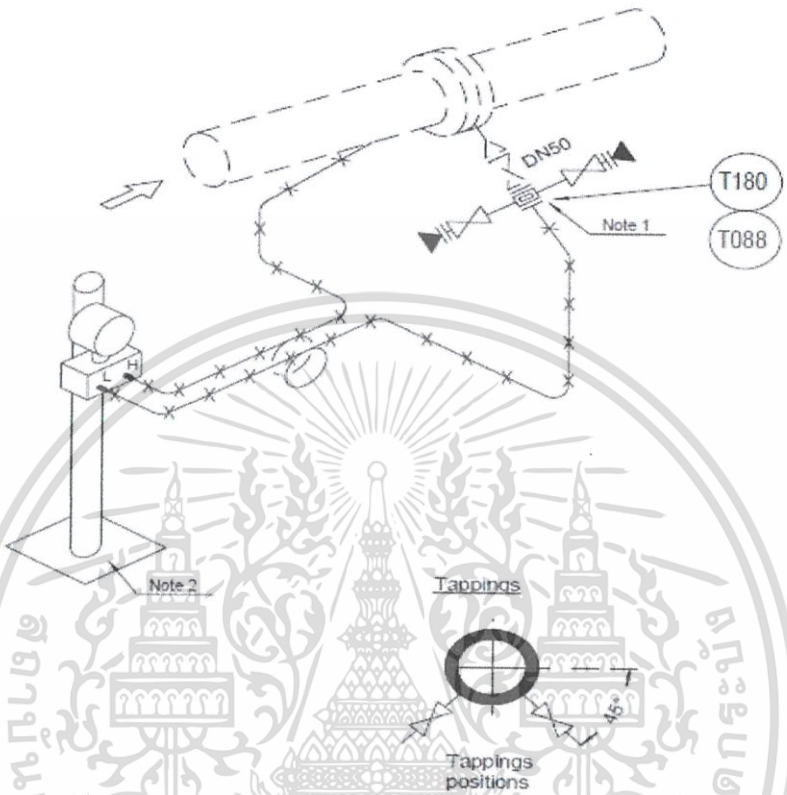
TOYO

Code:	Dwg. No.:	Sheet 1
102	Ind Doc No.:	Rev.: 0

รูปที่ 4.6 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.1 **ลักษณะการติดตั้ง**



รูปที่ 4.7 การออกแบบการติดตั้งของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน

จากรูปที่ 4.7 เป็นท่อที่ติดตั้งในแนวนอน โดยแผ่นออริฟิซติดตั้งขวางแนวของท่อ ซึ่งต้องมีหน้าแปลนประกบอยู่ทั้งสองด้านที่มีขนาดเดียวกันกับท่อ หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่อท่อนิพเพิลออกมาจากจุดต่อความดัน โดยตำแหน่งของมันอยู่ที่ 45 องศา ทิศทางลงจากแกนนอน สำหรับกรณีของไหลเป็นของเหลวเท่านั้น เพื่อป้องกันของเหลวบางส่วนได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอหรือฟองอากาศขึ้นไปที่ทรานส์มิตเตอร์จนเกิดความผิดพลาดในการวัดค่าได้ และนำไปต่อกับวาล์วกั้น เพื่อความสะดวกในการสอบเทียบเท่านั้น จากนั้นไปต่อกับไดอะแฟรม ซีลด์ที่มีขนาด 2 นิ้วเหมือนกันกับวาล์วกั้น โดยใช้หน้าแปลนเชื่อมกระบวนการกันระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง และมีฟัชชิ่งริงติดอยู่ด้านล่างของไดอะแฟรมซีลด์สำหรับกำจัดเศษวัสดุที่ติดอยู่ตรงแผ่นไดอะแฟรมให้หลุดออกไปผ่านไอโซเรต วาล์ว (Isolation Valve) ส่วนท่อที่ต่อออกมาจากไดอะแฟรมซีลด์ไปยังทรานส์มิตเตอร์ เรียกว่าคัปพิลลารี่ทิวป์ ที่มีความยาว 5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 เอกสารการคำนวณแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน

เอกสารการคำนวณนี้เป็นส่วนหนึ่งของ Vendor Print ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้กับวิศวกรผู้ออกแบบทำการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมของผู้จัดจำหน่าย ถ้ามีความไม่ถูกต้องขึ้น เราต้องทำการแก้ไขข้อมูล หรือที่เรียกว่า Comment กลับไปให้ผู้จัดจำหน่ายแก้ไขมาใหม่จนกว่าจะถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4.8

CALCULATION DATA SHEET FOR ORIFICE PLATE
CALCULATION STANDARD : ISO 5167 /TR 15377

GENERAL DATA

Customer :	Toyo Engineering
Project :	RAPID Unit-4730/5210/6420/6430_Orifice
Enq.No :	
Tag No :	6420FE-1001
Micro Job No :	-

PRODUCT DESCRIPTION

Bore Type:	Concentric Square Edge	Type of Tapping:	Flange Taps
Plate Material:	SS316/316L	No.of Tapping:	1 Pair
Drain/Vent Diameter:	Vent Hole / 2.0 mm	Line Size:	6 inch (DN150)
Vent Hole Location:	76.0255 mm	Pipe Schedule:	40
		Pipe Material:	A 106 Gr.B
		Flange Material:	A105

INPUT DATA

Fluid Type:	Liquid		
Service:	Accidentally Chemically Contaminated		
Pipe I.D:	154.0510 mm		
Upstream Pressure:	9.700 bar-g	Design Pressure:	13.000 bar-g
Temperature at Flow:	40.000 °C	Design Temperature:	75.000 °C
Absolute Viscosity:	0.65000 cP		
Compressibility at Flow:			
Operating Specific Gravity:			
Density at Flow:	990.00000 kg/m3		
Flow Rates:-			
Minimum:			
Normal:			
Maximum:	49500.000 kg/hr		
Full scale:	60000.000 kg/hr		

CALCULATED DATA

(Calculation Performed at Normal Conditions)

Orifice Bore Size:	77.5729 mm	Bore Reynolds Number (Normal):	
DP at Min Flow:		Pipe Reynolds Number (Normal):	174799
DP at Normal Flow:			
DP at Max Flow:	108.9000 mbar	Permanent Pressure Loss:-	
URV(DP at Full Scale):	160.0000 mbar	at Normal Flow:	0.00 mbar
Beta:	0.50355	at Maximum Flow:	78.82 mbar
Discharge Coefficient:	0.60526	at Full Scale Flow:	115.80 mbar
		Plate Thickness:	6.00 mm

Done By:- S.P

Checked By : : SSV

NOTES

Ref QE160879-B-6420FE-1001

รูปที่ 4.8 เอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 **เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง**

รายละเอียดสามารถจำแนกตามหัวข้อดังนี้

1. ข้อมูลต่างๆทั่วไปหาได้จาก P&ID และเอกสาร Piping Material มีดังนี้
   - เลขประจำตัวของอุปกรณ์วัด : 6420FE-1001
     - 6420 หมายถึง กระบวนการปล่อยแก๊สเสีย (Flare Gas) ของโรงกลั่นน้ำมัน
     - FT หมายถึง เป็นทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดอัตราการไหล
     - 1001 หมายถึง เลขลำดับของอุปกรณ์วัด เรียงตามหน้า P&ID
   - กระบวนการที่มีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่ เลขหน้าของ P&ID เลขรหัสของท่อและขนาด วัสดุกับความหนาของผนังท่อ
     - ข้อมูลในส่วนนี้จะเหมือนกับในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซ เนื่องจากแผ่นออริฟิซต้องใช้งานร่วมกันกับทรานส์มิตเตอร์เพื่อนำสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐานไปควบคุมอุปกรณ์ต่อไป
2. ข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขการทำงานและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการ

จากข้อมูลดังต่อไปนี้ จะเห็นว่าระบุแค่ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของของไหลและความดันกับอุณหภูมิออกแบบ เพราะว่ารูปแบบการต่อใช้งานของทรานส์มิตเตอร์ระหว่างรูปแบบ Impulse Line และ Capillary Tube จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของของไหล เช่น ความหนืด การกัดกร่อนและตะกอน โดยรูปแบบคัปพิลลารี่ทิวป์เหมาะกับของไหลที่มีความหนืดสูง มีตะกอนหรือกัดกร่อน สังเกตได้จากค่าความหนืดที่ระบุอยู่ในเอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน ส่วนข้อมูลอื่นๆ ได้อธิบายในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐานเรียบร้อยแล้ว

3. ข้อมูลเกี่ยวกับเซนเซอร์และทรานส์มิตเตอร์
   - ย่านความสามารถในการวัดของทรานส์มิตเตอร์ : -1000 ถึง 1000 มิลลิบาร์ (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
   - ค่าความเที่ยงตรง : +/-0.055% ของช่วงการวัด 10-1000 มิลลิบาร์ (ถูกกำหนดโดยผู้จัดจำหน่ายและยอมรับได้ เนื่องจากค่าความเที่ยงตรงอยู่ในขอบเขตที่ต้องการตามข้อกำหนดของโครงการ)
   - แหล่งจ่ายพลังงานให้กับทรานส์มิตเตอร์ : 2 wires 24Vdc Loop Powered หมายความว่าสามารถรับกระแสไฟกับส่งสัญญาณเอาต์พุตไปที่ระบบควบคุม DCS ภายในสายเส้นเดียวกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณเอาต์พุต : 4-20 mA HART หมายถึงทรานส์มิตเตอร์ให้เอาต์พุตเป็นกระแสไฟฟ้ามาตร ฐานที่เป็นสัดส่วนกับความดันพร้อมกับการสื่อสารแบบ HART
- ชนิดของเซนเซอร์ : แผ่นไดอะแฟรม
  - เป็นเซนเซอร์วัดความดัน โดยเป็นส่วนหนึ่งของ Wetted Part ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปใช้วัดความดันในช่วงต่ำๆ
- วัสดุที่ใช้สำหรับเซนเซอร์ : Hastelloy C-276 (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
- วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนประกอบที่สัมผัสกับของไหลโดยตรง (Wetted Part) : Stainless Steel 316L หมายถึง เป็นแสตนเลตที่ผสมคาร์บอนต่ำ
- วัสดุที่ใช้สำหรับโอ ริง : Fluro-Rubber เป็นยางชนิดหนึ่ง (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
- วัสดุที่ใช้สำหรับกลอนและสิ่งห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ : Stainless Steel 316L และ Aluminium Alloy (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
- รูเวนส์กับรูเดรน : NA หมายความว่า ไม่จำเป็นต้องใช้เนื่องจากมี Diaphragm Seal คอยกั้นของไหลไม่ให้เข้ามาที่ทรานส์มิตเตอร์อยู่แล้ว ดังนั้นจึงต้องปลั๊กอุดไว้
- การเชื่อมต่อทางกระบวนการ : See Diaphragm Seal หมายความว่า อุปกรณ์เชื่อมต่อเป็นชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในไดอะแฟรมซีลด์
- การเชื่อมต่อทางสายไฟ : M20 X 1.5 ISO หมายความว่า เป็นเกลียวขนาด 20 ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางพิต (Pitch) เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานสากลของ ISO
- เคเบิ้ลแกลน : Yes หมายความว่า มีใช้เพื่อหุ้มตัวเกลียวที่เชื่อมต่อสายไฟ เข้ากับทรานส์มิตเตอร์
- อุปกรณ์ยึดทรานส์มิตเตอร์ : 2" Pipe Mounting หมายถึง มีเสาค้ำขนาด 2 นิ้ว
- การแบ่งโซนพื้นที่ที่เป็นอันตราย : Zone1, IIB, T3
  - Zone1 หมายถึงสถานที่ที่มีโอกาสเกิดการระเบิดเป็นบางครั้งบางคราวในสภาวะการทำงานปกติ
  - IIB หมายถึง สถานที่โดยรอบๆนั้น มีแก๊สประเภท Ethylene ปกคลุมอยู่
  - T3 หมายถึง เมื่อเกิดการระเบิดขึ้นแล้ว อุณหภูมิมากที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ บริเวณผิวสัมผัสของอุปกรณ์วัดมีค่าเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มาตรฐานการรับรองความปลอดภัย : ATEX II 2G
  - เป็นมาตรฐานด้านการรับรองความปลอดภัยของอุปกรณ์วัดที่ชื่อว่า ATEX
  - II หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถใช้ในบริเวณ ซึ่งปกคลุมด้วยแก๊สที่มีโอกาสเกิดการระเบิด
  - 2G หมายถึง เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะกับบริเวณ Zone1
- ประเภทการป้องกัน : Ex ia หมายถึงเป็นประเภทการป้องกันการระเบิดแบบจำกัดพลังงาน (Intrinsically Safe/I.S.)
  - มีหลักการทำงานคือใช้วงจรจำกัดพลังงานสำหรับการป้องกันไม่ให้มีพลังงานจากพื้นที่ปลอดภัยออกไปยังพื้นที่ที่เป็นอันตรายเกินกว่ากำหนดหรือเกินกว่าพลังงานที่สามารถทำให้เกิดการจุดประกายไฟ หรือความร้อนสูงในพื้นที่ที่เป็นอันตรายจนเป็นเหตุให้เกิดการลุกไหม้หรือระเบิด
  - อุปกรณ์วัดที่มีการป้องกันประเภทนี้จะต้องไม่เป็นตัวจุดระเบิดเมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้น 1 ครั้งในสภาวะการทำงานปกติหรือเกิดความผิดพลาดร่วมกัน 2 ครั้ง และสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่เป็นอันตรายทั้งโซน 0, 1 และ 2 ได้
- มาตรฐานตัวห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ : IP66/IP67 ซึ่ง IP (Ingress Protection) เป็นมาตรฐานที่บอกถึงความสามารถในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายในทรานส์มิตเตอร์ โดยตัวเลขด้านหน้าหมายถึงระดับความสามารถในการป้องกันของแข็งหรือฝุ่น ส่วนตัวเลขด้านหลังหมายถึงระดับความสามารถในการป้องกันน้ำ
  - IP66 จึงหมายถึงทรานส์มิตเตอร์สามารถป้องกันฝุ่นที่ติดแน่นได้และน้ำที่สาดมาอย่างแรงได้
  - IP67 จึงหมายถึงทรานส์มิตเตอร์สามารถป้องกันฝุ่นที่ติดแน่นได้และสามารถจุ่มลงไปในน้ำได้ชั่วคราว
- อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก : Yes หมายถึงมีอุปกรณ์นี้ติดตั้งอยู่ในทรานส์มิตเตอร์แล้ว

4. ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์เสริมอื่นๆ

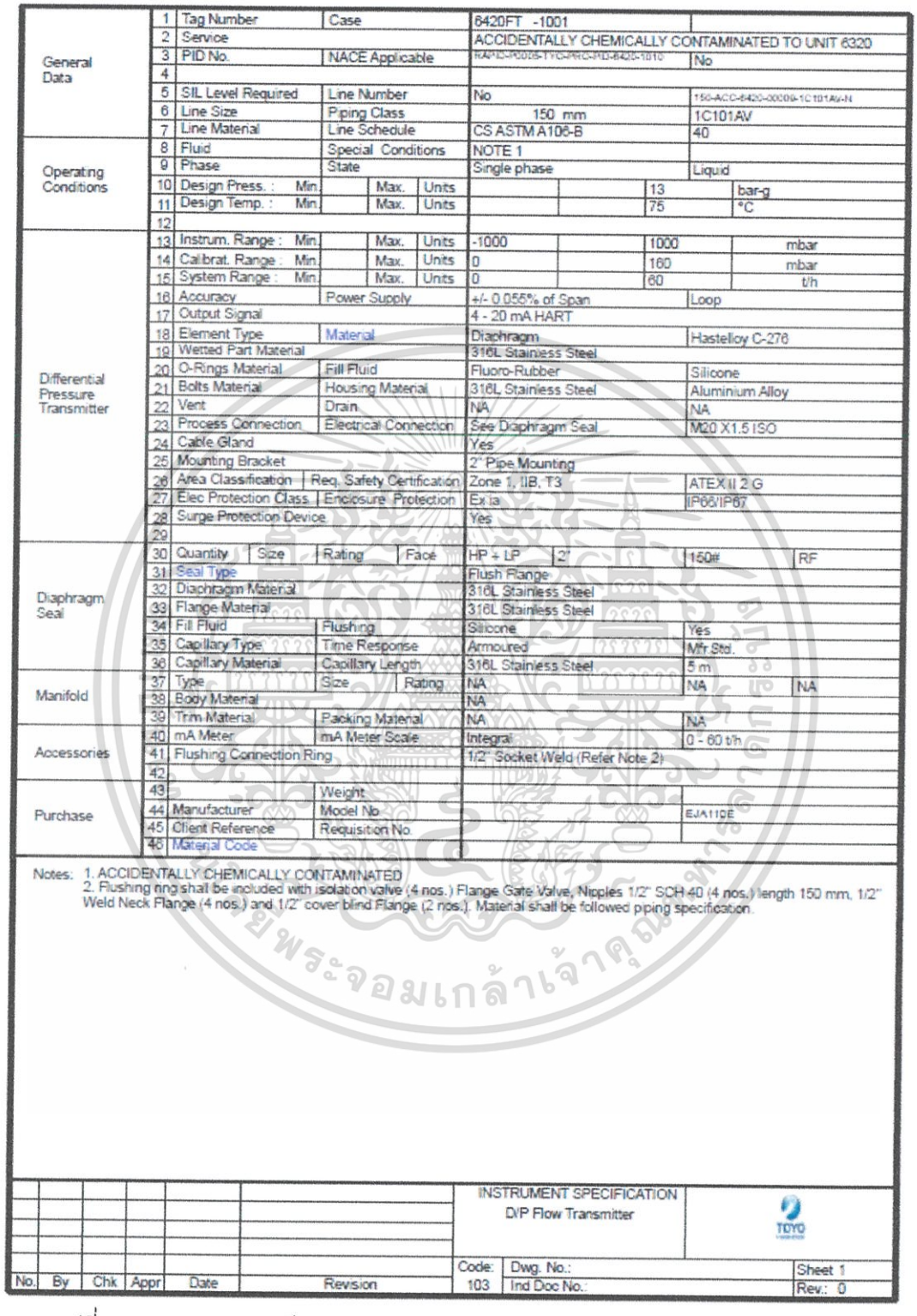
อุปกรณ์เสริมจะประกอบไปด้วยไดอะแฟรม ซีลด์และฟัซชิ่ง ริง โดยข้อมูลของวาล์ว มานิโฟลด์ ใส่เป็น NA เนื่องจากไม่มีใช้ เพราะเป็นรูปแบบคัปพิลลารี่ทิวป์

- จำนวนจุดต่อความดัน : HP + LP ซึ่งก็คือ 1 เซ็ท
- ชนิดการเชื่อมต่อ : Flush Flange หมายความว่า ไดอะแฟรมซีลด์ติดอยู่กับหน้าแปลนชนิดหน้าเรียบ (Blind Flange)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัสดุที่ใช้สำหรับแผ่นไดอะแฟรมกับหน้าแปลน : Stainless Steel 316L
- ของไหลที่อยู่ในในคัปพิลลารี่ทิวป์ : ซิลลิโคลน (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
- ความยาวของคัปพิลลารี่ ทิวป์และเวลาในการตอบสนอง : 5 เมตรและเวลาในการตอบสนองระบุเป็น Mfr.Std. (Manufacturer Standard) โดยค่าทั้งสองจะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง เช่น ยิ่งความยาวของคัปพิลลารี่ทิวป์มีมาก ยิ่งทำให้เวลาในการส่งผ่านความดันในของไหลไปที่ทรานส์มิตเตอร์นานขึ้น
- สเกลของมิเตอร์ : 0-60 ตันต่อชั่วโมง เป็นค่าเดียวกันกับย่านอัตราการไหลที่ Full Scale และนำไปแสดงบนหน้าจอของทรานส์มิตเตอร์
- ฟัชชิ่ง ริง : ½" Socket Weld โดยมีขนาดครึ่งนิ้วและเป็นแบบสวมเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



General Data	1	Tag Number		Case			6420FT -1001						
	2	Service					ACCIDENTALLY CHEMICALLY CONTAMINATED TO UNIT 6320						
	3	PID No.		NACE Applicable			[illegible]				No		
	4												
	5	SIL Level Required		Line Number			No				150-ACC-6420-00009-1C101AV-N		
	6	Line Size		Piping Class			150 mm				1C101AV		
	7	Line Material		Line Schedule			CS ASTM A106-B				40		
Operating Conditions	8	Fluid		Special Conditions			NOTE 1						
	9	Phase		State			Single phase				Liquid		
	10	Design Press. :	Min.		Max.	Units			13		bar-g		
	11	Design Temp. :	Min.		Max.	Units			75		°C		
	12												
Differential Pressure Transmitter	13	Instrum. Range :	Min.		Max.	Units	-1000		1000		mbar		
	14	Calibrat. Range :	Min.		Max.	Units	0		160		mbar		
	15	System Range :	Min.		Max.	Units	0		60		t/h		
	16	Accuracy		Power Supply			+/- 0.055% of Span				Loop		
	17	Output Signal					4 - 20 mA HART						
	18	Element Type		Material			Diaphragm				Hastelloy C-276		
	19	Wetted Part Material					316L Stainless Steel						
	20	O-Rings Material		Fill Fluid			Fluoro-Rubber				Silicone		
	21	Bolts Material		Housing Material			316L Stainless Steel				Aluminium Alloy		
	22	Vent		Drain			NA				NA		
	23	Process Connection		Electrical Connection			See Diaphragm Seal				M20 X1.5 ISO		
	24	Cable Gland					Yes						
	25	Mounting Bracket					2" Pipe Mounting						
	26	Area Classification		Req. Safety Certification			Zone 1, IIB, T3				ATEX II 2 G		
	27	Elec Protection Class.		Enclosure Protection			Ex ia				IP65/IP67		
	28	Surge Protection Device					Yes						
	29												
Diaphragm Seal	30	Quantity	Size	Rating	Face		HP + LP	2"			150#		RF
	31	Seal Type					Flush Flange						
	32	Diaphragm Material					316L Stainless Steel						
	33	Flange Material					316L Stainless Steel						
	34	Fill Fluid		Flushing			Silicone				Yes		
	35	Capillary Type		Time Response			Armoured				Mfr Std.		
	36	Capillary Material		Capillary Length			316L Stainless Steel				5 m		
Manifold	37	Type		Size		Rating	NA				NA		NA
	38	Body Material					NA						
	39	Trim Material		Packing Material			NA				NA		
Accessories	40	mA Meter		mA Meter Scale			Integral				0 - 60 t/h		
	41	Flushing Connection Ring					1/2" Socket Weld (Refer Note 2)						
	42												
Purchase	43			Weight									
	44	Manufacturer		Model No.							EJA110E		
	45	Client Reference		Requisition No.									
	46	Material Code											

Notes: 1. ACCIDENTALLY CHEMICALLY CONTAMINATED
2. Flushing ring shall be included with isolation valve (4 nos.) Flange Gate Valve, Nipples 1/2" SCH 40 (4 nos.) length 150 mm, 1/2" Weld Neck Flange (4 nos.) and 1/2" cover blind Flange (2 nos.). Material shall be followed piping specification.

No.	By	Chk	Appr	Date	Revision

INSTRUMENT SPECIFICATION
D/P Flow Transmitter

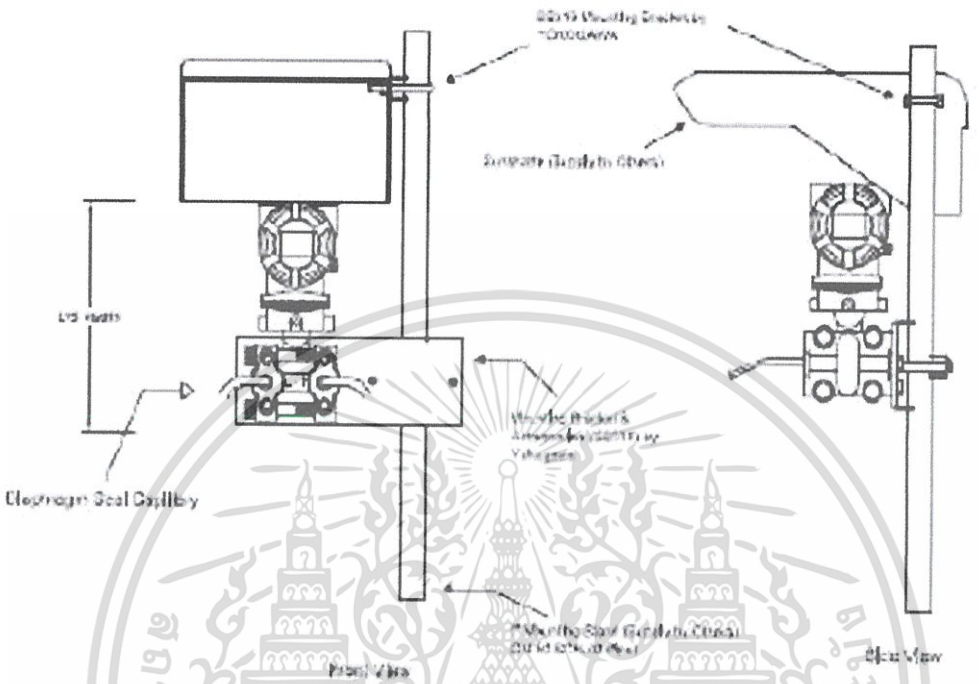
TOYO

Code:	Dwg. No.:	Sheet 1
103	Ind Doc No.:	Rev.: 0

รูปที่ 4.9 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.4 **ลักษณะการติดตั้ง**



รูปที่ 4.10 การออกแบบการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์รูปแบบคัปพิลลารี่ทิวป์

ถ้าต้องการนำค่าความดันจากแผ่นออริฟิซไปควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ ต้องมีการต่อใช้งานร่วมกับทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งทรานส์มิตเตอร์จะถูกติดตั้งออกมาจากกระบวนการและสามารถอ่านค่าได้ในระดับสายตาได้ จึงต้องมีอุปกรณ์เสริมต่างๆสำหรับยึดทรานส์มิตเตอร์เพื่อช่วยให้การอ่านค่าง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ยึดดังกล่าวประกอบด้วยเสาค้ำ (Stanchion) อุปกรณ์ยึดเช่นเหล็กรูปตัวยู (U-Bolts) กับแผ่นยึด (Mounting Plate) และที่บังแดด (Sunshade) ซึ่งเหล็กรูปตัวยูยึดติดกับแผ่นยึดและไปยึดกับทรานส์มิตเตอร์ต่อโดยใช้น๊อตกับกลอนช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 **เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง**

รายละเอียดสามารถจำแนกตามหัวข้อดังนี้

1. ข้อมูลต่างๆทั่วไป หาได้จาก P&ID และเอกสาร Piping Material มีดังนี้
   - เลขประจำตัวของอุปกรณ์วัด : 5210FE-0049
     - 5210 หมายถึง กระบวนการกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ (Tank Farm)
     - FE หมายถึง เป็นเซนเซอร์วัดอัตราการไหล (แผ่นออริฟิซ)
     - 0049 หมายถึง เลขลำดับของอุปกรณ์วัด เรียงตามหน้า P&ID
   - กระบวนการที่มีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่ : ETHYLENE FROM ETHYLENE REHEATER E-113
     - หมายความว่าของไหลที่ไหลภายในท่อเป็นของเหลวประเภท Ethylene ที่มาจากตัวให้ความร้อนสาร Ethylene
   - เลขหน้าของ P&ID : RAPID-P0005-TYO-PRO-PID-5210-0059-001
   - เลขรหัสของท่อ : 200-PL-5210-10007-3C124AV-C
     - 200 หมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อโดยระบุ (Nominal Diameter/mm)
     - PL หมายถึง Process Liquid ที่เป็น Ethylene
     - 5210 หมายถึง กระบวนการกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ (Tank Farm)
     - 10007 หมายถึง เลขบอกชนิดท่อ (Sequential Number)
     - 3C124AV หมายถึง การแบ่งประเภทท่อที่บอกถึงความหนาของผนังท่อเท่ากับ 7.04 มิลลิเมตร ที่ Line Schedule เท่ากับ 30 และวัสดุที่ใช้ทำท่อเป็นเหล็กคาร์บอนอุณหภูมิต่ำชนิด ASTM A333-6 (Piping Class)
     - C หมายถึง ฉนวนที่สามารถเก็บความเย็นไว้ได้ (Cold Conservation)
   - ขนาด วัสดุและความหนาของผนังท่อ : ขนาด 200 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้ทำท่อเป็นเหล็กคาร์บอนอุณหภูมิต่ำชนิด ASTM A333-6 และผนังท่อมีความหนา 7.04 มิลลิเมตร ซึ่งถูกระบุอยู่ในเลขรหัสของท่อทั้งหมด
2. ข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขการทำงานและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการ

จากข้อมูลดังต่อไปนี้ สังเกตได้ว่าค่าอัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิและความดันแสดงเฉพาะค่าสูงสุด โดยขึ้นอยู่กับความต้องการในการวัดของแต่ละกระบวนการ ซึ่งปกติมีทั้งค่าต่ำสุด ค่าปกติและค่าสูงสุด และค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะกับค่าการอัดตัวของแก๊สไม่ได้ระบุมาเพราะว่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลเป็นของเหลว ไม่สามารถอัดตัวได้ ซึ่งค่าเหล่านี้มีผลต่อการเลือกใช้รูปแบบของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง

- สถานะและเฟสของของไหล : เป็นของเหลวและมีเฟสเดียว (Single Phase)
- ค่าอัตราการไหลเชิงมวลสูงสุด : 110000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- ค่าความดันสูงสุด : 20.3 บาร์เกจ
- ค่าอุณหภูมิสูงสุด : -35 องศาเซลซียส
- ค่าความหนาแน่นสูงสุด : 428 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- น้ำหนักโมเลกุล : 28
- ค่าความหนืด : 0.07 เซนติพอยส์
- ค่าความดันไอ ณ อุณหภูมิที่กำหนด : 16.85 บาร์สัมบูรณ์
- ค่าความดันออกแบบต่ำสุดและสูงสุด : -1.01 และ 38 บาร์เกจ
- ค่าอุณหภูมิออกแบบต่ำสุดและสูงสุด : -46 และ 50 องศาเซลเซียส
- ค่าความดันสูญเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้ : 0.14 บาร์

3. ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นออริฟิซและหน้าแปลน

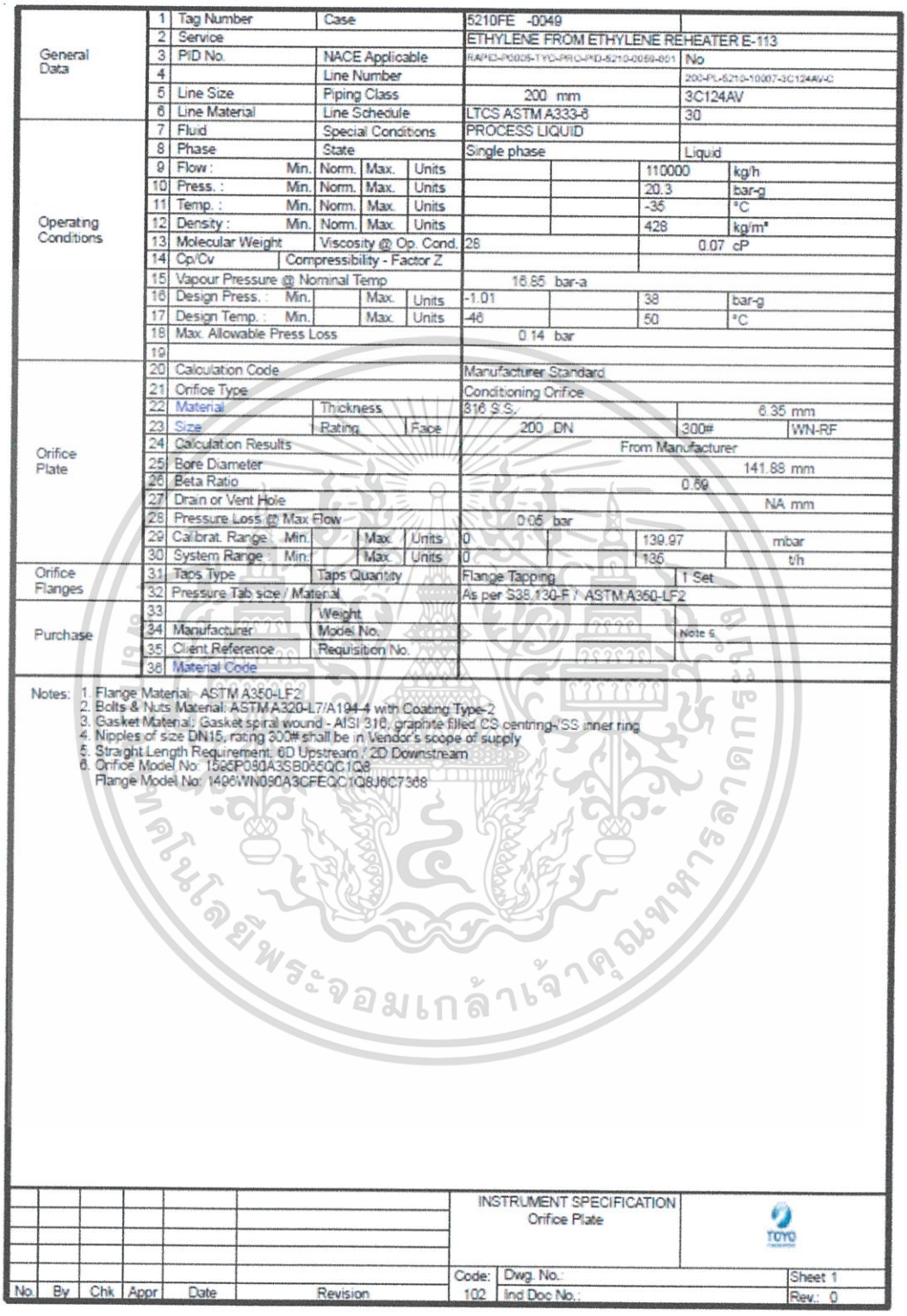
ข้อมูลที่เลือกต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขการทำงานของกระบวนการ เนื่องจากมีผลต่อการคำนวณค่าต่างๆของแผ่นออริฟิซโดยตรง เช่น รูของแผ่นออริฟิซ อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่นออริฟิซกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (Beta Ratio) และค่าความดันสูญเสียถาวร เพราะถ้าเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์มาคำนวณผิด จะส่งผลเสียต่อสมรรถภาพการทำงานของอุปกรณ์วัด

- มาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ : Manufacturer Standard
  - เนื่องจากแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ที่เพิ่งเกิดขึ้น ไม่มีการอ้างอิงในมาตรฐาน ISO
- ชนิดของแผ่นออริฟิซ : Conditioning Orifice (แผ่นออริฟิซ 4 รู)
- วัสดุที่ใช้ : Stainless Steel 316
- ความหนาของแผ่นออริฟิซ : 6.35 มิลลิเมตร (ถูกกำหนดโดยผู้จัดจำหน่าย)
- ขนาดของแผ่นออริฟิซ : 200 DN ซึ่งจะต้องมีขนาดเดียวกันกับขนาดของท่อ
- อัตราการทนความดัน : 300# หมายความว่าหน้าแปลนสามารถทนความดันได้ถึง 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน้าสัมผัสของหน้าแปลน : WN-RF (Welding Neck with Raised Face) หมายความว่าหน้าแปลนเป็นแบบหน้ายื่นออกมา ณ ตำแหน่งตรงกลาง โดยความสูงของหน้ายื่นมีค่าแปรเปลี่ยนไปแบบผกผันกับอัตราการทนความดัน
- ผลการคำนวณ : From Manufacturer หมายความว่าผู้จัดจำหน่ายจะคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆทั้งหมดด้วยโปรแกรมของทางผู้จัดจำหน่ายเอง ทางวิศวกรผู้ออกแบบต้องตรวจสอบเพื่อให้ค่าต่างๆอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ เช่น อัตราส่วนเบต้าควรมากกว่า 0.25 แต่ไม่เกิน 0.75 ค่าความดันสูญเสียถาวรไม่ควรเกินค่าความดันสูญเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้ (0.14 บาร์) ค่าความดันแตกต่างที่กำหนดควรอยู่ในช่วง 0-250 มิลลิบาร์ เป็นต้น ซึ่งเป็นช่วงที่ดีที่สุด สำหรับช่วง 0-12.5 มิลลิบาร์กับช่วง 0-1000 มิลลิบาร์ ควรหลีกเลี่ยงตามข้อกำหนดของโครงการ
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่นออริฟิซ : 141.88 มิลลิเมตร (มาจากการคำนวณ)
- อัตราส่วนเบต้า : 0.69 (มาจากการคำนวณ)
- ขนาดรูเดรนกับรูเวนส์ : NA (ไม่มี เนื่องจากปกติแผ่นออริฟิซมี 4 รูอยู่แล้ว)
- ค่าความดันสูญเสียสูงสุด : 0.05 บาร์ (มาจากการคำนวณ) ต้องมีค่าไม่เกินค่าความดันสูญเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.14 บาร์
- ย่านการสอบเทียบ : 0-139.97 มิลลิบาร์ ปกติควรพิจารณาเลือกค่าที่ถอดรากที่สองลงตัวและถ้าเป็นไปได้ ไม่ควรเกิน 0-250 มิลลิบาร์ตามข้อกำหนดของโครงการ แต่ยกเว้นสำหรับกรณีแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่งกับแผ่นออริฟิซที่ต้องใช้ทรานส์มิตเตอร์ 2 ตัว
- ย่านอัตราการไหลเต็มสเกล : 0-135 ตันต่อชั่วโมง
  - หน่วยของอัตราการไหลเป็นตันต่อชั่วโมง ซึ่งต่างจากกับหน่วยของอัตราการไหลในหัวข้อที่ 2 เนื่องจากหน้าจอของทรานส์มิตเตอร์ไม่สามารถแสดงตัวเลขเกิน 999 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- ชนิดของจุดต่อความดัน : Flange Tapping (จุดต่อความดันที่หน้าแปลนทางด้านหน้ากับด้านหลังของแผ่นออริฟิซที่ตำแหน่งเดียวกัน)
- จำนวนจุดต่อความดัน : 1 เซ็ท หมายความว่า หนึ่งจุดต่อความดันต่อหนึ่งหน้าแปลน
- ขนาดของจุดต่อความดันและวัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลน : As per S38.130-F/ASTM A350-LF2 หมายความว่าขนาดของจุดต่อความดันจะถูกอ้างอิงตามเอกสาร Standard Drawing เลขที่ S38.130-F และวัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนเป็นเหล็กคาร์บอนชนิด ASTM A350-LF2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



General Data	1	Tag Number		Case			5210FE -0049				
	2	Service					ETHYLENE FROM ETHYLENE REHEATER E-113				
	3	PID No.		NACE Applicable			RAPID-P0005-TYD-PRO-PID-5210-0059-001		No		
	4			Line Number					200-PL-5210-10007-3C124AV-C		
	5	Line Size		Piping Class			200 mm		3C124AV		
	6	Line Material		Line Schedule			LTCS ASTM A333-6		30		
Operating Conditions	7	Fluid		Special Conditions			PROCESS LIQUID				
	8	Phase		State			Single phase		Liquid		
	9	Flow :	Min.	Norm.	Max.	Units			110000		kg/h
	10	Press. :	Min.	Norm.	Max.	Units			20.3		bar-g
	11	Temp. :	Min.	Norm.	Max.	Units			-35		°C
	12	Density :	Min.	Norm.	Max.	Units			428		kg/m³
	13	Molecular Weight		Viscosity @ Op. Cond.			28		0.07 cP		
	14	Cp/Cv		Compressibility - Factor Z							
	15	Vapour Pressure @ Nominal Temp					16.85 bar-a				
	16	Design Press. :	Min.		Max.	Units	-1.01		38		bar-g
	17	Design Temp. :	Min.		Max.	Units	-46		50		°C
	18	Max. Allowable Press Loss					0.14 bar				
	19										
Orifice Plate	20	Calculation Code					Manufacturer Standard				
	21	Orifice Type					Conditioning Orifice				
	22	Material		Thickness			316 S.S.		6.35 mm		
	23	Size		Rating		Face	200 DN		300#		WN-RF
	24	Calculation Results					From Manufacturer				
	25	Bore Diameter					141.88 mm				
	26	Beta Ratio					0.59				
	27	Drain or Vent Hole					NA mm				
	28	Pressure Loss @ Max Flow					0.05 bar				
	29	Calibrat. Range :	Min.		Max.	Units	0		139.97		mbar
	30	System Range :	Min.		Max.	Units	0		135		t/h
Orifice Flanges	31	Taps Type		Taps Quantity			Flange Tapping		1 Set		
	32	Pressure Tab size / Material					As per S38.130-F / ASTM A350-LF2				
Purchase	33			Weight							
	34	Manufacturer		Model No.					Note 6		
	35	Client Reference		Requisition No.							
	36	Material Code									

Notes:
1. Flange Material: ASTM A350-LF2
2. Bolts & Nuts Material: ASTM A320-L7/A194-4 with Coating Type-2
3. Gasket Material: Gasket spiral wound - AISI 316, graphite filled CS centring-SS inner ring
4. Nipples of size DN15, rating 300# shall be in Vendor's scope of supply
5. Straight Length Requirement: 6D Upstream / 2D Downstream
6. Orifice Model No: 1585P090A3SB065QC1Q8
   Flange Model No: 1496WN090A3CFEQC1Q8J6C7368

No.	By	Chk	Appr	Date	Revision

INSTRUMENT SPECIFICATION
Orifice Plate

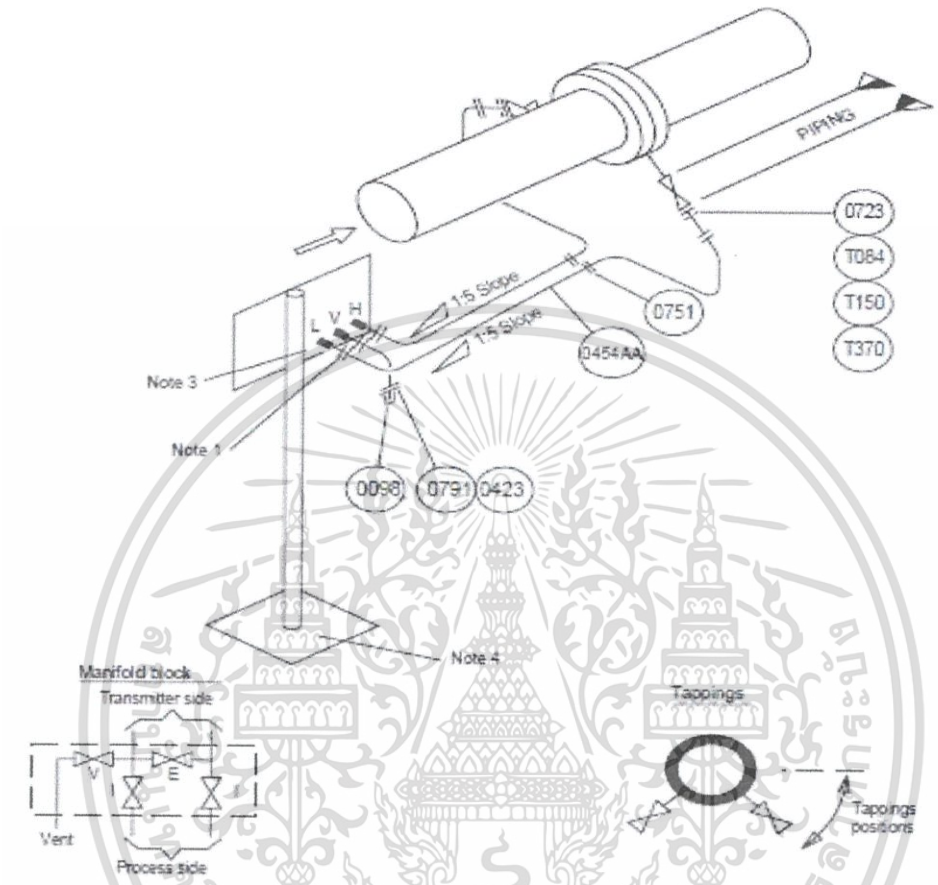
TOYO

Code:	Dwg. No.:	Sheet 1
102	Ind Doc No.:	Rev.: 0

รูปที่ 4.11 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.1 **ลักษณะการติดตั้ง**



รูปที่ 4.12 การออกแบบการติดตั้งแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง

การติดตั้งแผ่นออริฟิซในกระบวนการคล้ายคลึงกับในหัวข้อที่ 4.2.2 โดยของไหลภายในท่อเป็นของเหลว ทำให้ตำแหน่งของจุดต่อความดันลงมา 45 องศาจากแกนนอนเพื่อป้องกันแก๊สหรือฟองอากาศเข้าไปในทรานส์มิตเตอร์ โดยมีวาล์วกั้นอยู่ในตำแหน่งระหว่างกระบวนการกับทรานส์มิตเตอร์ โดยท่อที่ต่อลงมายังทรานส์มิตเตอร์สามารถบิดตัวได้ ซึ่งไม่ต้องใช้ข้อต่อ (Fittings)ใดๆเรียกว่า Tubing มีความชัน 1:5 และนำไปเข้าวาล์ว มานิโฟลด์ในด้าน High กับ Low ก่อนเข้าสู่ทรานส์มิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 เอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง

เอกสารนี้จะเสร็จสมบูรณ์ได้ ต้องผ่านขั้นตอนเหมือนกับในหัวข้อที่ 4.2.1.2 แต่เอกสารนี้ไม่มีการอ้างอิงมาตรฐาน ISO 5167 เหมือนกับในแผ่นออริฟิซชนิดมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.13

ROSEMOUNT INC.
1595 CONDITIONING ORIFICE PLATE
CALCULATION DATA SHEET

EMERSON Process Management

GENERAL DATA

Customer:	Toyo Engineering
Project:	RAPID Pkg5 Unit-4730/5210/6420/6430
Model No:	1595P080A3SB999QC1Q8C0024
Tag No:	5210FE-0049

PRODUCT DESCRIPTION

Bore Type:		Tap Type:	Flange tapping
Nominal Beta:	0.70	Tap Location:	Upstream
Plate Type:	Paddle, Square Edged	Line Size:	8 inch (200 mm) (DN 200)
Plate Material:	316L Stainless Steel	Pipe Schedule:	30
Meter Schedule:		Pipe Material:	ASTM A333-6
Process Connection:		Flange Material :	ASTM A350-LF2

INPUT DATA

Fluid Type:	Liquid	Calibration Factor (Fc):	1.000
Fluid Name:	Process Liquid		
Pipe I.D.:	205.003 mm	Base Pressure:	
Pressure at Flow:	20.300 bar-g	Base Temperature:	
Temperature at Flow:	-35.00 C		
Absolute Viscosity:	0.07000 cP		
Isentropic Exponent:		Base Density:	
Compressibility at Flow:		Atmospheric Pressure:	1.013 bar-a
Density at Flow:	428.0000 kg/m3		

Flow Rates:

Minimum:	0.00 kg/hr	---*See Warnings
Normal:	82500.00 kg/hr	
Maximum:	110000.00 kg/hr	
Full Scale:	135000.00 kg/hr	

CALCULATED DATA

(Calculation Performed at Normal Conditions)

Typical Orifice Hole Size:	70.942 mm		
		Pipe Reynolds Number (Normal):	2034473
Calculated Orifice Bore Size:	141.884 mm	Gas Expansion Factor:	1.0000
DP at Min Flow:	mBar	Permanent Pressure Loss	
DP at Normal Flow:	52.271 mBar	at Normal Flow:	26.40 mBar
DP at Max Flow:	92.926 mBar	at Max Flow:	46.96 mBar
URV (DP at Full Scale):	139.965 mBar	Velocity at Max Flow:	2.16 m/sec
Beta:	0.6921		
Discharge Coefficient:	0.6027		
		Plate Thickness:	0.250-in.
Pipe ID (thermally corrected)	204.886 mm	Bore Size (thermally corrected)	141.760 mm

GUIDELINES

Primary Element Min Limit of Use	9072.07 kg/hr		Min Recommended Pipe Reynolds:		16674.1
Max. Allow. Pressure @ Temp:	50.1 bar-g	50.00 C	Recommended Min DP:		0.622 mBar
Design Pressure/Temperature:	38.000 bar-g	50.000 C	Max. Allow. Temp.:		648.889 C

WARNINGS

Low Reynolds Number at Minimum Flow(Minimum Reynolds < 16674.1)

*** Flowrate is below recommended minimum value of 9072.07033 kg/hr.**

NOTES

This report is provided according to the terms and conditions of the Instrument Toolkit(TM) End-Use Customer License Agreement.
Version: 3.0 (Build199B)

รูปที่ 4.13 เอกสารการคำนวณของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 **เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง**

รายละเอียดสามารถจำแนกตามหัวข้อดังนี้

1. ข้อมูลต่างๆทั่วไป หาได้จาก P&ID และเอกสาร Piping Material มีดังนี้
   - เลขประจำตัวของอุปกรณ์วัด : 5210FT-0049
     - 5210 หมายถึง กระบวนการกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ (Tank Farm)
     - FT หมายถึง เป็นทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับหาอัตราการไหล
     - 0049 หมายถึง เลขลำดับของอุปกรณ์วัด เรียงตามหน้า P&ID
   - กระบวนการที่มีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่ เลขหน้าของ P&ID เลขรหัสของท่อและขนาด วัสดุกับความหนาของผนังท่อ
     - ข้อมูลในส่วนนี้จะเหมือนกับในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซ เนื่องจากแผ่นออริฟิซต้องใช้งานร่วมกันกับทรานส์มิตเตอร์เพื่อนำสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐานไปควบคุมอุปกรณ์ต่อไป
2. ข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขการทำงานและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการ

จากข้อมูลดังต่อไปนี้ จะเห็นว่าระบุเพียงข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของของไหลและความดันกับอุณหภูมิออกแบบ เพราะว่ารูปแบบการต่อใช้งานของทรานส์มิตเตอร์ระหว่างรูปแบบอิมพัลส์ ไลน์ และคัปพิลลารี่ทิวป์ จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของของไหล เช่น ความหนืด การกัดกร่อนและตะกอน โดยรูปแบบอิมพัลส์ไลน์เหมาะกับของไหลที่สะอาด มีความหนืดน้อย และไม่มีตะกอน หรือของแข็งผสมอยู่ สังเกตได้จากค่าความหนืดที่ระบุอยู่ในเอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่ง

ส่วนข้อมูลอื่นๆ ได้อธิบายในเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของแผ่นออริฟิซชนิดคอนดิชันนิ่งเรียบร้อยแล้ว

3. ข้อมูลเกี่ยวกับเซนเซอร์และทรานส์มิตเตอร์
   - ย่านความสามารถในการวัดของทรานสมิตเตอร์ : -1000 ถึง 1000 มิลลิบาร์ (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
   - ค่าความเที่ยงตรง : +/-0.055% ของช่วงการวัด 10-1000 มิลลิบาร์ (ถูกกำหนดโดยผู้จัดจำหน่ายและยอมรับได้ เนื่องจากค่าความเที่ยงตรงอยู่ในขอบเขตที่ต้องการตามข้อกำหนดของโครงการ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แหล่งจ่ายพลังงานให้กับทรานส์มิตเตอร์ : 2 wires 24Vdc Loop Powered หมายความว่า สามารถรับกระแสไฟกับส่งสัญญาณเอาต์พุตไปที่ระบบควบคุม DCS ภายในสายเส้นเดียวกันได้
- สัญญาณเอาต์พุต : 4-20 mA HART หมายถึงทรานส์มิตเตอร์ให้กระแสไฟฟ้ามาตรฐานที่เป็นสัดส่วนกับความดันพร้อมกับการสื่อสารแบบ HART
- ชนิดของเซนเซอร์ : แผ่นไดอะแฟรม
  - เป็นเซนเซอร์วัดความดัน โดยเป็นส่วนหนึ่งของ Wetted Part ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปใช้วัดความดันในช่วงต่ำๆ
- วัสดุที่ใช้สำหรับเซนเซอร์ : Hastelloy C-276 (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
- วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนประกอบที่สัมผัสกับของไหลโดยตรง (Wetted Part) : Stainless Steel 316L หมายถึง เป็นแสตนเลสที่ผสมคาร์บอนต่ำ
- วัสดุที่ใช้สำหรับโอ ริง : Fluro-Rubber เป็นยางชนิดหนึ่ง (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
- วัสดุที่ใช้สำหรับกลอนและสิ่งห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ : Stainless Steel 316L และ Aluminium Alloy (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)
- รูเวนส์กับรูเดรน : Yes หมายความว่า เนื่องจากรูปแบบอิมพัลส์ไลน์ ของไหลจะเข้าสู่ทรานส์มิตเตอร์โดยตรง จึงต้องมีไว้สำหรับระบายของไหลออก
- การเชื่อมต่อทางกระบวนการ : ½" NPT-F หมายถึง เกลียวชนิด NPT ตัวเมีย ขนาดครึ่งนิ้ว
- การเชื่อมต่อทางสายไฟ : M20 X 1.5 ISO หมายความว่า เป็นเกลียวขนาด 20 ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางพิต (Pitch) เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานสากลของ ISO
- เคเบิ้ล แกลน : Yes หมายความว่า มีใช้เพื่อหุ้มตัวเกลียวที่เชื่อมต่อสายไฟ เข้ากับทรานส์มิตเตอร์
- อุปกรณ์ยึดทรานส์มิตเตอร์ : 2" Pipe Mounting หมายถึง มีเสาค้ำขนาด 2 นิ้ว
- การแบ่งโซนพื้นที่ที่เป็นอันตราย : Zone2, IIB, T3
  - Zone2 หมายถึง สถานที่ที่ไม่มีโอกาสเกิดการระเบิดในสภาวะการทำงานปกติ แต่จะเกิดในเฉพาะช่วงเวลาสั้นๆ
  - IIB หมายถึง สถานที่โดยรอบๆนั้น มีแก๊สประเภท Ethylene ปกคลุมอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- T3 หมายถึง เมื่อเกิดการระเบิดขึ้นแล้ว อุณหภูมิมากที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ บริเวณผิวสัมผัสของอุปกรณ์วัดมีค่าเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส

- มาตรฐานการรับรองความปลอดภัย : ATEX II 3G
  - เป็นมาตรฐานด้านการรับรองความปลอดภัยของอุปกรณ์วัดที่ชื่อว่า ATEX
  - II หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถใช้ในบริเวณซึ่งปกคลุมด้วยแก๊สที่มีโอกาสเกิดการระเบิด
  - 3G หมายถึง เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะกับบริเวณ Zone2
- ประเภทการป้องกัน : Ex ia หมายถึงเป็นประเภทการป้องกันการระเบิดแบบจำกัดพลังงาน (Intrinsically Safe/I.S.)
  - มีหลักการทำงานคือใช้วงจรจำกัดพลังงาน สำหรับการป้องกันไม่ให้มีพลังงานจากพื้นที่ปลอดภัยออกไปยังพื้นที่ที่เป็นอันตรายเกินกว่ากำหนดหรือเกินกว่าพลังงานที่สามารถทำให้เกิดการจุดประกายไฟหรือความร้อนสูงในพื้นที่ที่เป็นอันตรายจนเป็นเหตุให้เกิดการลุกไหม้หรือระเบิด
  - อุปกรณ์วัดที่มีการป้องกันประเภทนี้จะต้องไม่เป็นตัวจุดระเบิดเมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้น 1 ครั้งในสภาวะการทำงานปกติหรือเกิดความผิดพลาดร่วมกัน 2 ครั้ง และสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่เป็นอันตรายทั้งโซน 0, 1 และ 2 ได้
- มาตรฐานตัวห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ : IP66/IP67 ซึ่ง IP (Ingress Protection) เป็นมาตรฐานที่บอกถึงความสามารถในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายในทรานส์มิตเตอร์ โดยตัวเลขด้านหน้าหมายถึงระดับความสามารถในการป้องกันของแข็งหรือฝุ่น ส่วนตัวเลขด้านหลังหมายถึงระดับความสามารถในการป้องกันน้ำ
  - IP66 จึงหมายถึงทรานส์มิตเตอร์สามารถป้องกันฝุ่นที่ติดแน่นได้และน้ำที่สาดมาอย่างแรงได้
  - IP67 จึงหมายถึงทรานส์มิตเตอร์สามารถป้องกันฝุ่นที่ติดแน่นได้และสามารถจุ่มลงไปในน้ำได้ชั่วคราว
- อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก : Yes หมายถึงมีอุปกรณ์นี้ติดตั้งอยู่ในทรานส์มิตเตอร์แล้ว

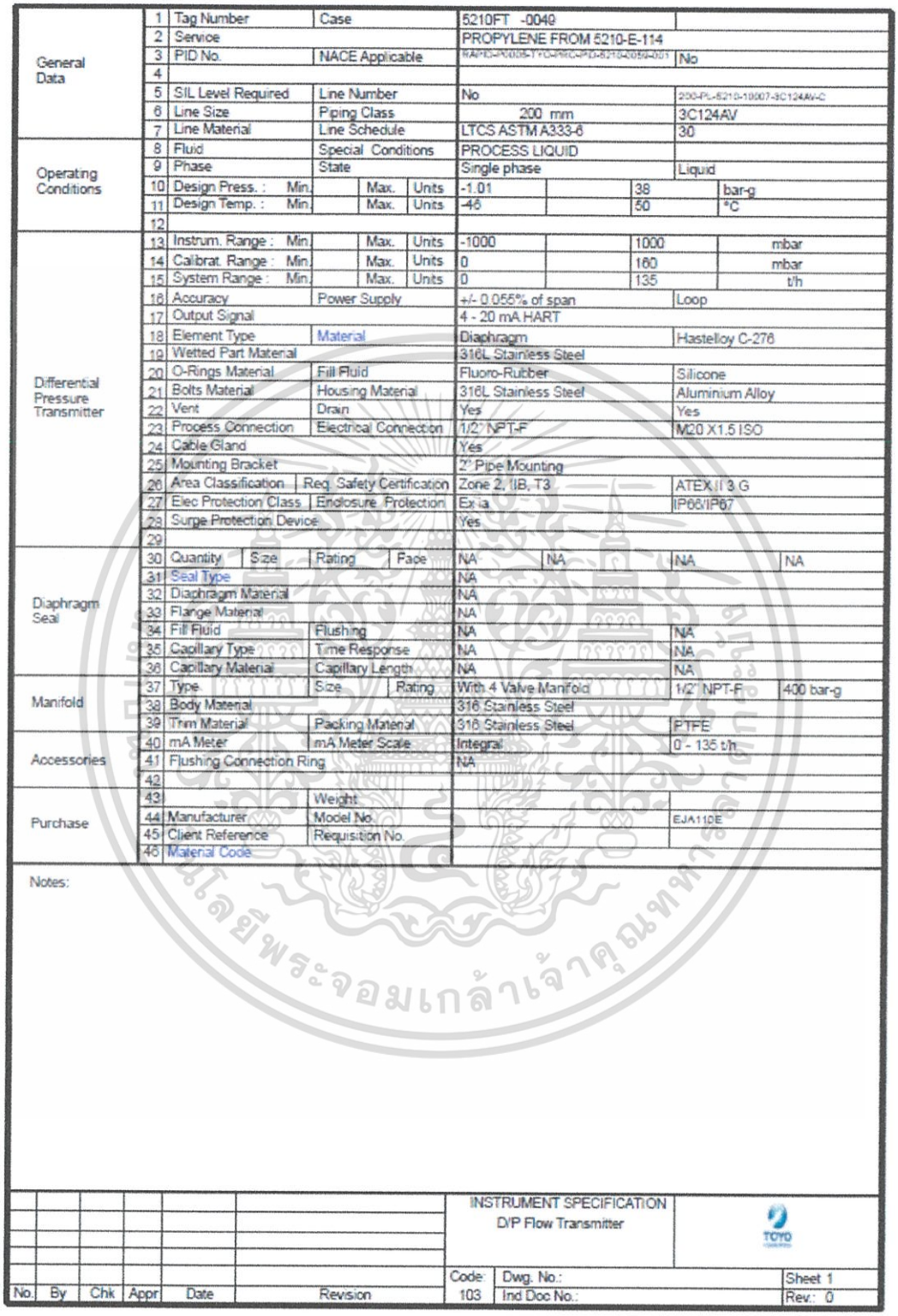
4. ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์เสริมอื่นๆ

อุปกรณ์เสริมจะประกอบไปด้วยวาล์ว มานิโฟลด์เท่านั้น โดยข้อมูลของไดอะแฟรมซีลด์กับฟัซซิ่งริง ใส่เป็น NA เนื่องจากไม่มีใช้ เพราะเป็นรูปแบบอิมพัลส์ไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชนิดของวาล์ว : With 4 Valve Manifold ซึ่งเป็นชนิด I-I-E-V โดย I คือวาล์ว Isolate (ต่อเข้ากับกระบวนการ) E คือวาล์ว Equalizer (ใช้ในการสอบเทียบ) V คือวาล์ว Vent (สำหรับระบายของไหลออก)
- สเกลของมิเตอร์ : 0-60 ตันต่อชั่วโมง เป็นค่าเดียวกันกับย่านอัตราการไหลที่ Full Scale
- วัสดุที่ใช้สำหรับบอดี้ ทริม และแพคกิ้ง : Stainless Steel 316 และ PTFE (Poly Tetra Fluro Ethylene)
  - บอดี้ (Body) : เป็นส่วนที่จับยึดลิ้นวาล์ว (Plug) และบ่าวาล์ว (Seat) และยังเป็นทางผ่านของไหลที่ต้องการควบคุม
  - ทริม (Trim) : เป็นส่วนประกอบที่อยู่ภายในตัววาล์ว ประกอบไปด้วยลิ้นวาล์ว บ่าวาล์ว และก้านวาล์ว (Stem) ซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับของไหลตลอดเวลา
  - แพคกิ้ง (Packing) : เป็นซีลด์รอบๆก้านวาล์วเพื่อป้องกันการรั่วซึม ช่วยลดแรงเสียดทานของก้านวาล์วขณะเคลื่อนที่
- สเกลของมิเตอร์ : 0-135 ตันต่อชั่วโมง เป็นค่าเดียวกันกับย่านอัตราการไหลที่ Full Scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



General Data	1	Tag Number		Case		5210FT -0040						
	2	Service				PROPYLENE FROM 5210-E-114						
	3	PID No.		NACE Applicable		[illegible]				No		
	4											
	5	SIL Level Required		Line Number		No				200-PL-5210-10007-3C124AV-C		
	6	Line Size		Piping Class		200 mm				3C124AV		
	7	Line Material		Line Schedule		LTCS ASTM A333-6				30		
Operating Conditions	8	Fluid		Special Conditions		PROCESS LIQUID						
	9	Phase		State		Single phase				Liquid		
	10	Design Press. :	Min.		Max.	Units	-1.01		38		bar-g	
	11	Design Temp. :	Min.		Max.	Units	-46		50		°C	
	12											
Differential Pressure Transmitter	13	Instrum. Range :	Min.		Max.	Units	-1000		1000		mbar	
	14	Calibrat. Range :	Min.		Max.	Units	0		160		mbar	
	15	System Range :	Min.		Max.	Units	0		135		t/h	
	16	Accuracy		Power Supply		+/- 0.055% of span				Loop		
	17	Output Signal				4 - 20 mA HART						
	18	Element Type		Material		Diaphragm				Hastelloy C-276		
	19	Wetted Part Material				316L Stainless Steel						
	20	O-Rings Material		Fill Fluid		Fluoro-Rubber				Silicone		
	21	Bolts Material		Housing Material		316L Stainless Steel				Aluminium Alloy		
	22	Vent		Drain		Yes				Yes		
	23	Process Connection		Electrical Connection		1/2" NPT-F				M20 X1.5 ISO		
	24	Cable Gland				Yes						
	25	Mounting Bracket				2" Pipe Mounting						
	26	Area Classification		Reg. Safety Certification		Zone 2, IIB, T3				ATEX II 3 G		
	27	Elec Protection Class		Enclosure Protection		Ex ia				IP66/IP67		
	28	Surge Protection Device				Yes						
	29											
Diaphragm Seal	30	Quantity	Size	Rating	Face	NA	NA		NA		NA	
	31	Seal Type				NA						
	32	Diaphragm Material				NA						
	33	Flange Material				NA						
	34	Fill Fluid		Flushing		NA				NA		
	35	Capillary Type		Time Response		NA				NA		
	36	Capillary Material		Capillary Length		NA				NA		
Manifold	37	Type		Size	Rating	With 4 Valve Manifold				1/2" NPT-F		400 bar-g
	38	Body Material				316 Stainless Steel						
	39	Trim Material		Packing Material		316 Stainless Steel				PTFE		
Accessories	40	mA Meter		mA Meter Scale		Integral				0 - 135 t/h		
	41	Flushing Connection Ring				NA						
	42											
Purchase	43			Weight								
	44	Manufacturer		Model No.						EJA110E		
	45	Client Reference		Requisition No.								
	46	Material Code										

Notes:

No.	By	Chk	Appr	Date	Revision

INSTRUMENT SPECIFICATION
D/P Flow Transmitter

TOYO

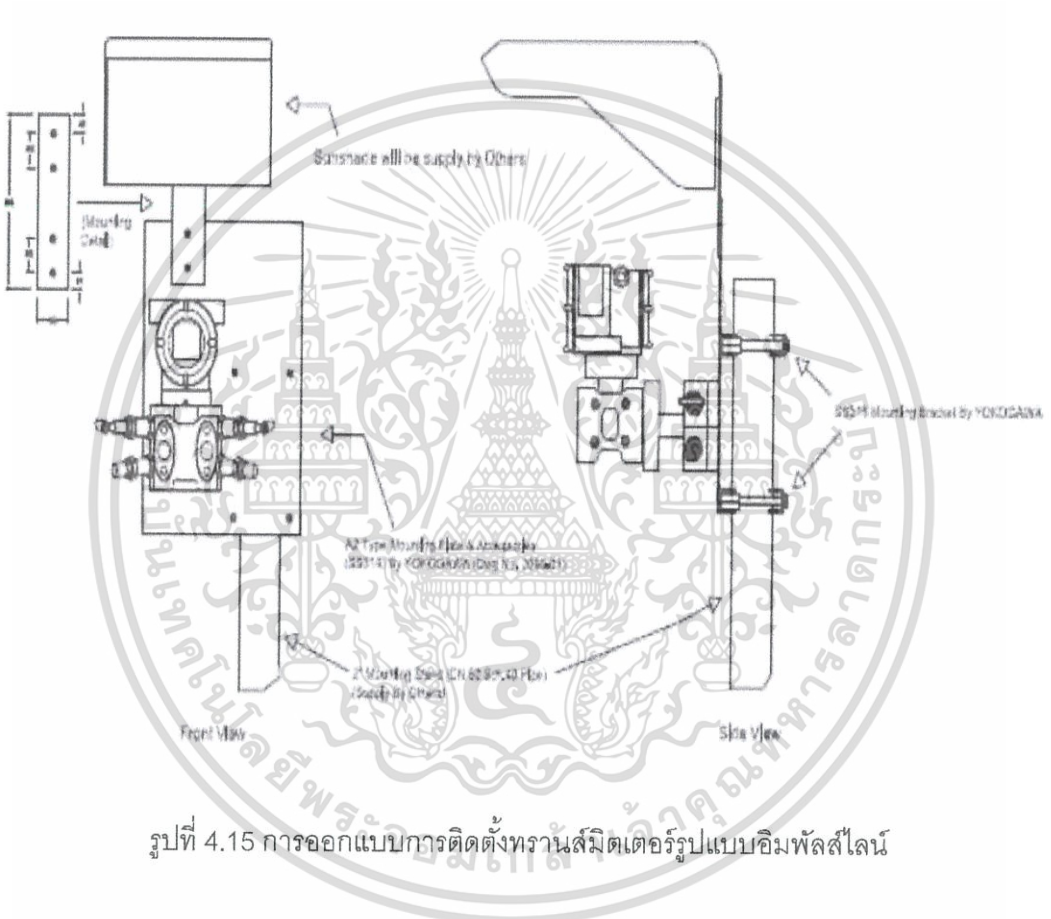
Code	Dwg. No.:	Sheet 1
103	Ind Doc No.:	Rev.: 0

รูปที่ 4.14 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4 **ลักษณะการติดตั้ง**

การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์รูปแบบอิมพัลส์ไลน์จะคล้ายคลึงกับรูปแบบคัปพิลลารี่ทิวป์ แต่ต่างกันตรงที่ที่บังแดด (Sunshade) จะยึดกับแผ่นยึด (Mounting Plate) เดียวกันกับที่ใช้ยึดทรานส์มิตเตอร์และมีวาล์วมานิโฟลด์อยู่ติดกับทรานส์มิตเตอร์ โดยใช้น็อตกับกลอน (Bolts and Nuts) ยึดอุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้เข้าด้วยกัน



รูปที่ 4.15 การออกแบบการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์รูปแบบอิมพัลส์ไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 **เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิค**

รายละเอียดสามารถจำแนกตามหัวข้อดังนี้

1. ข้อมูลต่างๆทั่วไป หาได้จาก P&ID และเอกสาร Piping Material มีดังนี้
   - เลขประจำตัวของอุปกรณ์วัด : 6420FT-0002
     - 6420 หมายถึง กระบวนการปล่อยแก๊สเสีย (Flare Gas) ของโรงกลั่นน้ำมัน
     - FT หมายถึง เป็นอุปกรณ์ที่มีทั้งทรานส์ดิวเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน
     - 0002 หมายถึง เลขลำดับของอุปกรณ์วัด เรียงตามหน้า P&ID
   - กระบวนการที่มีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่ : SCF TO FLARE LIQUID SEAL DRUM V-103
     - หมายความว่าแก๊สที่ได้จากการสกัดด้วยไอน้ำไหลเข้าไปยังถังสำหรับแยกแก๊สที่ต้องการปล่อยทิ้งออกจากของเหลว หมายเลข 103
   - เลขหน้าของ P&ID : RAPID-P0005-TYO-PRO-PID-6420-0001
   - เลขรหัสของท่อ : 2400-SCF-6420-10003-1C145AV-N
     - 2400 หมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อโดยระบุ (Nominal Diameter/mm)
     - SCF หมายถึง แก๊สที่ได้จากการสกัดด้วยไอน้ำ
     - 6420 หมายถึง กระบวนการปล่อยแก๊สเสีย (Flare Gas) ของโรงกลั่นน้ำมัน
     - 10003 หมายถึง เลขบอกชนิดท่อ (Sequential Number)
     - 1C145AV หมายถึง การแบ่งประเภทท่อที่บอกถึงความหนาของผนังท่อเท่ากับ 26.97 มิลลิเมตร และวัสดุที่ใช้ทำท่อเป็นเหล็กคาร์บอนอุณหภูมิต่ำชนิด ASTM A671-CC65 Class 22 (Piping Class)
     - N หมายถึง ฉนวนที่สามารถเก็บความเย็นได้ (Non-Insulated)
   - ขนาด วัสดุและความหนาของผนังท่อ : ขนาด 2400 มิลิเมตร วัสดุที่ใช้ทำท่อเป็นเหล็กคาร์บอนอุณหภูมิต่ำชนิด ASTM A671-CC65 Class 22 และผนังท่อมีความหนา 26.97 มิลิเมตร ซึ่งถูกระบุอยู่ในเลขรหัสของท่อทั้งหมด
2. ข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขการทำงานและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการ

ข้อมูลในส่วนนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 กรณี เนื่องจากว่าท่อที่ตำแหน่งนี้ใช้กับกระบวนการที่มีของไหลสองชนิด สังเกตได้ว่าอัตราการไหลถูกวัดอยู่ในรูปเชิงมวล เนื่องจากป้องกันการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความดันและอุณหภูมิ และค่าอัตราการไหลต่ำสุดและสูงสุดมีค่าที่แตกต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากค่าความสามารถของย่านการวัดมีอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสูงถึง 4000:1 ส่วนค่าความดันใช้งานมีค่าน้อย เป็นเพราะว่าอุปกรณ์ชนิดนี้ต้องการความดันตกคร่อมที่น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แล้วทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T5 จะสามารถติดตั้งได้ ต้องมีความดันที่ท่อไม่เกิน 5.5 บาร์เกจและให้ค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะ (Cp/Cv) มาเนื่องจากเป็นคุณสมบัติเฉพาะอย่างหนึ่งของแก๊ส

1) กรณีที่ 1 ของไหลเป็นแก๊สที่ได้จากการสกัดด้วยไอน้ำ (Steam Cracking Flare Gas)
   - สถานะและเฟสของของไหล : เป็นแก๊สและมีเฟสเดียว (Single Phase)
   - ค่าอัตราการไหลเชิงมวลต่ำสุด ปกติและสูงสุด : 2727 122,796 และ 2,182,369 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
   - ค่าความดันต่ำสุด ปกติและสูงสุด : 0.05 0.3 และ 1.6 บาร์เกจ
   - ค่าอุณหภูมิต่ำสุด ปกติและสูงสุด : 27.5 60 และ 97 องศาเซลซียส
   - ค่าความหนาแน่นปกติและสูงสุด : 1.34 และ 2.88 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สังเกตว่ามีค่าน้อยมาก ถ้าเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของของเหลวที่มีค่าเกือบ 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
   - น้ำหนักโมเลกุล : 31.2
   - ค่าความหนืด : 0.01 เซนติพอยส์
   - ค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะ : 1.159
   - ค่าคงที่การอัดตัวของแก๊ส : 0.996
   - ค่าความดันออกแบบต่ำสุดและสูงสุด : -1.01 และ 7 บาร์เกจ
   - ค่าอุณหภูมิออกแบบต่ำสุดและสูงสุด : -46 และ 260 องศาเซลเซียส
2) กรณีที่ 2 ของไหลเป็นแก๊สที่มาจากกระบวนการปิโตรเคมี (Petchem Flare Gas)
   - ค่าอัตราการไหลเชิงมวลสูงสุด : 1200000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
   - ค่าความดันสูงสุด : 0.2 บาร์เกจ
   - ค่าอุณหภูมิสูงสุด : 40.6 องศาเซลเซียส
   - ค่าความหนาแน่นปกติและสูงสุด : 1.94 และ 2.88 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
   - น้ำหนักโมเลกุล : 44.1
   - ค่าความหนืด : 0.01 เซนติพอยส์
   - ค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะ : 1.116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าคงที่การอัดตัวของแก๊ส : 0.985
- ค่าความดันออกแบบต่ำสุดและสูงสุด : -1.01 และ 7 บาร์เกจ
- ค่าอุณหภูมิออกแบบต่ำสุดและสูงสุด : -46 และ 260 องศาเซลเซียส

3. ข้อมูลเกี่ยวกับเซนเซอร์และทรานส์มิตเตอร์
   - ชนิดของทรานส์ดิวเซอร์ : Insertion ซึ่งเป็นการสอดทรานส์ดิวเซอร์เข้าไปในท่อ โดยการติดตั้งเป็นแบบ Bias 90 องศา
   - ขนาด อัตราการทนต่อความดันและหน้าสัมผัส : 80 DN 150# และ RF หมายความว่าทรานส์ดิวเซอร์มีขนาด 80 มิลลิเมตร อัตราการทนต่อความดันมีค่าเท่ากับ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และหน้าสัมผัสเป็นแบบหน้ายื่น (Raised Face)
   - รุ่นของทรานส์ดิวเซอร์ : T5 ซึ่งไม่สามารถใช้ทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T17 ได้เพราะว่าติดตั้งได้เฉพาะแบบ Diagonal 45 องศาเท่านั้น
   - จำนวนเส้นทางการเคลื่อนที่ของคลื่นอุลตราโซนิค : Dual Path หรือ Two Path หมายความว่ามีทรานส์ดิวเซอร์ติดตั้งอยู่ 4 ตัว เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงในการวัดมากขึ้น เนื่องจากทรานส์มิตเตอร์เพียงตัวเดียวสำหรับการใช้งานทั้ง 2 กรณี
   - วัสดุที่ใช้ทำสำหรับทรานส์ดิวเซอร์ : Titanium ซึ่งต่างกับกับอุปกรณ์ชนิดอื่นทั้งชนิด Magnetic Portable Type, Clamp-on Fixed Type และ Inline Type ที่ใช้ Stainless Steel 316 ที่มีคุณภาพต่ำกว่า เนื่องจากทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้จะสัมผัสกับแก๊สโดยตรงและด้วยเงื่อนไขของกระบวนการทั้งอัตราการไหลที่สูงมาก แสดงถึงลักษณะการไหลที่เป็นแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) และอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงมากเช่นกัน
   - ระยะจากทรานส์ดิวเซอร์ไปสู่ทรานส์มิตเตอร์ : 35 เมตร เป็นค่าเดียวกันกับความยาว ของสายเคเบิล (Cable Length)
   - ระยะการสอดทรานส์ดิวเซอร์ลงไปในท่อ : 586.52 มิลลิเมตร หาได้จากครึ่งของขนาดรัศมีภายในของท่อ
   - การเชื่อมต่อสายไฟ : ISO M20 X 1.5 หมายความว่า เป็นเกลียวขนาด 20 ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางพิต (Pitch) เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานสากลของ ISO
   - เคเบิ้ล แกลน : Yes หมายความว่า มีใช้เพื่อหุ้มตัวเกลียวที่เชื่อมต่อสายไฟเข้ากับทรานส์มิตเตอร์
   - อุปกรณ์ยึดทรานส์มิตเตอร์ : 2" Pipe Mounting หมายถึง มีเสาค้ำขนาด 2 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

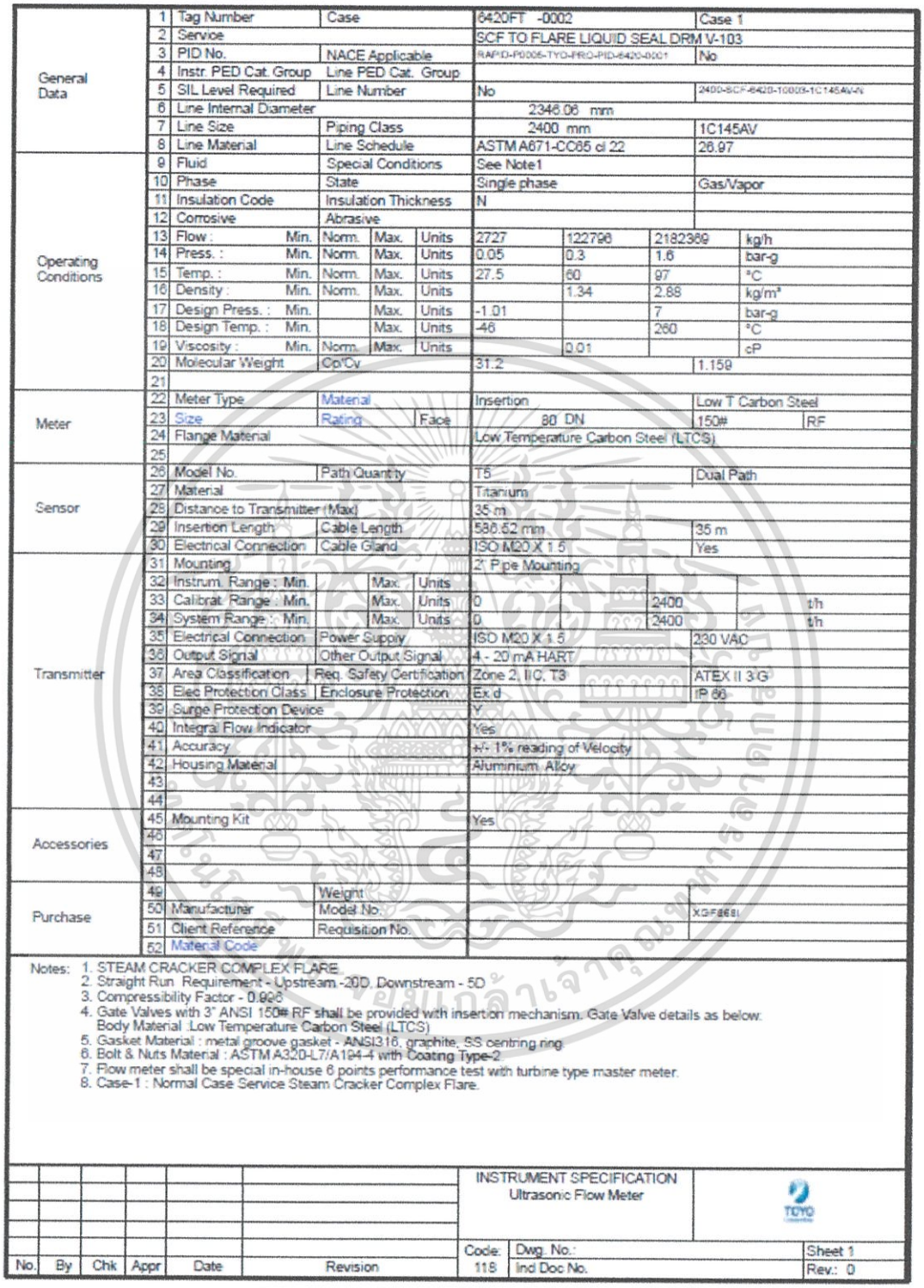
- ย่านอัตราการไหลที่อุปกรณ์สามารถวัดได้ : ไม่ได้ระบุ เพราะว่าไม่มีใน Catalog และทรานส์มิตเตอร์สามารถใช้งานที่ย่านอัตราการไหลสอบเทียบได้ ซึ่งอยู่ในขอบเขตของย่านอัตราการไหลที่อุปกรณ์สามารถวัดได้อยู่แล้ว จึงไม่มีความจำเป็นต้องใส่ข้อมูลส่วนนี้ลงไป
- ย่านอัตราการไหลสอบเทียบและย่านอัตราการไหลที่เต็มสเกล : 0-2400 ตันต่อชั่วโมง โดยสาเหตุที่มีค่าเดียวกัน เนื่องจากอุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้วัดค่าอัตราการไหลโดยตรงบนพื้นฐานของคลื่นเสียงความถี่สูง ไม่ได้อาศัยหลักการอื่น
- แหล่งจ่ายพลังงานให้กับทรานส์มิตเตอร์ : 230 VAC
- สัญญาณเอาต์พุต : 4-20 mA HART หมายถึงทรานส์มิตเตอร์ให้เอาต์พุตเป็นกระแสไฟฟ้ามาตรฐานที่เป็นสัดส่วนกับความดันพร้อมกับการสื่อสารแบบ HART
- การแบ่งโซนพื้นที่อันตราย : Zone2, IIC, T3
  - Zone2 หมายถึง สถานที่ที่ไม่มีโอกาสเกิดการระเบิดในสภาวะการทำงานปกติ แต่จะเกิดในเฉพาะช่วงเวลาสั้นๆ
  - IIC หมายถึง สถานที่โดยรอบๆนั้น มีแก๊สประเภท Hydrogen / Acytelene ปกคลุมอยู่
  - T3 หมายถึง เมื่อเกิดการระเบิดขึ้นแล้ว อุณหภูมิมากที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ บริเวณผิวสัมผัสของอุปกรณ์วัดมีค่าเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส
- มาตรฐานการรับรองความปลอดภัย : ATEX II 3G
  - เป็นมาตรฐานด้านการรับรองความปลอดภัยของอุปกรณ์วัดที่ชื่อว่า ATEX
  - II หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถใช้ในบริเวณซึ่งปกคลุมด้วยแก๊สที่มีโอกาสเกิดการระเบิด
  - 3G หมายถึง เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะกับบริเวณ Zone2
- ประเภทการป้องกัน : Ex d หมายถึงเป็นประเภทการป้องกันการระเบิด (Flameproof) ซึ่งการจุดประกายไฟเกิดขึ้นได้ภายในเปลือกหุ้ม แต่ไม่มีพลังงานออกไปจุดระเบิดบรรยากาศภายนอกได้ ใช้งานกับอุปกรณ์หน้าสัมผัสหรืออุปกรณ์ที่อาจเกิดประกายไฟ เหมาะกับพื้นที่ที่เป็นอันตราย Zone1 และ Zone2
- มาตรฐานตัวห่อหุ้มทรานสมิตเตอร์ : IP66 ซึ่ง IP (Ingress Protection) เป็นมาตรฐานที่บอกถึงความสามารถในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายในทรานส์มิตเตอร์ โดยตัวเลขด้านหน้าหมายถึงระดับความสามารถในการป้องกันของแข็งหรือฝุ่น ส่วนตัวเลขด้านหลังหมายถึงระดับความสามารถในการป้องกันน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- IP66 จึงหมายถึงทรานส์มิตเตอร์สามารถป้องกันฝุ่นที่ติดแน่นได้และน้ำที่สาดมาอย่างแรงได้

- อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก : Yes หมายถึงมีอุปกรณ์นี้ติดตั้งอยู่ในทรานส์มิตเตอร์แล้ว
- ตัวชี้แสดงค่าบนหน้าปัดแบบยึดติดกับทรานสมิตเตอร์ : Yes
- ค่าความเที่ยงตรง : +/-1% Reading of Velocity หมายความว่าค่าอัตราการไหลที่วัดได้มีค่าความคลาดเคลื่อน +/-1% ของค่าความเร็วคลื่นอุลตราโซนิคที่อ่านได้ (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้
- วัสดุที่ใช้ทำสำหรับสิ่งห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ : Aluminium Alloy (อ้างอิงมาจาก Product Catalog ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาให้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



General Data	1	Tag Number		Case			6420FT -0002				Case 1	
	2	Service					SCF TO FLARE LIQUID SEAL DRM V-103					
	3	PID No.		NACE Applicable			RAPID-P0006-TYO-PRO-PID-6420-0001				No	
	4	Instr. PED Cat. Group		Line PED Cat. Group								
	5	SIL Level Required		Line Number			No				2400-SCF-6420-10009-1C145AV-N	
	6	Line Internal Diameter					2346.06 mm					
	7	Line Size		Piping Class			2400 mm				1C145AV	
	8	Line Material		Line Schedule			ASTM A671-CC65 cl 22				26.97	
Operating Conditions	9	Fluid		Special Conditions			See Note1					
	10	Phase		State			Single phase				Gas/Vapor	
	11	Insulation Code		Insulation Thickness			N					
	12	Corrosive		Abrasive								
	13	Flow :	Min.	Norm.	Max.	Units	2727	122796	2182369		kg/h	
	14	Press. :	Min.	Norm.	Max.	Units	0.05	0.3	1.6		bar-g	
	15	Temp. :	Min.	Norm.	Max.	Units	27.5	60	97		°C	
	16	Density :	Min.	Norm.	Max.	Units		1.34	2.88		kg/m³	
	17	Design Press. :	Min.		Max.	Units	-1.01		7		bar-g	
	18	Design Temp. :	Min.		Max.	Units	-46		260		°C	
	19	Viscosity :	Min.	Norm.	Max.	Units		0.01			cP	
	20	Molecular Weight		Cp/Cv			31.2				1.159	
	21											
Meter	22	Meter Type		Material			Insertion				Low T Carbon Steel	
	23	Size		Rating		Face	80 DN				150#	RF
	24	Flange Material					Low Temperature Carbon Steel (LTCS)					
	25											
Sensor	26	Model No.		Path Quantity			T5				Dual Path	
	27	Material					Titanium					
	28	Distance to Transmitter (Max)					35 m					
	29	Insertion Length		Cable Length			586.62 mm				35 m	
	30	Electrical Connection		Cable Gland			ISO M20 X 1.5				Yes	
Transmitter	31	Mounting					2" Pipe Mounting					
	32	Instrum. Range :	Min.		Max.	Units	0					
	33	Calibrat. Range :	Min.		Max.	Units	0		2400		t/h	
	34	System Range :	Min.		Max.	Units	0		2400		t/h	
	35	Electrical Connection		Power Supply			ISO M20 X 1.5				230 VAC	
	36	Output Signal		Other Output Signal			4 - 20 mA HART					
	37	Area Classification		Req. Safety Certification			Zone 2, IIC, T3				ATEX II 3/G	
	38	Elec Protection Class		Enclosure Protection			Ex d				IP 66	
	39	Surge Protection Device					Y					
	40	Integral Flow Indicator					Yes					
	41	Accuracy					+/- 1% reading of Velocity					
	42	Housing Material					Aluminium Alloy					
	43											
	44											
Accessories	45	Mounting Kit					Yes					
	46											
	47											
	48											
Purchase	49			Weight								
	50	Manufacturer		Model No.							XGF868i	
	51	Client Reference		Requisition No.								
	52	Material Code										

Notes:
1. STEAM CRACKER COMPLEX FLARE.
2. Straight Run Requirement - Upstream -20D, Downstream - 5D
3. Compressibility Factor - 0.998
4. Gate Valves with 3" ANSI 150# RF shall be provided with insertion mechanism. Gate Valve details as below:
   Body Material :Low Temperature Carbon Steel (LTCS)
5. Gasket Material : metal groove gasket - ANSI316, graphite, SS centring ring
6. Bolt & Nuts Material : ASTM A320-L7/A194-4 with Coating Type-2
7. Flow meter shall be special in-house 6 points performance test with turbine type master meter.
8. Case-1 : Normal Case Service Steam Cracker Complex Flare.

No.	By	Chk	Appr	Date	Revision

INSTRUMENT SPECIFICATION
Ultrasonic Flow Meter

TOYO

Code:	Dwg. No.:	Sheet 1
118	Ind Doc No.	Rev.: 0

รูปที่ 4.16 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิค (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General Data	1	Tag Number		Case			6420FT -0002				Case 2		
	2	Service					SCF TO FLARE LIQUID SEAL DRM V-103						
	3	PID No.		NACE Applicable			RAPID-P0005-TYD-PRO-PID-6420-0001				No		
	4	Instr. PED Cat. Group		Line PED Cat. Group									
	5	SIL Level Required		Line Number			No				2400-SCF-6420-10029-1C145AV-N		
	6	Line Internal Diameter					2346.06 mm						
	7	Line Size		Piping Class			2400 mm				1C145AV		
	8	Line Material		Line Schedule			ASTM A671-CC65 cl 22				26.07		
Operating Conditions	9	Fluid		Special Conditions			PETCHEM FLARE						
	10	Phase		State			Single phase				Gas/Vapor		
	11	Insulation Code		Insulation Thickness			N						
	12	Corrosive		Abrasive									
	13	Flow :	Min.	Norm.	Max.	Units			1200000		kg/h		
	14	Press. :	Min.	Norm.	Max.	Units			0.2		bar-g		
	15	Temp. :	Min.	Norm.	Max.	Units			40.6		°C		
	16	Density :	Min.	Norm.	Max.	Units		1.94	2.88		kg/m³		
	17	Design Press. :	Min.		Max.	Units	-1.01		7		bar-g		
	18	Design Temp. :	Min.		Max.	Units	-46		260		°C		
	19	Viscosity :	Min.	Norm.	Max.	Units		0.01			cP		
	20	Molecular Weight		Cp/Cv			44.1				1.116		
	21												
Meter	22	Meter Type		Material			Insertion				Low T Carbon Steel		
	23	Size		Rating		Face	80 DN				150#		RF
	24	Flange Material					Low Temperature Carbon Steel (LTCS)						
	25												
Sensor	26	Model No.		Path Quantity			T5				Dual Path		
	27	Material					Titanium						
	28	Distance to Transmitter (Max)					35 m						
	29	Insertion Length		Cable Length			586.52 mm				35 m		
	30	Electrical Connection		Cable Gland			ISO M20 X 1.5				Yes		
Transmitter	31	Mounting					2" Pipe Mounting						
	32	Instrum. Range :	Min.		Max.	Units							
	33	Calibrat. Range :	Min.		Max.	Units	0		2400		t/h		
	34	System Range :	Min.		Max.	Units	0		2400		t/h		
	35	Electrical Connection		Power Supply			ISO M20 X 1.5				230 VAC		
	36	Output Signal		Other Output Signal			4 - 20 mA HART						
	37	Area Classification		Req. Safety Certification			Zone 2, IIC, T3				ATEX II 3 G		
	38	Elec Protection Class		Enclosure Protection			Ex d				IP 66		
	39	Surge Protection Device					Y						
	40	Integral Flow Indicator					Yes						
	41	Accuracy					+/- 1% reading of Velocity						
	42	Housing Material					Aluminium Alloy						
	43												
	44												
Accessories	45	Mounting Kit					Yes						
	46												
	47												
	48												
Purchase	49			Weight									
	50	Manufacturer		Model No.							XGF868i		
	51	Client Reference		Requisition No.									
	52	Material Code											

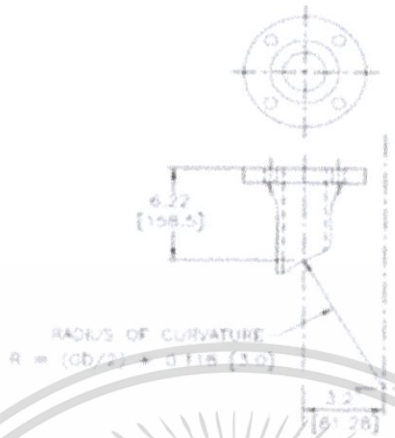
Notes:
1. Straight Run Requirement - Upstream -20D, Downstream - 5D
2. Compressibility Factor - 0.985
3. Gate Valves with 3" ANSI 150# RF shall be provided with retractable mechanism. Gate Valve details as below:
   Body Material :Low Temperature Carbon Steel (LTCS)
4. Gasket Material : metal groove gasket - ANSI316, graphite, SS centring ring.
5. Bolt & Nuts Material : ASTM A320-L7/A194-4 with Coating Type-2.
6. Flow meter shall be special in-house 6 points performance test with turbine type master meter.
7. Case-2 : Service Petchem Flare.

No.	By	Chk	Appr	Date	Revision	INSTRUMENT SPECIFICATION Ultrasonic Flow Meter	TOYO
						Code: 118	Dwg. No.: Ind Doc No.	Sheet 1 Rev.: 0

รูปที่ 4.17 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิค (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.1 **ลักษณะการติดตั้ง**



รูปที่ 4.18 ลักษณะโครงสร้างของนอสเซิล

นอสเซิลเป็นส่วนประกอบหนึ่งสำหรับการติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์รุ่น T5 ลงไปในท่อแบบ Bias 90 องศา โดยความยาวในด้านต่างๆและรัศมีความโค้ง (R) ถูกระบุอยู่ในรูปที่ 4.18 ตามที่ผู้ผลิตได้ออกแบบไว้และตำแหน่งในการติดตั้งกับระยะห่างระหว่างนอสเซิลทั้งสองอ้างอิงตามรูปที่ 4.19

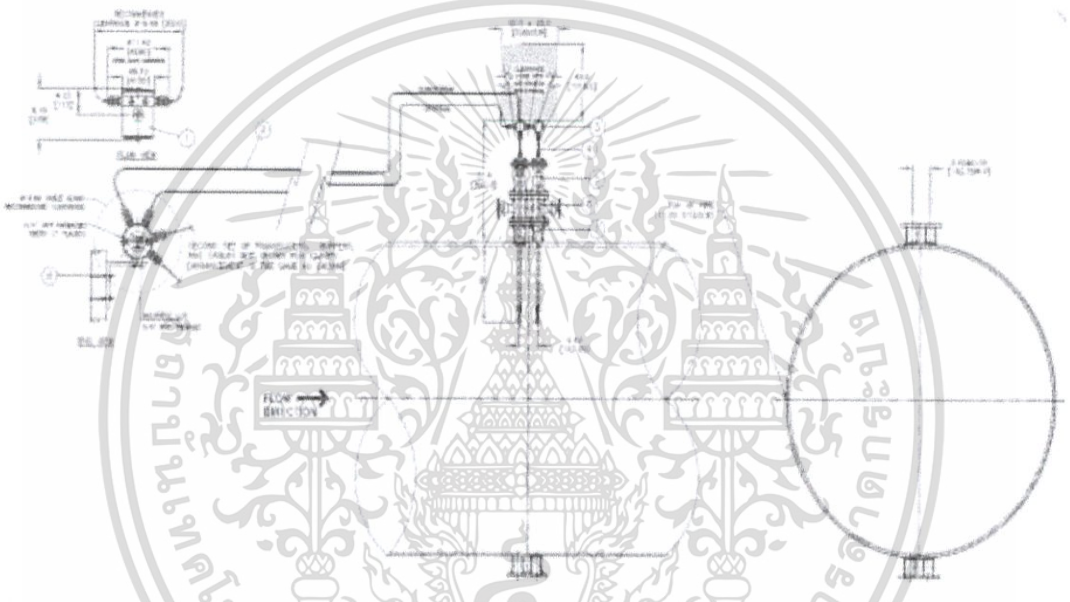
รูปที่ 4.19 ตำแหน่งการติดตั้งนอสเซิล

สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิคชนิดชนิด Insertion ต้องมีอุปกรณ์เสริมช่วยในการติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์ โดยเป็นไปตามรูปที่ 4.20 ซึ่งหมายเลข 1 คือทรานส์มิตเตอร์ 2 คือสายเคเบิลเชื่อมโยงระหว่างตัวขยายสัญญาณกับทรานส์มิตเตอร์ โดยสายเคเบิลทั้งสองต้องมีความยาวเท่ากัน 3 คือตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) มีหน้าที่ขยายสัญญาณคลื่นเสียงความถี่สูง 4 คือทรานส์ดิวเซอร์ 5 คือส่วนประกอบที่ใช้ติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์ (Insertion Mechanism) ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพคกิ้งแกลน (Packing Gland) กับบาร์เรลโฮลเดอร์ (Barrel Holder) 6 คือวาล์วไอโซเรต (Isolation Valve) 7 คือนอสเซิลและ 8 คืออุปกรณ์ยึด (Mounting Bracket)

สายเคเบิลที่ใช้ต้องทนไฟได้ตามมาตรฐาน IEC (International Electrotechnical Commission) และปลายสายเคเบิลที่ต่อเข้ากับทรานส์มิตเตอร์กับตัวขยายสัญญาณต้องมีเคเบิ้ลแกลนติดอยู่ด้วย ซึ่งทำมาจากนิกเกิ้ลทองเหลืองชุบ และมีชนิดการป้องกันแบบ Ex e (Increased safety; การป้องกันความเป็นไปได้ที่เกิดความร้อนภายในอุปกรณ์มากเกินไป) และ Ex d (Flameproof; การป้องกันการระเบิด)



รูปที่ 4.20 Outline Dimension Drawing (ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆในการติดตั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 เอกสารแสดงรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของโรตามิเตอร์

รายละเอียดสามารถจำแนกตามหัวข้อดังนี้

1. ข้อมูลต่างๆทั่วไป หาได้จาก P&ID และเอกสาร Piping Material มีดังนี้
   - เลขประจำตัวของอุปกรณ์วัด : 5210FT-0068
     - 5210 หมายถึง กระบวนการกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ (Tank Farm)
     - FT หมายถึง เป็นทั้งตัวแสดงค่าและทรานส์มิตเตอร์
     - 0068 หมายถึง เลขลำดับของอุปกรณ์วัด เรียงตามหน้า P&ID
   - กระบวนการที่มีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่ : BUTADIENE TO 5210-PSV-0108A
     - หมายความว่าของไหลที่ไหลภายในท่อเป็นของเหลวประเภท Butadiene ไหลเข้าไปเก็บในถังเก็บสาร Butadiene
   - เลขหน้าของ P&ID : RAPID-P0005-TYO-PRO-PID-5210-0017
   - เลขรหัสของท่อ : 25-BD-5210-00080-3C102AW-KS-C
     - 25 หมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อโดยระบุ (Nominal Diameter/mm)
     - BD หมายถึง Butadiene
     - 5210 หมายถึง กระบวนการกักเก็บและผสมสารภายในแทงค์ (Tank Farm)
     - 00080 หมายถึง เลขบอกชนิดท่อ (Sequential Number)
     - 3C124AW หมายถึง การแบ่งประเภทท่อที่บอกถึงความหนาของผนังท่อเท่ากับ 4.55 มิลลิเมตร ที่ Line Schedule เท่ากับ 80 และวัสดุที่ใช้ทำท่อเป็นเหล็กคาร์บอนอุณหภูมิต่ำชนิด ASTM A333-6 (Piping Class)
     - C หมายถึง ฉนวนที่สามารถเก็บความเย็นไว้ได้ (Cold Conservation)
   - ขนาด วัสดุและความหนาของผนังท่อ : ขนาด 25 มิลิเมตร วัสดุที่ใช้ทำท่อเป็นเหล็กคาร์บอนอุณหภูมิต่ำชนิด ASTM A333-6 และผนังท่อมีความหนา 4.55 มิลิเมตร ซึ่งถูกระบุอยู่ในเลขรหัสของท่อทั้งหมด
2. ข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขการทำงานและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการ

จากข้อมูลดังต่อไปนี้ สังเกตได้ว่าอัตราการไหลใช้งานมีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งเหมาะกับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลอย่างโรตามิเตอร์ ค่าความหนาแน่นมีค่ามากสำหรับของเหลว เมื่อเปรียบเทียบกับแก๊ส และค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะกับค่าการอัดตัวของแก๊สไม่ได้ระบุมาเนื่องจากเป็นคุณสมบัติเฉพาะของแก๊สเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

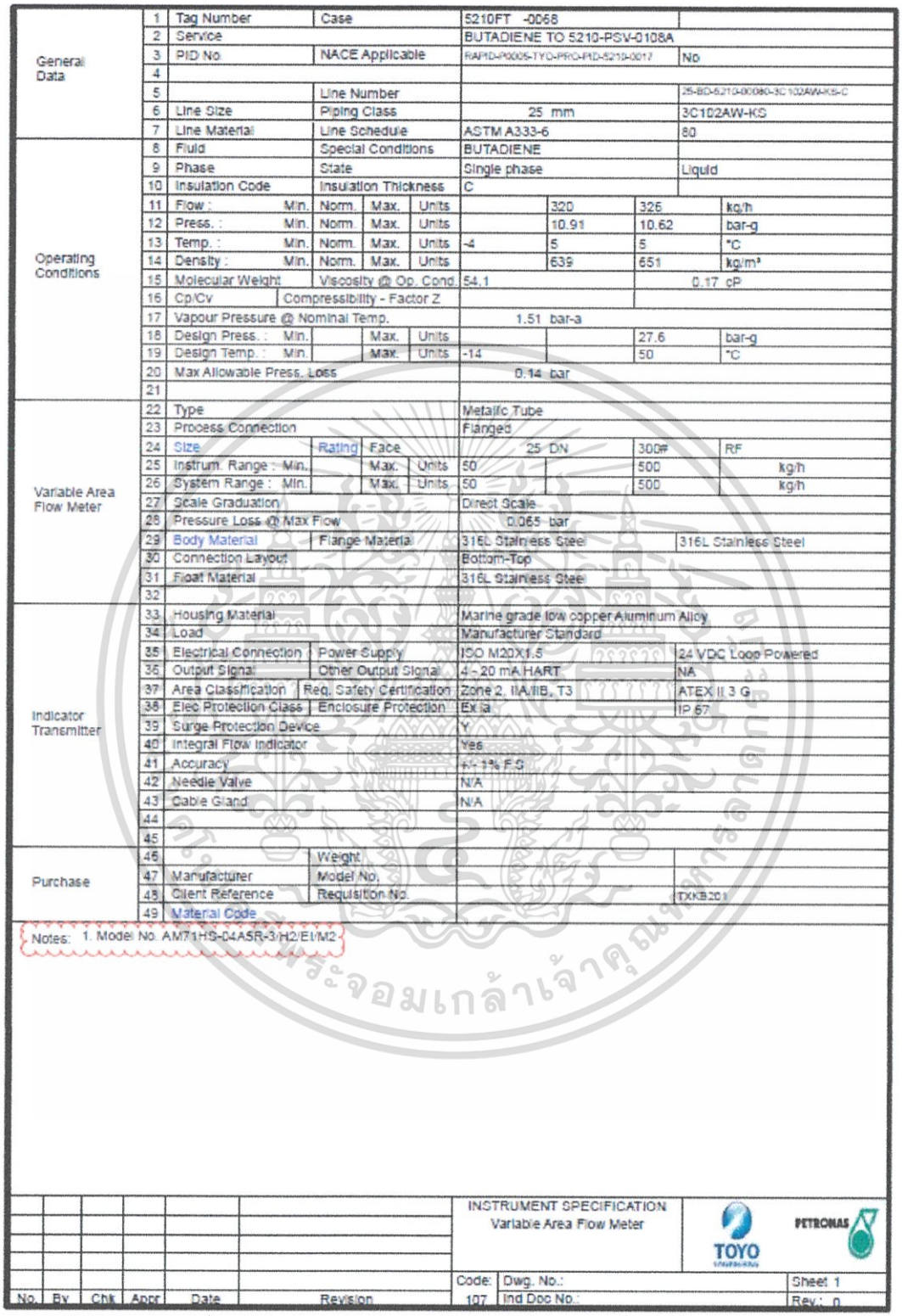
- สถานะและเฟสของของไหล : เป็นของเหลวและมีเฟสเดียว (Single Phase)
- ค่าอัตราการไหลเชิงมวลปกติและสูงสุด : 320 และ 326 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- ค่าความดันปกติและสูงสุด : 10.91 และ 10.62 บาร์เกจ สังเกตได้ว่าค่าปกติไม่จำเป็นต้องน้อยกว่าค่าสูงสุดเสมอไป ขึ้นอยู่กับกระบวนการทั้งหมด
- ค่าอุณหภูมิต่ำสุด ปกติและสูงสุด : -4 5 และ 5 องศาเซลเซียส
- ค่าความหนาแน่นปกติและสูงสุด : 639 และ 651 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- น้ำหนักโมเลกุล : 54.1
- ค่าความหนืด : 0.17 เซนติพอยส์
- ค่าความดันไอ ณ อุณหภูมิที่กำหนด : 1.51 บาร์สัมบูรณ์
- ค่าความดันออกแบบสูงสุด : 27.6 บาร์เกจ
- ค่าอุณหภูมิออกแบบต่ำสุดและสูงสุด : -14 และ 50 องศาเซลเซียส
- ค่าความดันสูญเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้ : 0.14 บาร์

3. ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆของโรตามิเตอร์ อินดิเคเตอร์และทรานส์มิตเตอร์
   - ชนิดของโรตามิเตอร์ : Metallic Tube เป็นชนิดที่ตัวท่อทำด้วยโลหะ
   - การเชื่อมต่อทางกระบวนการ : Flanged หมายถึงมีหน้าแปลนประกบทั้งด้านบนและด้านล่างของโรตามิเตอร์ในแนวตั้ง
   - ขนาด อัตราการทนความดันและหน้าสัมผัส : 25 DN 300# และ RF โดยขนาดของหน้าแปลนต้องเท่ากับขนาดของท่อเพื่อที่จะได้ไม่ต้องใช้ตัวเพิ่มหรือลดขนาด (Concentric Pipe Expander or Reducer) อัตราการทนความดันที่เลือกใช้เท่ากับ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้วมีค่าประมาณ 20 บาร์เกจ ซึ่งครอบคลุมค่าความดันใช้งานทั้งหมดและหน้าสัมผัสของหน้าแปลนควรเป็นแบบหน้ายื่น (Raised Face) เพื่อเพิ่มช่องว่างท่อกับหน้าแปลน ลดแรงกระแทกของของไหลที่สัมผัสกับหน้าแปลนได้ดี
   - ย่านความสามารถในการวัดของอุปกรณ์ : 50-500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
   - ย่านอัตราการไหลเต็มสเกล : 50-500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยปกติย่านอัตราการไหลเต็มสเกลควรคลอบคลุมอยู่ในย่านความสามารถในการวัดของอุปกรณ์ แต่ในกรณีที่มีย่านเท่ากันเพราะว่าอัตราการไหลใช้งานมีค่าน้อย โดยค่าอัตราการไหลใช้งานมากสุดมีค่าประมาณแค่ 65.2% ของค่าเต็มสเกลเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงควรอยู่ที่ 75-90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สเกลที่ตัวแสดงค่า : Direct Scale หมายความว่าสเกลที่หน้าปัดสามารถอ่านค่าอัตราการไหลที่วัดได้โดยตรง
- ค่าความดันสูญเสียสูงสุด : 0.065 บาร์ ซึ่งถูกคำนวณจากผู้จัดจำหน่ายและอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนด (<0.14 บาร์)
- วัสดุที่ใช้สำหรับหน้าแปลน หลอดเอียงและลูกลอย : Stainless Steel 316L
- รูปแบบการติดตั้ง : Bottom-Top หมายถึงมีหน้าแปลนและวาล์วกั้นติดตั้งอยู่ด้านบนและด้านล่างของโรตามิเตอร์
- วัสดุที่ใช้สำหรับห่อหุ้มทรานสมิตเตอร์ : Marine Grade Low Copper Aluminium Alloy
- โหลด : Manufacturer's Standard หมายความว่าตัวต้านทานถูกคำนวณค่าโดยผู้ผลิต
- อินดิเคเตอร์แบบอินทิกรัล : Yes ซึ่งตัวแสดงค่าจะติดตั้งอยู่ติดกับโรตามิเตอร์
- วาล์วเข็มและเคเบิ้ลแกลน : N/A หมายความว่าไม่ได้ถูกใช้ เนื่องจากการติดตั้งวาล์วเข้มด้านหน้าของโรตามิเตอร์จะส่งผลต่อค่าความเที่ยงตรงของอุปกรณ์วัด ขณะที่เคเบิ้ลแกลนไม่จำเป็นต้องมี เพราะว่ามีอยู่ในแพ็คเกจของโรตามิเตอร์เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



General Data	1	Tag Number		Case			5210FT -0068				
	2	Service					BUTADIENE TO 5210-PSV-0108A				
	3	PID No.		NACE Applicable			RAPID-P0005-TYO-PRO-PID-5210-0017				No
	4										
	5			Line Number							25-BD-5210-00080-3C102AW-KS-C
	6	Line Size		Piping Class			25 mm				3C102AW-KS
	7	Line Material		Line Schedule			ASTM A333-6				80
Operating Conditions	8	Fluid		Special Conditions			BUTADIENE				
	9	Phase		State			Single phase				Liquid
	10	Insulation Code		Insulation Thickness			C				
	11	Flow :	Min.	Norm.	Max.	Units		320	325		kg/h
	12	Press. :	Min.	Norm.	Max.	Units		10.91	10.62		bar-g
	13	Temp. :	Min.	Norm.	Max.	Units	-4	5	5		°C
	14	Density :	Min.	Norm.	Max.	Units		639	651		kg/m³
	15	Molecular Weight		Viscosity @ Op. Cond.			54.1		0.17 cP		
	16	Cp/Cv		Compressibility - Factor Z							
	17	Vapour Pressure @ Nominal Temp.					1.51 bar-a				
	18	Design Press. :	Min.		Max.	Units			27.6		bar-g
	19	Design Temp. :	Min.		Max.	Units	-14		50		°C
	20	Max Allowable Press. Loss					0.14 bar				
	21										
Variable Area Flow Meter	22	Type					Metallic Tube				
	23	Process Connection					Flanged				
	24	Size		Rating	Face		25 DN		300#		RF
	25	Instrum. Range :	Min.		Max.	Units	50		500		kg/h
	26	System Range :	Min.		Max.	Units	50		500		kg/h
	27	Scale Graduation					Direct Scale				
	28	Pressure Loss @ Max Flow					0.065 bar				
	29	Body Material		Flange Materia			316L Stainless Steel				316L Stainless Steel
	30	Connection Layout					Bottom-Top				
	31	Float Material					316L Stainless Steel				
	32										
Indicator Transmitter	33	Housing Material					Marine grade low copper Aluminum Alloy				
	34	Load					Manufacturer Standard				
	35	Electrical Connection		Power Supply			ISO M20X1.5				24 VDC Loop Powered
	36	Output Signal		Other Output Signal			4 - 20 mA HART				NA
	37	Area Classification		Req. Safety Certification			Zone 2, IIA/IIB, T3				ATEX II 3 G
	38	Elec Protection Class		Enclosure Protection			Ex ia				IP 67
	39	Surge Protection Device					Y				
	40	Integral Flow Indicator					Yes				
	41	Accuracy					+/- 1% F.S				
	42	Needle Valve					N/A				
	43	Cable Gland					N/A				
	44										
	45										
Purchase	46			Weight							
	47	Manufacturer		Model No.							
	48	Client Reference		Requisition No.							TXKB201
	49	Material Code									

Notes: 1. Model No. AM71HS-04A5R-3/H2/EI/M2

No.	By	Chk	Appr	Date	Revision

INSTRUMENT SPECIFICATION
Variable Area Flow Meter

TOYO Engineering

PETRONAS

Code: 107 | Dwg. No.: | Ind Doc No.: | Sheet 1 | Rev.: 0

รูปที่ 4.21 เอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของโรตามิเตอร์

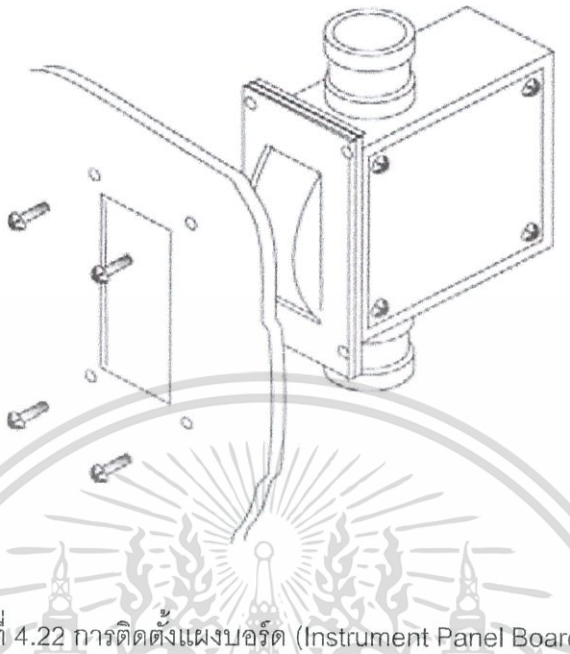
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.1 **ลักษณะการติดตั้ง**

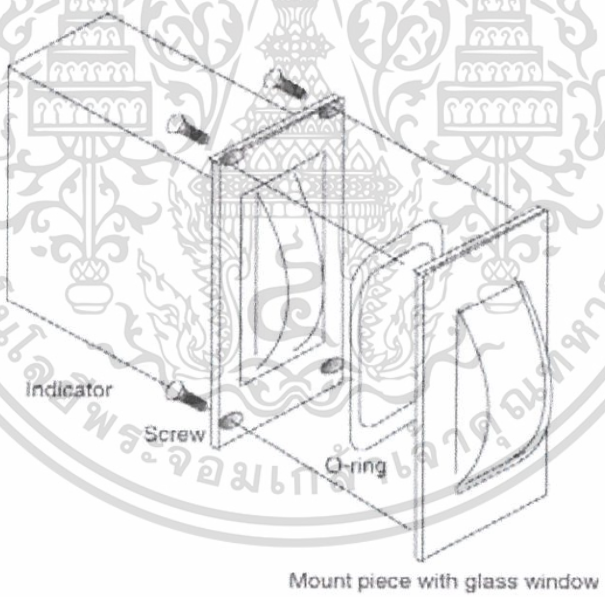
ในการติดตั้งโรตามิตเตอร์ที่มีทั้งอินดิเคเตอร์และทรานส์มิตเตอร์รวมอยู่ด้วยกันนั้น อินดิเคเตอร์ต้องอยู่ในระดับที่อ่านค่าได้ชัดเจน สำหรับทรานส์มิตเตอร์จัดว่าเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคชนิดหนึ่ง จึงต้องมีการแบ่งประเภทการป้องกัน ซึ่งสำหรับกรณีนี้จึงเลือกใช้เป็น Ex ia (Intrinsically Safe) ที่สามารถทนต่ออุณหภูมิล้อมรอบที่อยู่ในช่วง -20 ถึง 60 องศาเซลเซียส และข้อควรระวังสำหรับการติดตั้งอื่นๆมีดังนี้

1. หลักการทำงานของโรตามิตเตอร์คือการส่งการเคลื่อนที่ของลูกลอย โดยการกระทำด้วยของไหล ซึ่งเข็มชี้แสดงค่า (Pointer) มีความสัมพันธ์ทางแม่เหล็กกับลูกลอย ถ้าในกรณีที่บริเวณโดยรอบมีสนามแม่เหล็กอยู่ อาจจะส่งผลรบกวนต่อระบบการวัดได้ ดังนั้นจึงต้องเลือกสถานที่ในการติดตั้งที่ปราศจากสนามแม่เหล็กอื่นๆ
2. ส่วนห่อหุ้มลูกลอยที่ใส่เข้าไปในโรตามิตเตอร์ใช้สำหรับป้องกันการสั่นสะเทือนทางกลในระหว่างการทำงาน เช่น หลอดไวนิล (Vinyl Tube) ควรเอาออกก่อนการติดตั้ง
3. สำหรับโรตามิตเตอร์ทุกชนิด ท่อทรงกรวย (Tapered Tube) ควรวางในแนวตั้งเท่านั้น การเอียงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าได้ โดยสามารถเอียงได้แค่ประมาณ 2 องศาเท่านั้น
4. ทิศทางการไหลสำหรับของไหลทุกชนิดต้องเข้าด้านล่างสู่ด้านบนเท่านั้น ถ้าเกิดการไหลผิดทิศทางอาจทำให้อุปกรณ์เสียหายได้
5. ควรมีการจัดหาท่อบายพาส (Bypass Piping) และวาล์วกั้น (Isolating Valve) สำหรับการสอบเทียบในระหว่างการดำเนินการ
6. แท่งสำหรับลูกลอย (Float Rods) สามารถเคลื่อนที่ขึ้นได้สูงสุดเป็นระยะ 20 มิลลิเมตรในระหว่างการดำเนินการสำหรับโรตามิตเตอร์ที่มีขนาด 100 ถึง 150 มิลลิเมตร
7. โรตามิตเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ไม่ต้องการระยะท่อตรง
8. เพื่อการแสดงค่าอัตราการไหลอย่างมีเสถียรภาพ ไม่ควรติดตั้งข้องอ ข้อต่อต่างๆ ใกล้ด้านขาเข้าของโรตามิตเตอร์
9. ตะกอนที่ปะปนมากับของไหลจะทำให้การเคลื่อนที่ของลูกลอยไม่ราบรื่น เป็นผลให้การอ่านค่าผิดพลาด เพื่อกำจัดสิ่งเหล่านี้ออกไป โดยเฉพาะอนุภาคเหล็กที่อาจทำให้ติดอยู่กับลูกลอยได้ ควรติดตั้งตัวกรองแม่เหล็ก (Magnet Strainer) ทางด้านขาเข้าของโรตามิตเตอร์
10. ควรทำความสะอาดท่อทั้งหมดก่อนที่จะติดตั้ง
11. ควรใช้ท่อที่สามารถรองรับการสั่นสะเทือนที่มีความเร่งสูงสุด 1 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง เพราะการสั่นสะเทือนเป็นสาเหตุสำคัญต่อความผิดพลาดของระบบการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 การติดตั้งแผงบอร์ด (Instrument Panel Board)



รูปที่ 4.23 การติดตั้งกระจกใสครอบหน้าปัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของการดำเนินงานทั้งหมด ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนิน งาน และแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จไปด้วยดีและมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานมาทั้งหมดตั้งแต่วันแรกจนถึงวันสุดท้ายนั้น ได้เรียนรู้และทำความเข้า ใจหลายๆขั้นตอน เริ่มต้นด้วยการทำความเข้าใจทฤษฎีและหลักการวัดของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลทั้ง 3 ชนิดอย่างละเอียด รวมไปถึงการติดตั้งในกระบวนการ โดยจำเป็นต้องคำนึงในหลายๆปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งล้วนมีผลต่อสมรรถภาพการทำงาน เพื่อที่จะได้เลือกใช้อุปกรณ์วัดได้อย่างเหมาะสมกับกระบวนการมากที่สุดและออกแบบเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดได้อย่างถูกต้อง

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ได้ทำการออกแบบในโครงการอุตสาหกรรมน้ำมัน (F-042) มีทั้งหมด 3 ชนิด ประกอบด้วยดังต่อไปนี้

1. แผ่นออริฟิซกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง ซึ่งแผ่นออริฟิซสามารถแยกได้เป็น 2 ชนิดคือ ชนิดมาตรฐาน จำนวน 68 ตัวและชนิดคอนดิชันนิ่ง จำนวน 11 ตัวและทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสามารถแยกได้เป็น 2 รูปแบบคือรูปแบบอิมพัลส์ไลน์ จำนวน 73 ตัวและรูปแบบคัปพิลลารี่ทิวป์ จำนวน 6 ตัว
2. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิค ซึ่งสามารถแบ่งได้ 4 ชนิดคือ Magnetic Portable Type จำนวน 4 ตัว, Clamp-on Fixed Type จำนวน 5 ตัว, Inline Type จำนวน 2 ตัวและ Insertion Type จำนวน 2 ตัว
3. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดพื้นที่เปลี่ยนแปลงหรือโรตามิตเตอร์ ประกอบด้วยอินดิเคเตอร์และทรานส์มิตเตอร์รวมอยู่ในตัวเดียวกัน จำนวน 4 ตัว

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลทั้ง 3 ชนิด ได้ออกเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดและแผนวิธีการติดตั้ง และยังได้ปรับปรุงเอกสารเปรียบเทียบราคาและคุณสมบัติเฉพาะ (Commercial Bid Tabulation/CBE) ที่ผู้จัดจำหน่ายส่งมาเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากมีการเปลี่ยน แปลงชนิดและจำนวนของอุปกรณ์วัด โดยแผ่นออริฟิซจำนวน 16 ตัวกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างจำนวน 32 ตัว สำหรับวัดย่านอัตราการไหลกว้างมากๆถูกเปลี่ยนมาใช้เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบวอร์เท็ก (Vortex Flow Meter) แทนและได้ออกเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติ เฉพาะของอุปกรณ์วัดส่งไปให้ผู้จัดจำหน่ายเรียบร้อยแล้ว ส่วนเอกสารเปรียบเทียบราคาและคุณสมบัติเฉพาะ (CBE) ยังไม่ได้จัดทำเนื่องจากได้หมดสัญญาว่าจ้างกับบริษัทเป็นเวลา 4 เดือนแล้ว

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินงานมีดังนี้

1. ระยะเวลาของโครงการไม่สอดคล้องกับระยะเวลาการฝึกปฏิบัติสหกิจของนักศึกษา 4 เดือน เป็นผลให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างล่าช้า
2. เนื่องจากเป็นครั้งแรกที่มาทำงานกับบริษัท จึงไม่ค่อยกล้าปรึกษาปัญหากับพนักงานคนอื่นๆ
3. ขาดทักษะในการสื่อสารกับแผนกอื่นเพื่อขอข้อมูลต่างๆมาประกอบการพิจารณา ทำให้ข้อมูลที่ได้รับมาไม่ตรงกับความต้องการ
4. งานที่ได้รับมอบหมายตรงกับสาขาวิชาที่เรียนมา แต่ไม่มีการสอนในหลักสูตรของสถาบัน จึงทำให้ความคืบหน้าในการออกแบบเอกสารรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์วัดค่อน ข้างช้า
5. ไม่มีประสบการณ์ในการทำงานจริงเป็นผลให้การวางแผนขั้นตอนงานที่ได้รับนั้นผิดพลาดได้ง่าย
6. การจัดทำเอกสารต่างๆไม่ถูกต้อง ขาดความรอบคอบในการตรวจทานข้อมูล

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

เมื่อประสบกับปัญหาในการทำงาน จึงควรหาแนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อให้งานที่ได้รับมอบหมายนั้นดำเนินไปอย่างรวดเร็วได้ดังนี้

1. ทำความใกล้ชิดกับพี่เลี้ยงให้มากที่สุด เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยสนิทสนมกัน
2. แผนการติดตั้ง ควรปรึกษากับพี่เลี้ยงแผนกคอนสตรัคชัน (Construction Department) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจน
3. ฝึกทักษะการพูด เพื่อที่จะได้พูดอย่างกระชับและได้ใจความที่สุด
4. หลังจากได้รับงานจากพี่เลี้ยงมา ควรรีบค้นหาและศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด
5. เมื่อมีเวลาว่าง ควรเข้าไปช่วยงานของพี่เลี้ยงหรือนำเอางานที่ทำแล้วเสร็จมาศึกษาดู ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่องานที่ได้รับมอบหมาย
6. ควรพูดคุยและปรึกษากับพี่เลี้ยงเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน
7. เมื่อจัดทำเอกสารต่างๆจนเสร็จสมบูรณ์ ควรตรวจทานอย่างละเอียดถี่ถ้วนทุกครั้งก่อนส่งให้พี่เลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. American Petroleum Institute (1993). API RP 551-1993 Process Measurement Instrumentation.
2. EN ISO 5167-1:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full- Part1: General principles and requirement.
3. EN ISO 5167-2:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full- Part2: Orifice plates.
4. American National Standard Institute ANSI/ASME MFC-5M-1985 Measurement of Liquid Flow in Closed Conduits Using Transit-Time Ultrasonic Flowmeters.
5. The American Society of Mechanical Engineers 2003 ASME 16.5 - 2003; Pipe Flanges and Flanged Fittings.
6. The American Society of Mechanical Engineers 2003 ASME 16.36 - 2003; Orifice Flanges.
7. ดร.รังสิมันต์ สิทธิกร EECI0434 Industrial Instrumentation ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุมและแมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
8. ทวิช ซูเมือง. (2549). การออกแบบเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม เล่ม 2 การเลือกใช้และการออกแบบเครื่องมือวัด. กรุงเทพ; เอช เอ็น กรุ๊ป.
9. http://www.emerson.com/en-us/automation/rosemount (Orifice plate)
10. https://www.gemeasurement.com/download-center (Ultrasonic Flowmeter)
11. https://www.tokyokeiso.co.jp/english/products/download/flow_tg.html (Rotameter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นายพงศ์ศิริ ลิ้มอวยชัย

วัน เดือน ปีเกิด : วันที่ 24 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2538

ภูมิลำเนา : 30/81 หมู่บ้านปลาทอง หมู่1 ซอย6 ตำบลบางแก้ว อำเภอบางพลี ถนนศรีนครินทร์ จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10540

อีเมล : Phongsiri8855@gmail.com

ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนอัสสัมชัญสมุทรปราการ

: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
โรงเรียนอัสสัมชัญสมุทรปราการ

: ระดับปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน : มิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2559
แผนก ส่วนบริหารโครงการพัฒนาโรงกลั่น (RED)
บริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)

: สิงหาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2559
แผนก อินสตรูเมนต์ บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้