



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบเครื่องมือวัดสำหรับห่อเกิดปฏิกิริยาในโรงงานผลิตแอลแอลดีพีอี
Designing Field Instrument for Reactor in LLDPE Plant

นางสาวชนินาถ จันทรวีเชียร

ภาควิชาการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบเครื่องมือวัดสำหรับห่อเกิดปฏิกิริยาในโรงงานผลิตแอลแอลดีพีอี
Designing Field Instrument for Reactor in LLDPE Plant

นางสาวชนินาถ จันทรวีเชียร

ภาควิชาการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การออกแบบเครื่องมือวัดสำหรับห่อเกิดปฏิกิริยาในโรงงานผลิตแอลแอลดีพีอี

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาว ชนินาถ จันทร์วิเชียร

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ. ดร. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายพงษ์พัฒน์ กุศลเลิศจริยา

สถานประกอบการ บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษานี้จะอธิบายถึงหลักการวัด และการติดตั้งอุปกรณ์วัดที่ติดกับถังปฏิกรณ์ในโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกชนิดความหนาต่ำเชิงเส้น โดยตัวแปรหลักที่ต้องการควบคุมสำหรับถังปฏิกรณ์ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ระดับ น้ำหนัก และค่าความเป็นประจุของถังปฏิกรณ์ โดยจะประกอบไปด้วย ทรานสมิตเตอร์เซอร์วัดอุณหภูมิ ทรานสมิตเตอร์วัดความดัน ทรานสมิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง ทรานสมิตเตอร์วัดระดับด้วยหลักการความดันแตกต่าง ทรานสมิตเตอร์วัดค่าความเป็นประจุ ทรานสมิตเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง และตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ ซึ่งงานที่ได้รับมอบหมาย คือ ศึกษาหลักการการทำงานของถังปฏิกรณ์ เครื่องมือวัดความดันและความดันแตกต่าง เครื่องมือวัดค่าความเป็นประจุ เครื่องมือวัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง และตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ การออกแบบเชิงวิศวกรรม พร้อมทั้งจัดทำเอกสารรายละเอียดประจำตัวของอุปกรณ์วัด และจัดเตรียมเอกสารสำหรับการสั่งซื้ออุปกรณ์ โดยจะต้องเลือกอุปกรณ์วัดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับกระบวนการ ตรงกับความ ต้องการของโครงการ สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด และมีราคาเหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ : ถังปฏิกรณ์ในโรงงานผลิตแอลแอลดีพีอี, อุปกรณ์วัด, การออกแบบทางวิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: The Design of Field Instrument for Reactor in LLDPE Plant

Student intern name: Ms. Chaninat Janwichien

Facility: Engineering

Department: Instrumentation and Control Engineering

Advisor name: Assoc. Prof. Dr. Kaset Sirisantisamrid

Mentor name: Mr. Pongpat Kussalerdjariya

Company: LLCL Public Company Limited

ABSTRACT

This cooperative educational report describes the principle of measurement and installation of devices in the reactor of LLDPE Plant. The main variables required to control the reactor consist of temperature, pressure, level, weight and electrostatic of reactor. That means they consist of temperature transmitter, pressure transmitter, differential pressure transmitter, level transmitter, electrostatic transmitter, weight transmitter and electrostatic in reactor control cabinet. The assignment work is studying of reactor operation, operation principle of pressure and pressure differential transmitter, electrostatic transmitter and so on, and engineering design that including prepare documents of each device and documents for purchasing. The characteristic of these devices is selected to satisfy with the process, correspond to the project's requirement and follow up to the specified standard with reasonable price.

Keywords: Reactor System, field instruments, engineering design

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากทางบริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ได้เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมปฏิบัติสหกิจศึกษาตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ พี่ณัฐกิตติ รองผู้จัดการแผนกอินสตรูเมนต์ พีเฉลิม เปรมฤดีปรีชาชาญ และพี่พงษ์พัฒน์ กุศลเลิศ จริยา ผู้นิเทศงานที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความรู้ ความเข้าใจในการทำงาน ตลอดจนคำแนะนำและทักษะต่างๆ ในการปฏิบัติงาน อีกทั้งพี่ๆทุกคนในแผนกอินสตรูเมนต์ที่ช่วยให้คำอธิบายและชี้แนะแนวทางที่เกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย จนทำให้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ. ดร. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์นิเทศ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาพร้อมทั้งแก้ไขปัญหาต่างๆระหว่างสหกิจศึกษา จนทำให้โครงการและรายงานฉบับนี้สามารถบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

นางสาวชนินาถ จันทรวีเชียร

สารบัญ

หน้า	
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูปภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตโครงการ.....	2
1.4 วิธีการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 กระบวนการผลิตแอลแอลดีพีอี	4
2.1 ความรู้เกี่ยวกับแอลแอลดีพีอี	4
2.1.1 ความหมายของแอลแอลดีพีอี	4
2.1.2 คุณสมบัติของแอลแอลดีพีอี	4
2.2 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก	4
2.2.1 ความหมายของพลาสติก.....	4
2.2.2 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก	4
2.2.3 วัตถุประสงค์ในการผลิตพลาสติก	5
2.2.4 กระบวนการผลิตพลาสติก	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ IV การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ประเภทของพลาสติก.....	7
2.2.6 ปฏิกริยาสังเคราะห์โพลีเมอร์.....	9
2.3 พอลิเอทิลีน.....	11
2.3.1 ความหมายของพอลิเอทิลีน.....	11
2.3.2 ประเภทของพอลิเอทิลีน.....	11
2.4 ถังปฏิกรณ์แบบฟลูอิด์เบดแบบหมุนเวียน.....	14
2.4.1 ถังปฏิกรณ์แบบฟลูอิด์เบดแบบหมุนเวียน.....	14
2.4.2 ส่วนประกอบของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิด์เบดแบบหมุนเวียน.....	15
2.4.3 หลักการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิด์เบดแบบหมุนเวียน.....	15
2.4.4 ลักษณะการสัมผัสกันของอนุภาคของของแข็งและของไหล.....	15
2.4.5 ช่วงการไหล.....	16
2.4.6 ข้อดีและข้อเสีย.....	17
2.4.7 การประยุกต์ใช้งาน.....	18
2.5 การก่อสร้างของของไหล.....	19
2.5.1 ความหมายของการก่อสร้างของของไหล.....	19
2.5.2 ความหมายของการก่อสร้างของของไหลภายในเบด.....	19
2.5.3 ประเภทของการก่อสร้างของของไหล.....	20
2.6 ส่วนประกอบทั่วไปที่ติดตั้งในระบบถังปฏิกรณ์ในโครงการผลิตแอลแอลดีพีโอ.....	21
2.6.1 ทรานส์มิเตอร์วัดอุณหภูมิ.....	21
2.6.2 ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน.....	23
2.6.3 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง.....	24
2.6.4 เกจวัดความดัน.....	27
2.6.5 การวัดระดับโดยใช้กระจกมองระดับ.....	28
2.7 การสื่อสารระบบ DCS.....	31
2.8 พื้นที่อันตราย.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ V การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ความหมายของพื้นที่อันตราย.....	31
2.8.2 การจำแนกพื้นที่อันตราย	31
2.8.3 การจำแนกประเภท (Class) และแบบ (Division) : ตามมาตรฐาน NEC.....	32
2.8.4 การจำแนกเป็นโซน (Zone) : ตามมาตรฐาน IEC	33
2.8.5 การจำแนกเป็นโซน (Zone) : ตามมาตรฐาน IEC	36
2.8.6 ปัจจัยสำคัญในการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) : ตามมาตรฐาน IEC.....	37
2.8.7 การจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) : Class I ตามมาตรฐาน IEC	38
2.8.8 การจัดแบ่งกลุ่มฝุ่น (Dust Grouping) : Class II ตามมาตรฐาน IEC.....	40
2.8.9 การจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) : ตามมาตรฐาน NEC	40
2.8.10 วิธีการจัดแบ่งกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า	41
2.8.11 จุดติดไฟหรือจุดระเบิด และชั้นอุณหภูมิ ตามมาตรฐาน IEC	41
2.9 การป้องกันการระเบิดอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้า.....	48
2.9.1 การป้องกันโดยการปิดล้อม.....	49
2.9.2 การป้องกันโดยการพันความดัน	49
2.9.3 การป้องกันโดยมีลักษณะหุ้มท่อในถุงหุ้ม.....	50
2.9.4 การป้องกันโดยการจุ่มน้ำมัน	50
2.9.5 การป้องกันโดยการเติมผงฝุ่น.....	50
2.9.6 การป้องกันโดยวิธีการเพิ่มความปลอดภัย	51
2.9.7 การป้องกันแบบความปลอดภัยแท้จริง.....	51
2.9.8 การป้องกันอย่างง่าย	52
2.10 มาตรฐานการป้องกันน้ำกันฝุ่น.....	52

บทที่ 3 วิธีดำเนินการออกแบบเครื่องมีวัต.....	59
3.1 ขั้นตอนการศึกษา	59
3.2 ขั้นตอนการติดต่อผู้จัดจำหน่ายเครื่องมีวัต.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ VI การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัด.....	64
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานในการออกแบบและการติดตั้ง.....	68
4.1 Piping & Instrument Diaphragm (P&ID)	68
4.2 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์มีดังนี้	71
4.2.1 ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter).....	71
4.2.2 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter)	76
4.2.3 ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง (Weight Transmitter with Differential Pressure)	81
4.2.4 ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ (Electrostatic Probe)	88
4.2.5 ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ (Reaction Static Control Cabinet)..	95
4.2.6 อุปกรณ์วัดระดับของของเหลวที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ (Level Gauge).....	99
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์.....	104
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	104
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	104
5.3 แนวทางการแก้ไข.....	105
เอกสารอ้างอิง.....	106
ประวัติผู้เขียน.....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ.....	7
รูปที่ 2.2 การผลิตพอลิเอททิลีน.....	7
รูปที่ 2.3 ปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเติม.....	10
รูปที่ 2.4 ปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น.....	11
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก HDPE.....	12
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก LDPE.....	13
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก LLDPE.....	14
รูปที่ 2.8 ถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน.....	14
รูปที่ 2.9 รูปแบบการสัมผัสกันของอนุภาคของของแข็งและของไหล.....	16
รูปที่ 2.10 ช่วงการไหลแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน.....	17
รูปที่ 2.11 ฐานก่อสร้างของของไหลภายในเบด.....	20
รูปที่ 2.12 วงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็ค.....	21
รูปที่ 2.13 วงจรที่ใช้อธิบายผลของเพลเทียร์.....	22
รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล.....	23
รูปที่ 2.15 ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter).....	24
รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแบบไดอะแฟรมซีล.....	25
รูปที่ 2.17 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter).....	25
รูปที่ 2.18 โครงสร้างของเซนเซอร์วัดความดันแตกต่างชนิดค่าความจุเปลี่ยนแปลง.....	26
รูปที่ 2.19 โครงสร้างภายในของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างชนิดค่าความจุเปลี่ยนแปลง.....	27
รูปที่ 2.20 วงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัดความจุอย่างง่าย.....	27
รูปที่ 2.21 เกจวัดความดันแบบบูร์ดอง.....	28
รูปที่ 2.22 เกจวัดความดันแบบเบลโลว์.....	29
รูปที่ 2.23 การวัดระดับแบบท่อแก้ว.....	30
รูปที่ 2.24 การวัดระดับแบบกระจกแผ่นเรียบ.....	31
รูปที่ 2.25 การจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC เป็น Class และ Division ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี.....	34
รูปที่ 2.26 แนวความคิดการแบ่งโซน ตาม IEC.....	36
รูปที่ 2.27 การจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IEC เป็น ZONE ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ VIII การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 เกณฑ์พิจารณาหลักๆของการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IEC เป็น ZONE.....	37
รูปที่ 2.29 เปรียบเทียบการจัดประเภทพื้นที่อันตรายระหว่าง IEC (Zone) กับ NEC (Division).....	37
รูปที่ 2.30 เปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC กับ IEC ในเกณฑ์ของโอกาสการเกิดหรือปรากฏของสารไวไฟ.....	38
รูปที่ 2.31 เปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC กับ IEC.....	38
รูปที่ 2.32 ห้องที่มีช่องทางออกยาวคงที่ 25 มม. แต่สามารถปรับระยะความกว้างของช่องได้ เมื่อจุดระเบิดก๊าซภายในห้องแล้วเปลวไฟที่เล็ดรอดจากช่องว่างดังกล่าวต้องไม่ไปจุดติดไฟที่สภาวะแวดล้อมภายนอกซึ่งมีการก๊าซดังกล่าวเจือปนอยู่.....	40
รูปที่ 2.33 การจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) ตามมาตรฐาน IEC.....	41
รูปที่ 2.34 พลังงานที่ใช้จุดติดไฟในแต่ละแต่ละกลุ่มแก๊สตามมาตรฐาน IEC.....	41
รูปที่ 2.35 การจัดแบ่งกลุ่มฝุ่น (Dust Grouping), Class II ตามมาตรฐาน IEC.....	42
รูปที่ 2.36 เปรียบเทียบการจำแนกการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping), Class I ตามมาตรฐาน IEC กับมาตรฐาน NEC.....	43
รูปที่ 2.37 การจัดชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) ตามมาตรฐาน IEC.....	44
รูปที่ 2.38 การพิจารณาจุดติดไฟของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟเทียบกับ อุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดของชิ้นส่วนองค์ประกอบของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามแบ่งชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) มาตรฐาน IEC.....	44
รูปที่ 2.39 ตัวอย่างของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟเมื่อแบ่งตามการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) กับ การแบ่งชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) มาตรฐาน IEC.....	45
รูปที่ 2.40 ตารางเปรียบเทียบการแบ่งชั้นอุณหภูมิตามมาตรฐาน IEC กับมาตรฐาน NEC (US NEC500) & CA CEC Annex J.....	46
รูปที่ 2.41 เปรียบเทียบการวิธีการป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Protection Method) ที่ใช้ในพื้นที่อันตรายซึ่งแบ่งตามมาตรฐาน IEC (ZONE) กับมาตรฐาน NEC (Division).....	47
รูปที่ 2.42 เครื่องหมายของหน่วยงานรับรองอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในพื้นที่อันตรายได้แก่ FM, UL และ CSA.	47
รูปที่ 2.43 เครื่องหมายของมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน ATEX และ IEC ...	47
รูปที่ 2.44 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย.....	48
รูปที่ 2.45 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (ต่อ).....	49
รูปที่ 2.46 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (ต่อ).....	50
รูปที่ 2.47 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานด้านพื้นที่อันตราย.....	51
รูปที่ 2.48 การป้องกันโดยการปิดล้อม.....	52
รูปที่ 2.49 การป้องกันโดยการพันความดัน.....	53
รูปที่ 2.50 การป้องกันโดยมีลักษณะห่อหุ้มอยู่ในถุงหุ้ม.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ IX การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.51 การป้องกันโดยการจุ่มน้ำมัน.....	54
รูปที่ 2.52 การป้องกันโดยการเติมผงฝุ่น.....	54
รูปที่ 2.53 การป้องกันโดยการเพิ่มความปลอดภัย	55
รูปที่ 2.54 การป้องกันแบบความปลอดภัยแท้จริง.....	55
รูปที่ 2.55 การบอกระดับการป้องกันน้ำกันฝุ่น	56
รูปที่ 3.1 Piping & Instrument Diaphragm สำหรับถังปฏิกรณ์	63
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด.....	68
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลด้านกระบวนการ	69
รูปที่ 3.4 ส่วนของข้อมูลทั่วไปสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด.....	70
รูปที่ 3.5 ส่วนของข้อมูลด้านกระบวนการสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด.....	70
รูปที่ 3.6 ส่วนของข้อมูลของเครื่องมือวัดสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด	70
รูปที่ 3.7 ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและข้อมูลอื่นๆ สำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด	70
รูปที่ 4.1 Piping & Instrument Diaphragm สำหรับถังปฏิกรณ์	73
รูปที่ 4.2 Piping & Instrument Diaphragm สำหรับตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุในถังปฏิกรณ์	74
รูปที่ 4.3 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์.....	75
รูปที่ 4.4 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดความดัน	79
รูปที่ 4.5 การติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดความดัน.....	80
รูปที่ 4.6 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์.....	81
รูปที่ 4.7 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง	85
รูปที่ 4.8 การติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง	86
รูปที่ 4.9 ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักร่วมด้วยหลักการความดันแตกต่างที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์.....	87
รูปที่ 4.10 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักร่วมด้วยหลักการความดันแตกต่าง	91
รูปที่ 4.10 (ต่อ).....	92
รูปที่ 4.11 การติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักร่วมด้วยหลักการความดันแตกต่าง.....	93
รูปที่ 4.12 ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์.....	95
รูปที่ 4.13 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์	99
รูปที่ 4.13 (ต่อ).....	100
รูปที่ 4.14 การติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์.....	101
รูปที่ 4.15 ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์.....	103
รูปที่ 4.16 เอกสารรายละเอียดประจำตัวตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์.....	106
รูปที่ 4.17 อุปกรณ์วัดระดับของเหลวที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์.....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ X การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของอุปกรณ์วัดระดับที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถัง ปฏิกรณ์.....	110
รูปที่ 4.18 (ต่อ).....	111



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงลำดับและสิ่งที่ต้องระบุตามมาตรฐาน IP	56
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงระดับการป้องกันของแข็ง	57
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงระดับการป้องกันของเหลว	58
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงระดับการป้องกันเพิ่มเติม.....	61



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ **xii** การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัททีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ประกอบธุรกิจการให้บริการด้านการออกแบบวิศวกรรม การจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ รวมทั้งการก่อสร้างโรงงานแบบครบวงจร โดยบริษัทฯ เป็นผู้ให้บริการที่มีความสามารถในการให้บริการอย่างครบวงจรด้วยตนเอง (Integrated EPC) บริษัทมีความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design) การจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Procurement of Machinery and Equipment) และการรับเหมาก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม (Construction of Turnkey Projects for Industrial and Process Plants) ซึ่งครอบคลุมถึงระบบการผลิต ระบบสาธารณูปโภคของโรงงานและระบบการจัดเก็บลำเลียง และขนส่งผลิตภัณฑ์ สำหรับหัวข้อโครงการที่ได้รับมอบหมายในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาเป็นการออกแบบอุปกรณ์วัดที่ติดกับถังปฏิกรณ์ ซึ่งเป็นถังทำปฏิกิริยาโพลีเมอร์โรเซชันในโครงการผลิตเม็ดพลาสติกชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น เป็นสารตั้งต้นในการขึ้นรูปพลาสติกความหนาแน่นต่ำที่เป็นเชิงเส้น ซึ่งโครงสร้างกึ่งของเม็ดพลาสติกมีการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้มีความแข็งแรงทางกลสูง และอยู่ภายใต้ขอบเขตของลองซอนปิโตรเคมีคอล คอมเพล็กซ์ (Long Son Petrochemical Complex, PSL Complex) ประเทศเวียดนาม โครงการนี้กำลังอยู่ในช่วงการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อเตรียมการจัดซื้อและก่อสร้างโรงงาน

ในปัจจุบันมีการใช้งานพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) อย่างกว้างขวาง ซึ่งจะมีคุณสมบัติอยู่ระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) แต่จะนิ่มกว่า HDPE และเหนียวกว่า LDPE คุณสมบัติที่สำคัญของ LLDPE คือมีความแข็งแรงทางกลสูงกว่า LDPE ทำให้ LLDPE มีความต้องการใช้งานเพิ่มสูงขึ้น และตอบสนองต่อการใช้งานหลายประเภท เช่น งานฟิล์ม งานฉีดยา งานเข้าแบบ และงานหมุนเข้าแบบ แต่ส่วนใหญ่จะถูกแปรรูปเป็นฟิล์มถึง 65% ใช้ทำฟิล์มหด (Shrink Film) ถุงบรรจุสิ่งของที่มีน้ำหนักสูง ถุงบรรจุเสื้อผ้า และมักถูกใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่น การบรรจุอาหารแช่เย็น หรืออาหารแช่แข็ง นำมาทำท่อน้ำ เคลือบสายไฟ และของเล่นเด็ก เป็นต้น แต่ข้อเสียของ LLDPE คือจะมีความขุ่นมากกว่า LDPE จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงนิยมผสมเม็ดพลาสติกทั้ง 2 ประเภทเข้าด้วยกัน ด้วยอัตราส่วน 1:1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาหลักการออกแบบเครื่องมือวัดในระบบถังปฏิกรณ์
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดในระบบถังปฏิกรณ์
3. เพื่อศึกษาการเลือกใช้เครื่องมือวัดในระบบถังปฏิกรณ์

4. เพื่อศึกษาวิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดในระบบถังปฏิกรณ์
5. เพื่อจัดเตรียมเอกสารรายละเอียดประจำตัวของเครื่องมือวัด สำหรับการติดต่อกับผู้ผลิต

1.3 ขอบเขตโครงการ

รายงานฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือวัดต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์ โดยเครื่องมือวัดจะประกอบไปด้วย 1) ทรานส์มิเตอร์วัดอุณหภูมิชนิดไฟฟ้า-ความร้อน (Thermocouple) 2) ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter) 3) ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง (DP Transmitter) 4) ทรานส์มิเตอร์วัดระดับด้วยหลักการความดันแตกต่าง (Level Measurement with Differential Pressure Transmitter) 5) ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง (Weight Transmitter) 6) ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุ (Electrostatic Probe) 7) เครื่องมือวัดกัมมันตรังสี (Radiation Measurement) ซึ่งงานที่ได้รับมอบหมาย คือศึกษาหลักการการทำงานของถังปฏิกรณ์ (Reactor) จัดทำเอกสารรายละเอียดประจำตัวอุปกรณ์ของเครื่องมือวัดความดันและความดันแตกต่าง เครื่องมือวัดค่าความเป็นประจุ เครื่องมือวัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง และตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ โดยจะต้องเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับกระบวนการ และตรงกับความต้องการของโครงการ อีกทั้งยังต้องสามารถใช้งานได้ยาวนาน มีต้นทุนและราคาถูก

1.4 วิธีการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการทำงานของถังปฏิกรณ์
2. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบถังปฏิกรณ์
3. ศึกษาวิธีการออกแบบเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบถังปฏิกรณ์
4. ศึกษาวิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบถังปฏิกรณ์
5. จัดทำเอกสารรายละเอียดต่างๆ ของเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบถังปฏิกรณ์
6. ปรึกษาผู้จัดจำหน่ายและผู้มีประสบการณ์ เพื่อขอคำแนะนำในการเลือกใช้เครื่องมือวัดต่างๆที่ใช้ในระบบถังปฏิกรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการในการออกแบบเครื่องมือวัดในระบบถังปฏิกรณ์
2. เข้าใจหลักการทำงานของเครื่องมือวัดในระบบถังปฏิกรณ์
3. เข้าใจวิธีการเลือกใช้เครื่องมือวัดในระบบถังปฏิกรณ์
4. เข้าใจวิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดในระบบถังปฏิกรณ์
5. ได้ประสบการณ์ทำงานในสถานประกอบการจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ได้ประสบการณ์ในการติดต่อและเจรจากับผู้จัดจำหน่าย มีความเข้าใจ และได้ประสบการณ์ในการเขียนโครงการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

กระบวนการผลิตแอลแอลดีพีอี

2.1 ความรู้เกี่ยวกับแอลแอลดีพีอี

2.1.1 ความหมายของแอลแอลดีพีอี

พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE, Linear Low Density Polymerization) เป็นสารตั้งต้นในการขึ้นรูปพลาสติกความหนาแน่นต่ำที่เป็นเชิงเส้น ซึ่งโครงสร้างกิ่งของเม็ดพลาสติกมีลักษณะเป็นกิ่งสั้น เรียงตัวกันเป็นระเบียบ และมีความแน่นอนของตำแหน่งของสายโซ่ที่มีระยะห่างชัดเจน ทำให้แอลแอลดีพีอีเป็นโพลิเมอร์ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลค่อนข้างเป็นระเบียบซึ่งความเป็นระเบียบของโครงสร้างกิ่งของ LLDPE ได้จากการใช้โคโมโนเมอร์ จำพวกบิวเทน (Butane) โพรพิลีน (Propylene) เฮกเซน (Hexane) ออกเทน (Octane) เป็นต้น ทำปฏิกิริยาร่วมกับเอทิลีน โดยโคโมโนเมอร์เหล่านี้จะมีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ความยาวกิ่งใน LLDPE ที่ผลิตจะขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลโคโมโนเมอร์ ซึ่งตัวเร่งที่ใช้ในการเตรียมแอลแอลดีพีอี เช่น ไททาเนียมเฮไลด์, อลูมินา เป็นต้น

2.2.2 คุณสมบัติของแอลแอลดีพีอี

โดยปกติแล้วแอลแอลดีพีอีจะทำการผลิตที่ความดันประมาณ 30,000 psi มีความหนาแน่นของอยู่ระหว่าง 0.87 ถึง 0.94 g/cm^3 ซึ่งคุณสมบัติของ LLDPE คือ จะมีความนิ่ม ซึ่งลักษณะการใช้งานโดยส่วนใหญ่จะนิยมนำมาทำเป็นแผ่นฟิล์ม หรือแผ่นพลาสติก ซึ่งคุณลักษณะเด่นของ LLDPE คือ มีความแข็งแรงทางกลสูง สามารถทนต่อแรงดึงได้มาก ทำให้สามารถผลิตแผ่นฟิล์มที่มีความบางโดยไม่เกิดการฉีกขาด และมีความทนทานต่อการเจาะทะลุสูง

2.2 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

2.2.1 ความหมายของพลาสติก

สารประกอบอินทรีย์ที่นักวิทยาศาสตร์สังเคราะห์ขึ้นเพื่อทดแทนวัสดุธรรมชาติ คุณสมบัติที่ของพลาสติก เช่น น้ำหนักเบา, หล่อเป็นรูปทรงได้ตามต้องการ, ทนความชื้นและการสึกกร่อนได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น ทำเส้นใยสำหรับผลิตสิ่งทอ, หล่อเป็นลำเรือ, ชิ้นส่วนของยานยนต์ ภาชนะ และวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องใช้อื่นๆ

2.2.2 ประวัติและความเป็นมาของพลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มนุษย์รู้จักมานานกว่า 130 ปี พลาสติกเกิดมาในศตวรรษที่ 18 มนุษย์รู้จักการใช้ประโยชน์จากปฏิกิริยาเคมี และทำพลาสติกขึ้นมาใช้เป็นครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ.1868 โดย John Wesley Hyatt นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน โดยมีจุดเริ่มต้นจากการต้องการหาวัสดุมาทำลูกบิลเลียด แทนลูกบิลเลียดที่ทำมาจากงาช้าง ซึ่งมีราคาแพง จึงทำการทดลองผลิตวัสดุชนิดหนึ่งจาก

ปฏิกิริยา เซลลูโลสในเทอร์ตกับการบูร ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถทำเป็นแผ่นแบนบาง มีความใสคล้ายกระจกแต่ม้วนหรืองอได้ และได้เรียกชื่อตามวัตถุดิบที่ใช้ว่า “เซลลูโลสในเทอร์ต” ต่อมาพลาสติกชนิดนี้ได้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับ เรียกว่า “เซลลูลอยด์” (Celluloid) ดังนั้น Celluloid จึงเป็นพลาสติกกึ่งสังเคราะห์ชนิดแรก นับว่า Celluloid เป็นพลาสติกกึ่งสังเคราะห์ชนิดแรกของโลกที่เกิดจากการปรับปรุงของเซลลูโลสซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติ จึงถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของพลาสติก ต่อมา มีการค้นพบ LDPE – Low Density Polyethylene ในปี ค.ศ.1935 โดย Reginald Gibson และมีการค้นพบ HDPE – High Density Polyethylene ในปีค.ศ.1951 โดย Eric Fawcett ภายใต้ชื่อการค้า Marlex และในปีค.ศ.1978 มีการค้นพบ LLDPE – Low Linear Density Polyethylene โดย Paul Hogan และ Robert Banks

2.2.4 วัตถุดิบในการผลิตพลาสติก

วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้สำหรับการผลิตพลาสติก คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียม, ก๊าซธรรมชาติ, ถ่านหิน และแร่ธาตุต่างๆ เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้อาจผลิตจากน้ำมันพืชและส่วนต่างๆ ของพืชได้เช่นกัน

1. ปิโตรเลียม

ปิโตรเลียมเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกแทบทุกชนิด สามารถนำมาทำประโยชน์ในด้านผลิตภัณฑ์พลาสติก นำมาทำเป็นเชื้อเพลิง โดยผลิตภัณฑ์ขั้นต้นที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมแบ่งตามโครงสร้างโมเลกุลได้ 2 ประเภท ได้แก่ สารในกลุ่มโอเลฟิน (Olefins) เช่น มีเทน, อีเทน, โพรเพน, บิวเทน และเพนเทน และสารในกลุ่มอะโรมาติก (Aromatics) เช่น เบนซีน และอนุพันธ์ของเบนซีน สารทั้ง 2 กลุ่มสามารถนำมาผลิตมอนอเมอร์ได้หลายชนิด

2. ก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติที่พบในประเทศไทยมีส่วนประกอบเป็นสารไฮโดรคาร์บอน ที่สำคัญคือ มีเทน, อีเทน, โพรเพน และบิวเทนเป็นส่วนใหญ่ สารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทิลีน มอนอเมอร์ และโพรพิลีนมอนอเมอร์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตพลาสติกหลายชนิด

3. ถ่านหินและลิกไนต์

ประเทศไทยมีแหล่งลิกไนต์สำคัญ 2 แห่งคือ ที่แม่เมาะ จังหวัดลำปาง และที่จังหวัดกระบี่ ประโยชน์ของลิกไนต์นอกจากใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ยังใช้ผลิตเบนซีน และอนุพันธ์ของเบนซีน เช่น สไตรีนมอนอเมอร์ ได้ด้วย

4. พืชและน้ำมันพืช

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลาสติกบางชนิด ได้แก่ ส่วนต่าง ๆ ของพืชและน้ำมันพืช เช่น เซลลูโลส, เซลลูลิก และกรดไขมันต่างๆ

5. แร่ธาตุต่างๆ

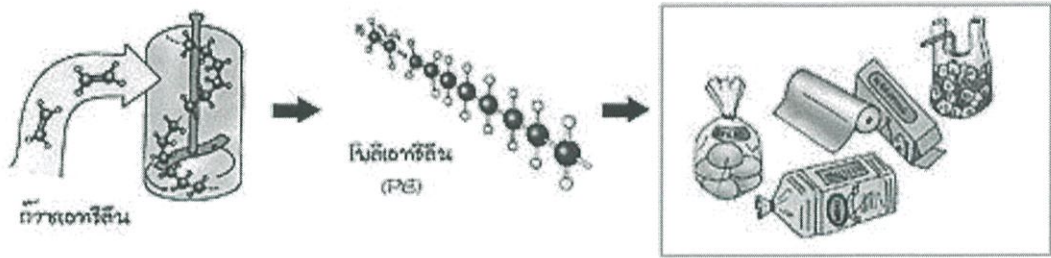
สินแร่บางชนิด เช่น ถ่านโค้ก และหินปูน เป็นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์ ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอะเซทิลีน นอกจากนี้ คลอรีนที่ผลิตได้จากน้ำทะเล ตลอดจนแบริไยหินได้นำมาใช้สำหรับผลิตพลาสติกเสริมแรง

2.2.3 กระบวนการผลิตพลาสติก

กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก เริ่มต้นจากการนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ ก๊าซเอทิลีน และก๊าซโพรพิลีน ซึ่งได้จากการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ นำมาทำปฏิกิริยากันจนได้เป็นสายโซ่ยาว เรียกว่า โพลีเมอร์ (Polymer) ซึ่งโพลีเมอร์แต่ละชนิดสามารถสังเคราะห์ได้โดยใช้วัตถุดิบเริ่มต้นที่แตกต่างกันไป ทำให้โพลีเมอร์มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันด้วย โดยโพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จะถูกนำไปขึ้นรูปเป็นเม็ดพลาสติกและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตัวอย่างเช่น การผลิตเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน (Polyethylene - PE) โดยเริ่มต้นจากก๊าซเอทิลีน (Ethylene) ซึ่งถูกเก็บไว้ในถังปฏิกิริยา เมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมจะทำให้โมเลกุลขนาดเล็กหลายโมเลกุลมาต่อกันเป็นโมเลกุลที่ยาวมากจนได้เป็นพอลิเอทิลีนที่มีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ขวด, ถัง, ฟิล์มต่างๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ



รูปที่ 2.2 การผลิตพอลิเอทิลีน

2.2.5 ประเภทของพลาสติก

พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เทอร์โมพลาสติก และ เทอร์โมเซตพลาสติก

1. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือเรซิน

เป็นพลาสติกที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในโลก เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัว และเมื่อเย็นลงจะแข็งตัว สามารถเปลี่ยนรูปได้ พลาสติกประเภทนี้โครงสร้างโมเลกุลเป็นโซ่ตรงยาว มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก จึงสามารถหลอมเหลวได้ เมื่อผ่านการอัดแรงมากจะไม่ทำลายโครงสร้างเดิม ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน มีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อหลอมแล้วสามารถนำมาขึ้นรูปกลับมาใช้ใหม่ได้ ชนิดของพลาสติกใน ตระกูลเทอร์โมพลาสติก ได้แก่

- พอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แต่อากาศผ่านเข้าออกได้ มีลักษณะขุ่นและทนความร้อนได้พอควร เป็นพลาสติกที่นำมาใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรม เช่น ท่อน้ำ ถัง ถุง ขวด แท่นรองรับสินค้า
- พอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แข็งกว่าพอลิเอทิลีน ทนต่อสารไขมันและความร้อนสูง ใช้ทำแผ่นพลาสติกถุงพลาสติกบรรจุอาหารที่ทนร้อน และหลอดดูดพลาสติก
- พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) มีลักษณะโปร่งใส เพราะ ทนต่อกรดและด่าง ไอน้ำและอากาศซึม ผ่านได้พอควร ใช้ทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้สำนักงาน เป็นต้น
- SAN (Styrene-Acrylonitrile) เป็นพลาสติกโปร่งใส ใช้ผลิตชิ้นส่วน เครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนยานยนต์
- ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene) คุณสมบัติคล้ายพอลิสไตรีน แต่ทนสารเคมีดีกว่าเหนียว กว่าและโปร่งแสง ใช้ผลิตถ้วย ถาด เป็นต้น
- พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC) ไอน้ำและอากาศซึมผ่านได้พอควร และป้องกันไขมันได้ดีมีลักษณะใส ใช้ทำขวดบรรจุน้ำมันและไขมันปรุงอาหาร ขวดบรรจุเครื่องดื่มที่มี

- แอลกอฮอล์ เช่น ไวน์ เบียร์ ใช้ทำแผ่นพลาสติก ห่อเนยแข็ง ทำแผ่นแลมเบตชั้นในของถุงพลาสติก
- ไนลอน (Nylon) เป็นพลาสติกที่มีความเหนียวมาก คงทนต่อการเพิ่มอุณหภูมิ ทำแผ่นลามิเนต สำหรับทำถุงพลาสติกบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ
- พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate: PET) เหนียวมากโปร่งใส ราคาแพง ใช้ทำแผ่นฟิล์มบาง ๆ บรรจุอาหาร
- พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate: PC) มีลักษณะโปร่งใส แข็ง ทนแรงยึดและแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง เป็นรอยหรือคราบอาหารจับยาก ใช้ทำถ้วย จาน ขาม ขวดนมเด็ก และขวดบรรจุอาหารเด็ก

2. เทอร์โมเซตติงพลาสติก (Thermosetting Plastic)

เป็นพลาสติกที่มีสมบัติพิเศษ คือ ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทนปฏิกิริยาเคมีได้ดี เกิดคราบและรอยเปื้อนได้ยาก คงรูปหลังการผ่านความร้อนหรือแรงดันเพียงครั้งเดียว เมื่อเย็นลงจะแข็งมาก ทนความร้อนและความดัน ไม่อ่อนตัวและเปลี่ยนรูปร่างไม่ได้ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงก็จะแตกและไหม้เป็นขี้เถ้าสีดำ พลาสติกประเภทนี้โมเลกุลจะเชื่อมโยงกันเป็นร่างแหจับกันแน่น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแข็งแรงมาก จึงไม่สามารถนำมาหลอมเหลวได้ กล่าวคือ เกิดการเชื่อมต่อข้ามไปมาระหว่างสายโซ่ของโมเลกุลของพอลิเมอร์ (Cross Linking among Polymer Chains) เหตุนี้หลังจากพลาสติกเย็นจนแข็งตัวแล้ว จะไม่สามารถทำให้อ่อนได้อีกโดยใช้ความร้อน หากแต่จะสลายตัวทันทีที่อุณหภูมิสูงถึงระดับ การทำพลาสติกชนิดนี้ให้เป็นรูปลักษณะต่าง ๆ ต้องใช้ความร้อนสูง และโดยมากต้องการแรงอัดด้วย เทอร์โมเซตติงพลาสติก ได้แก่

- เมลามีน ฟอรัมาลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde) มีสมบัติทางเคมีทนแรงดันได้ 7,000-135,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทนแรงอัดได้ 25,000-50,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทนแรงกระแทกได้ 0.25-0.35 ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทนความร้อนได้ถึง 140 องศาเซลเซียส และทนปฏิกิริยาเคมีได้ดี เกิดคราบและรอยเปื้อนยาก เมลามีนใช้ทำภาชนะบรรจุอาหารหลายชนิด และนิยมใช้กันมาก มีทั้งที่เป็นสีเรียบและลวดลายสวยงาม ข้อเสียคือน้ำสัมผัสจะซึมเข้าเนื้อพลาสติกได้ง่าย ทำให้เกิดรอยด่าง แต่ไม่มีพิษภัยเพราะไม่มีปฏิกิริยากับพลาสติก
- ฟีนอลฟอรัมาลดีไฮด์ (Phenol-Formaldehyde) มีความต้านทานต่อตัวทำละลายสารละลายเกลือ และน้ำมัน แต่พลาสติกอาจพองบวมได้เนื่องจากน้ำหรือแอลกอฮอล์พลาสติกชนิดนี้ใช้ทำฝาขวดและหม้อ
- อีพ็อกซี (Epoxy) ใช้เคลือบผิวของอุปกรณ์ภายในบ้านเรือน และท่อเก็บก๊าซ ใช้ในการเชื่อมส่วนประกอบโลหะ แก้ว และเซรามิก ใช้ในการหล่ออุปกรณ์ที่ทำจากโลหะและเคลือบผิวอุปกรณ์ ใช้ใส่ในส่วนประกอบของอุปกรณ์ไฟฟ้า เส้นใยของท่อ และท่อความดัน ใช้เคลือบผิว

ของพื้นและผนัง ใช้เป็นวัสดุของแผ่นกำบังนิวตรอน ซีเมนต์ และปูนขาว ใช้เคลือบผิวถนน เพื่อกันลื่น ใช้ทำโฟมแข็ง ใช้เป็นสารในการทำสีของแก้ว

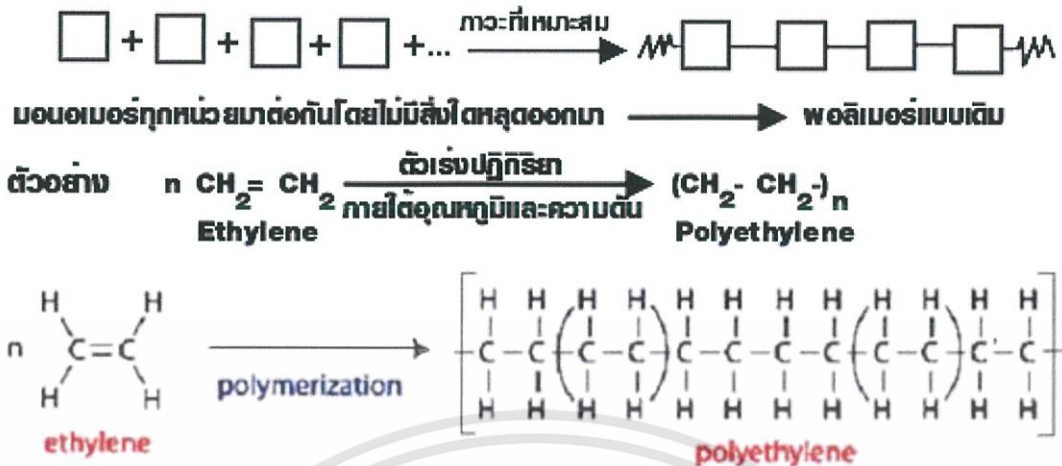
- พอลิเอสเทอร์ (Polyester) กลุ่มของพอลิเมอร์ที่มีหมู่เอสเทอร์ ในหน่วยซ้ำเป็นพอลิเมอร์ที่นำมาใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้ทำพลาสติกสำหรับเคลือบผิว, ขวดน้ำ, เส้นใย, ฟิล์มและยาง เป็นต้น ตัวอย่างพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ เช่น พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต พอลิบิวทิลีนเทเรฟทาเลต และพอลิเมอร์ผลึกเหลวบางชนิด
- ยูรีเทน (Urethane) ชื่อเรียกทั่วไปของเอทิลคาร์บาเมต มีสูตรทางเคมีคือ $\text{NH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$
- พอลิยูรีเทน (Polyurethane) พอลิเมอร์ประกอบด้วยหมู่ยูรีเทน ($-\text{NH}\cdot\text{CO}\cdot\text{O}-$) เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างไดไอโซไซยานต (Di-Isocyanates) กับไดออล (Diols) หรือไตรออล (Triols) ที่เหมาะสม ใช้เป็นกาว และน้ำมันชักเงา พลาสติกและยาง ชื่อย่อคือ PU

2.2.6 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์โพลิเมอร์

ปฏิกิริยาการสังเคราะห์โพลิเมอร์ หรือเรียกโดยทั่วไปว่าปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน (Polymerization) คือ ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้โมโนเมอร์ (Monomer) โมเลกุลเล็กๆ เกิดปฏิกิริยาต่อกันเป็นสายโซ่ยาว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเติม (Addition Polymerization Reaction)

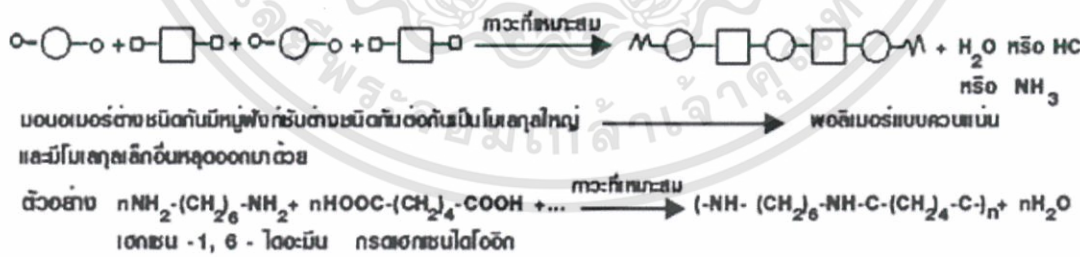
การนำเอาโมโนเมอร์ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก และไม่อิมตัว ที่มีพันธะคู่ หรือพันธะสาม อยู่ในโมเลกุล มาทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน จนได้เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งการทำปฏิกิริยาเริ่มต้นจากโมเลกุลที่มีพันธะคู่ หรือพันธะสามจะถูกความร้อน และตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ที่เหมาะสม ทำให้พันธะ 1 พันธะแตกออก ซึ่งว่องไวในการทำปฏิกิริยาไปยึดติดกับพันธะที่แตกออกของโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงกัน เกิดการต่อกันทีละโมเลกุลจนได้โมเลกุลใหม่ที่มีลักษณะเป็นสายโซ่ที่ยาวขึ้น การสังเคราะห์โพลิเมอร์ลักษณะนี้ไม่มีผลิตภัณฑ์อื่นๆ หลุดออกมา ทำให้จำนวนอะตอมของโพลิเมอร์ เท่ากับจำนวนโมเลกุลโมโนเมอร์ ตัวอย่างพลาสติกที่เกิดจากการสังเคราะห์โพลิเมอร์ลักษณะนี้ ได้แก่ โพลีไวนิลคลอไรด์ โพลีโรพิลีน และโพลิเอทิลีน เป็นต้น



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเติม

2. ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่น (Condensation Polymerization Reaction)

กระบวนการสังเคราะห์แบบควบแน่นเกิดจากโมโนเมอร์ 2 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและมีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกันอย่างน้อย 2 หมู่ที่ปลายสุดของโมเลกุล หรืออาจเกิดจากโมโนเมอร์เพียง 1 ชนิดที่มีหมู่ฟังก์ชันแตกต่างกันอย่างน้อย 2 หมู่ที่ปลายสุดของโมเลกุล ที่สามารถทำปฏิกิริยากันระหว่างหมู่ฟังก์ชันอย่างต่อเนื่องได้ผลิตภัณฑ์เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ การสังเคราะห์พอลิเมอร์ลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น H_2O , HCl และ CH_3OH เป็นผลพลอยได้ ตัวอย่างพลาสติกที่เกิดจากการสังเคราะห์พอลิเมอร์ด้วยลักษณะการควบแน่น ได้แก่ ไนลอน และพอลิ-เอสเทอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 10 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 พอลิเอททิลีน (Polyethylene : PE)

2.3.1 ความหมายของพอลิเอททิลีน (Polyethylene)

พอลิเอททิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่มีปริมาณการผลิตและการใช้มากที่สุดชนิดหนึ่งของโลก เนื่องจากการที่พอลิเอททิลีนมีความสามารถในการป้องกันสารเคมีได้เป็นอย่างดี ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ และความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ ง่ายต่อกระบวนการขึ้นรูป นอกจากนี้โครงสร้างของพอลิเอททิลีนมีลักษณะเป็นเส้นตรง ทำให้มีความเป็นผลึกในโครงสร้างค่อนข้างสูง (Semicrystalline) ทำให้มีความเหนียว และอ่อนตัวสูง สามารถดัดขึ้นรูปได้ พอลิเอททิลีนมีความหนาแน่นหลายเกรดขึ้นอยู่กับประเภทของการผลิตแต่ละประเภท และการนำไปใช้งาน แต่ทั้งนี้พอลิเอททิลีนมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าความเครียด และจุดหลอมเหลวต่ำ พอลิเอททิลีนส่วนใหญ่จึงนิยมนำขึ้นรูปเป็นกล่องบรรจุภัณฑ์ ขวด แผ่นฟิล์ม และท่อ เป็นต้น

ซึ่งโดยทั่วไปค่าความเค้นคราก (Yield Strength) และอุณหภูมิหลอมเหลวจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น และมีความสามารถในการยืด (Elongation) ลดลง ตามปริมาณความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้นของพอลิเอททิลีนพอลิเอททิลีน สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด

2.3.2 ประเภทของพอลิเอททิลีน

1. พอลิเอททิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)

พอลิเอททิลีนชนิดความหนาแน่นสูง มีโครงสร้างทางเคมีที่เป็นกิ่งก้านสาขาน้อย จึงมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลค่อนข้างสูง มีความแข็งแรงทนทาน มีสีขาวขุ่น โปร่งแสง สามารถนำมาหลอมกลับไปใช้ใหม่ได้ ทนต่อสารเคมี และตัวทำละลายหลายชนิด ผลิตที่อุณหภูมิและความดันต่ำ ทำให้โมเลกุลโครงสร้างมีความเป็นผลึกสูง จึงเหมาะสำหรับนำมาทำบรรจุภัณฑ์ต่างๆที่มีความแข็งแรง เช่น การผลิตขวดบรรจุเครื่องดื่ม, ยาและสารเคมีต่างๆ, ของเล่นเด็ก, ถังน้ำมันรถยนต์, เครื่องใช้ในบ้าน, เชือก, แห, อวน, ฉนวนไฟฟ้า, ท่อน้ำมัน, ชิ้นส่วนรถยนต์ และชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ยังนิยม HDPE มาผลิตเป็นถุงพลาสติกที่สามารถทนต่อความร้อนสูง ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว HDPE มีความเหนียวมากกว่า LDPE ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก HDPE แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก HDPE

2. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE)

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ มีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี ทนต่อการกอบแตก มีความนิ่มและใส แต่มีความแข็งแรงทนทานน้อยกว่า HDPE และทนความร้อนได้ไม่มาก แต่ทนสารเคมีได้ดี สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ถึง 80 องศาเซลเซียส และทนได้สูงสุดถึง 95 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาสั้นๆ แต่ไม่สามารถทนอุณหภูมิสูงในหม้ออัดไอน้ำได้ โดยพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำจะเริ่มหลอมตัวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และทนความเย็นได้ถึง -50 องศาเซลเซียสผลิตที่ความดันสูง คุณสมบัติของพอลิเอทิลีน มีสีขาวขุ่น โปร่งแสง มีความลื่นมันในตัว มีความเหนียวและยืดหยุ่นเหมาะสำหรับผลิตแผ่นฟิล์มต่างๆ เช่น ถุงเย็น, ถุงพลาสติกหุ้มหิ้ว, ของเล่นเด็ก, ถุงซิปล็อก, ฉนวนหุ้มสายไฟ, สายเคเบิล และขวดพลาสติกชนิดบีบได้ เช่น ขวดน้ำเกลือ, หลอดยาฉีด เป็นต้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก LDPE แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก LDPE

3. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low Density Polyethylene, LLDPE)

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นนี้ เป็นผลมาจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมพลาสติก ด้วยการปรับปรุงคุณสมบัติ Tensile Strength ที่ความหนาแน่นเดิมเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ LDPE พอลิเอทิลีนชนิดใหม่ดังกล่าว คือ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ซึ่งมีกิ่งเส้น และมีความแน่นของตำแหน่งของสายโซ่ที่มีระยะห่างที่ชัดเจน ทำให้ LLDPE เป็นพอลิเมอร์ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลเป็นระเบียบกว่า LDPE (ซึ่งมีกิ่งที่มีความยาวและมีตำแหน่งแบบสุ่ม) ความเป็นระเบียบของโครงสร้างของกิ่งใน LLDPE ได้มาจากการใช้โคโมโนเมอร์ เช่น พวกกิวเทน (Butane) โพรพิลีน (Propylene) เฮกเซน (Hexane) ออกเทน (Octane) เป็นต้น ทำปฏิกิริยาร่วมกับเอทิลีน โดยมีโคโมโนเมอร์เหล่านี้จะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้นตามลำดับ ความยาวของกิ่งใน LLDPE ที่ผลิตจะขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลโคโมโนเมอร์ที่ใช้ ตัวเร่งที่ใช้ในการเตรียม LLDPE เช่น ไททาเนียมเฮไลด์ครึ่งบนวัสดุต่างๆ เช่น อะลูมินา เป็นต้น LLDPE จึงตอบสนองต่อการใช้งานหลายประเภท เช่น งานฟิล์ม, งานฉีดงานเข้าแบบ และงานหมุนเข้าแบบ แต่ส่วนใหญ่จะใช้ทำเป็นฟิล์มถึง 65% เช่น ฟิล์มหัด, ถุงบรรจุสิ่งของที่มีน้ำหนักสูง ส่วนมากมักถูกใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่น บรรจุอาหารแช่เย็น หรือนำมาทำท่อน้ำ, ฉนวนเคลือบสายไฟ เป็นต้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก LLDPE แสดงดังรูปที่ 2.7

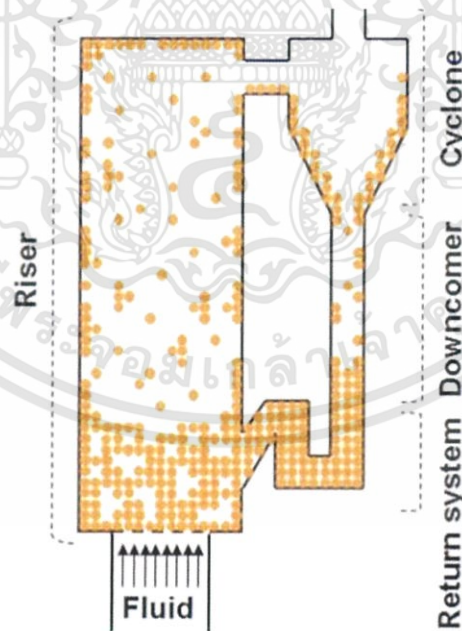


รูปที่ 2.7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก LLDPE

2.4 ถังปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไชน์เบดแบบหมุนเวียน (Circulating Fluidized Bed : CFB)

2.4.1 ถังปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไชน์เบดแบบหมุนเวียน

ฟลูอิดไชน์เบดแบบหมุนเวียน เป็นเครื่องปฏิกรณ์เคมีรูปแบบหนึ่งที่ภายในมีอนุภาคของแข็งและของไหลซึ่งมีอันตรกิริยาระหว่างกัน โดยอนุภาคของแข็งจะมีพฤติกรรมเคลื่อนที่คล้ายกับของไหล นอกจากนี้เครื่องปฏิกรณ์ยังมีกลไกในการแยกอนุภาคของแข็งที่มีขนาดใหญ่ หรือเกิดปฏิกิริยาเคมีไม่สมบูรณ์และป้อนกลับเข้าสู่กระบวนการอีกครั้ง ตัวอย่างกระบวนการทำงานของถังปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไชน์เบดแบบหมุนเวียน แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไชน์เบดแบบหมุนเวียน

2.4.2 ส่วนประกอบของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไอส์เบดแบบหมุนเวียน

1. ท่อไรเซอร์ (Riser)
2. ท่อดาวเนอร์ (Downer หรือ Downcomer)
3. ท่อป้อนกลับ (Return system)
4. ไซโคลน (Cyclone)

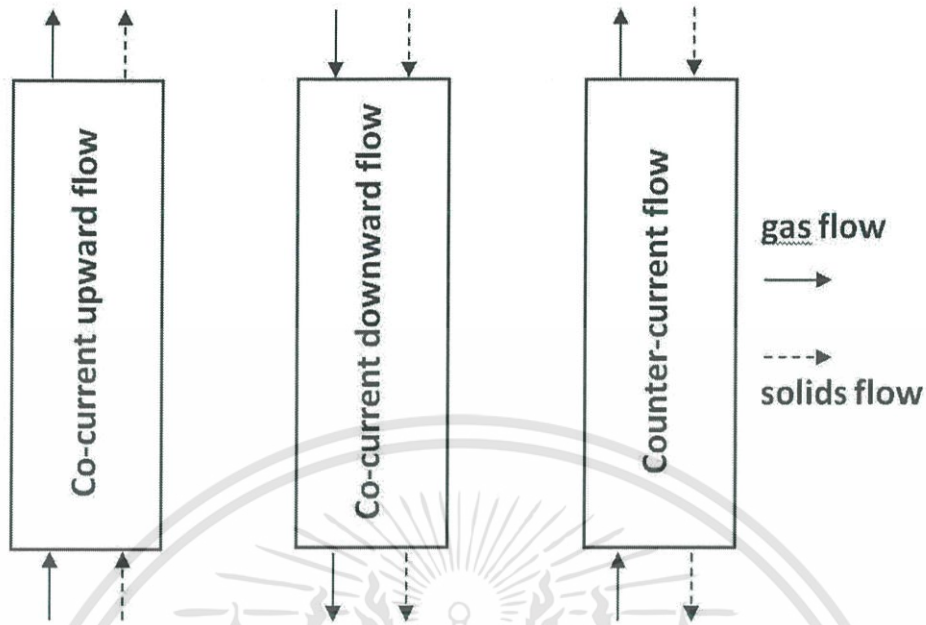
2.4.3 หลักการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไอส์เบดแบบหมุนเวียน

1. ของไหลตัวกลาง จะไหลผ่านอนุภาคของแข็งภายในท่อไรเซอร์ ซึ่งเป็นท่อสูงก่อให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคของแข็งและของไหล
2. เมื่อความเร็วของไหลมีความเหมาะสม อนุภาคของแข็งจะเปลี่ยนพฤติกรรมเคลื่อนที่จนมีลักษณะคล้ายกับของไหล โดยพฤติกรรมนี้เกิดจากดุลของแรงจากของไหลที่กระทำต่ออนุภาคของแข็ง
3. เมื่ออนุภาคของแข็งเคลื่อนมาถึงด้านบนสุดของท่อไรเซอร์ อนุภาคจะเคลื่อนออกจากท่อไรเซอร์ โดยไหลมาผ่านไซโคลน ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับทำหน้าที่แยกอนุภาคของแข็งออกจากแก๊สโดยอาศัยหลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและแรงโน้มถ่วง ส่วนอนุภาคของแข็งที่ยังมีขนาดใหญ่ จะถูกแยกโดยไซโคลนและตกลงมาในท่อดาวเนอร์ อนุภาคเหล่านี้จะถูกป้อนกลับเข้าไปในกระบวนการใหม่ตรงบริเวณส่วนล่างของท่อไรเซอร์ผ่านท่อป้อนกลับ

2.4.4 ลักษณะการสัมผัสกันของอนุภาคของของแข็งและของไหล

โดยทั่วไป รูปแบบการสัมผัสกันหรืออันตรกิริยาของอนุภาคของแข็งและของไหลสามารถแบ่งออกได้เป็นสามแบบ ดังต่อไปนี้

1. แบบไหลขึ้นทางเดียวกัน (Co-current Upward Flow) ในกรณีที่มีปริมาณการป้อนอนุภาคของแข็งน้อยหรือใช้ความเร็วของไหลสูง การสัมผัสกันของอนุภาคของแข็งและของไหลภายในกระบวนการ
2. แบบไหลลงทางเดียวกัน (Co-current Downward Flow) จะพบในส่วนของ ไซโคลน ท่อดาวเนอร์ และท่อป้อนกลับของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไอส์เบดแบบหมุนเวียน ที่อนุภาคของแข็งและของไหลจะไหลลงตามแรงโน้มถ่วง
3. แบบไหลสวนทางกันโดยมีของไหลไหลขึ้น (Counter-current Flow) ในกรณีที่ปริมาณการป้อนอนุภาคของแข็งมีค่าสูงหรือใช้ความเร็วของไหลต่ำ จะเกิดการอิมตัวของอนุภาคของแข็งที่ไหลขึ้น ทำให้อนุภาคของแข็งบางส่วนแยกตัว และตกลงกลับลงมาบริเวณด้านล่างของท่อไรเซอร์



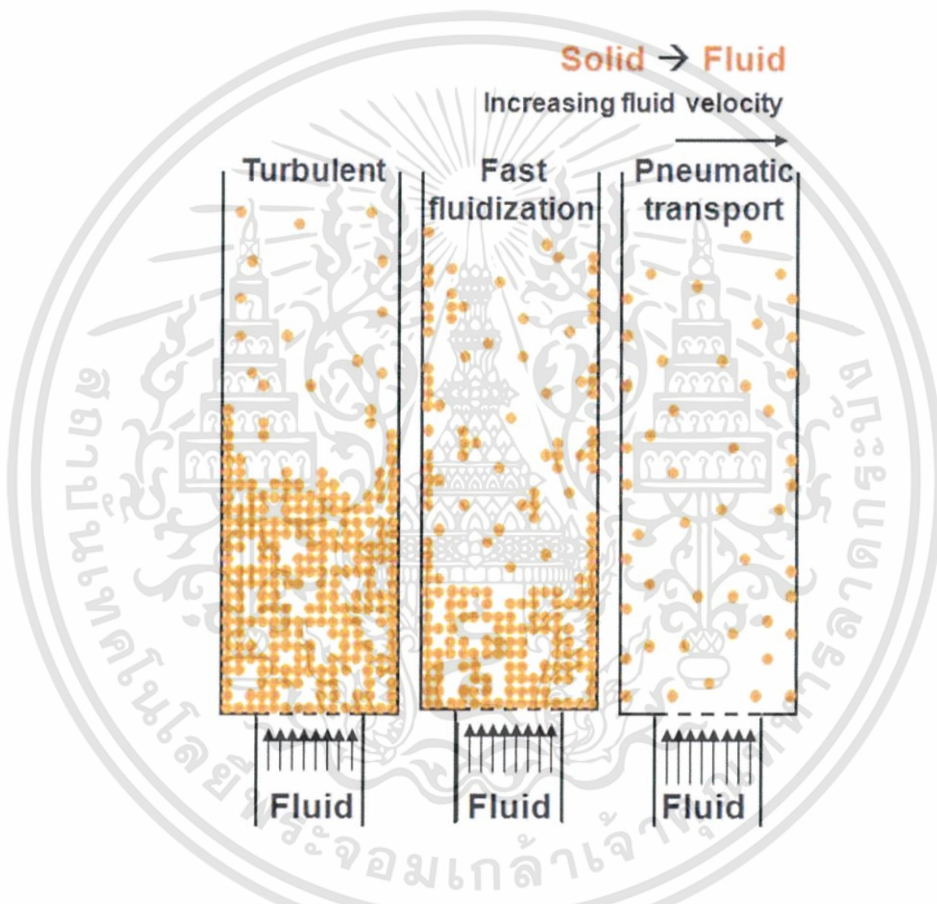
รูปที่ 2.9 รูปแบบการสัมผัสกันของอนุภาคของของแข็งและของไหล

2.4.5 ช่วงการไหล

พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของอนุภาคของแข็ง ในท่อโรเซอรัลของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชด์แบบหมุนเวียนมีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงความเร็วของของไหลที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเหล่านี้ถูกจำแนกเป็น ระบบการไหลแบบต่างๆ (Regime) โดยมีชื่อเรียก ระบบการไหลแบบต่างๆ เรียงตามความเร็วของไหลที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ฟลูอิดไชด์แบบปั่นป่วน เป็นระบบการไหลช่วงแรกที่สามารถเกิดขึ้นได้ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชด์แบบหมุนเวียน เนื่องจากเริ่มมีอนุภาคของแข็งหลุดออกจากท่อโรเซอรัล โดยอนุภาคของแข็งส่วนใหญ่จะอยู่เรียงตัวอยู่หนาแน่นที่บริเวณด้านล่างของท่อโรเซอรัล จะสามารถพบเห็นหน้าเบตได้ชัดเจน จะมีอนุภาคของแข็งเพียงส่วนน้อยที่หลุดออกจากท่อโรเซอรัลทางด้านบน เพราะฉะนั้น ระบบการไหลแบบนี้จึงเหมาะกับกระบวนการที่ปฏิกิริยาเคมีต้องการเวลาเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์
2. ฟลูอิดไชด์แบบความเร็วสูง เป็นระบบการไหลที่มีการใช้งานกันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากมีการกระจายตัวของอนุภาคของแข็งเฉลี่ยตามแนวความสูงของท่อโรเซอรัลอย่างสม่ำเสมอ ไม่สามารถพบเห็นหน้าเบตที่ชัดเจน และมีปริมาณอนุภาคของแข็งในกระบวนการสูง โดยที่บริเวณผนังของท่อโรเซอรัลจะมีปริมาณของแข็งสูงกว่าที่บริเวณกึ่งกลางท่อ ระบบการไหลนี้จะเหมาะกับกระบวนการที่ปฏิกิริยาเคมีต้องการพื้นที่หรือปริมาตรในการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการผสมกันที่ดีของอนุภาคของแข็งและของไหล

3. ฟลูอิดไรเซชันแบบเบบบาง เป็นระบบการไหลที่ดำเนินการด้วยความเร็วป้อนเข้าของไหลสูงที่สุด อนุภาคของแข็งภายในท่อโรเตอร์จะถูกพุงและยกตัวขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องมาจากแรงกระทำจากของไหลภายในกระบวนการ ดังนั้น พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของอนุภาคของแข็งที่ดำเนินการในระบบการไหลนี้ จะมีอนุภาคของแข็งในกระบวนการในปริมาณต่ำตลอดแนวความสูงของท่อโรเตอร์ อนุภาคของแข็งที่เข้ามาในท่อโรเตอร์จะถูกของไหลพาออกไปอย่างรวดเร็ว ระบบการไหลนี้ จึงเหมาะกับการขนส่งของแข็งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งหรือเหมาะสำหรับกระบวนการที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูง



รูปที่ 2.10 ช่วงการไหลแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไรเซชันแบบหมุนเวียน

2.4.6 ข้อดีและข้อเสีย

ข้อดีและข้อเสียของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไรเซชันแบบหมุนเวียนเมื่อทำการเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์เคมีสำหรับกระบวนการที่มีการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคของแข็งและของไหลชนิดอื่น ซึ่งได้แก่ เครื่องปฏิกรณ์เบตนิ่ง และ เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไรเซชันที่ดำเนินการด้วยความเร็วต่ำ มีดังนี้

ข้อดี

1. มีการสัมผัสกันของอนุภาคของแข็งและของไหลสูง ส่งผลให้ช่องว่างอากาศภายในเครื่องปฏิกรณ์ลดลง
2. มีปริมาณอนุภาคของแข็งสูงตลอดแนวความสูงของเครื่องปฏิกรณ์
3. มีการกระจายตัวของความร้อนสม่ำเสมอทั้งในแนวความสูงและแนวรัศมีของเครื่องปฏิกรณ์
4. มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานกับของแข็งหลายชนิดหรือของแข็งผสม

ข้อเสีย

1. มีความยุ่งยากในการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ เพิ่มขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ไซโคลอน หรือ ท่อป้อนกลับ เป็นต้น
2. มีการลงทุนในส่วนของค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการเครื่องปฏิกรณ์ที่สูงขึ้น
3. มีการสึกกร่อนของผนังเครื่องปฏิกรณ์
4. มีการแตกหักหรือการลดขนาดของอนุภาคของแข็งภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่สูงขึ้น

2.4.7 การประยุกต์ใช้งาน

1. กระบวนการทางกายภาพ

- การอบแห้งของอนุภาคของแข็ง
- การแยกขนาดของอนุภาคของแข็ง
- การเคลือบผิวของอนุภาคของแข็ง
- การผสมของอนุภาคของแข็ง
- การขนส่งของอนุภาคของแข็ง
- การปรับสภาพของอนุภาคของแข็งภายหลังจากการทำปฏิกิริยาเคมี เช่น การลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ

2. กระบวนการทางเคมี

- การเผาขยะของแข็ง (Incineration)
- การผลิตแก๊สจากเชื้อเพลิงแข็ง (Gasification)
- การดึงน้ำออกจากกรดบอริก (Dehydration)
- การเผาให้แตกตัวของอะลูมินา (Calcination)
- การเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของเมทานอล
- การผลิตซีเมนต์ (Cement Production)
- การทำความสะอาดแก๊สจากปล่องอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

2.5 การก่อกองของของไหล (Fluidization)

2.5.1 ความหมายของการก่อกองของของไหล

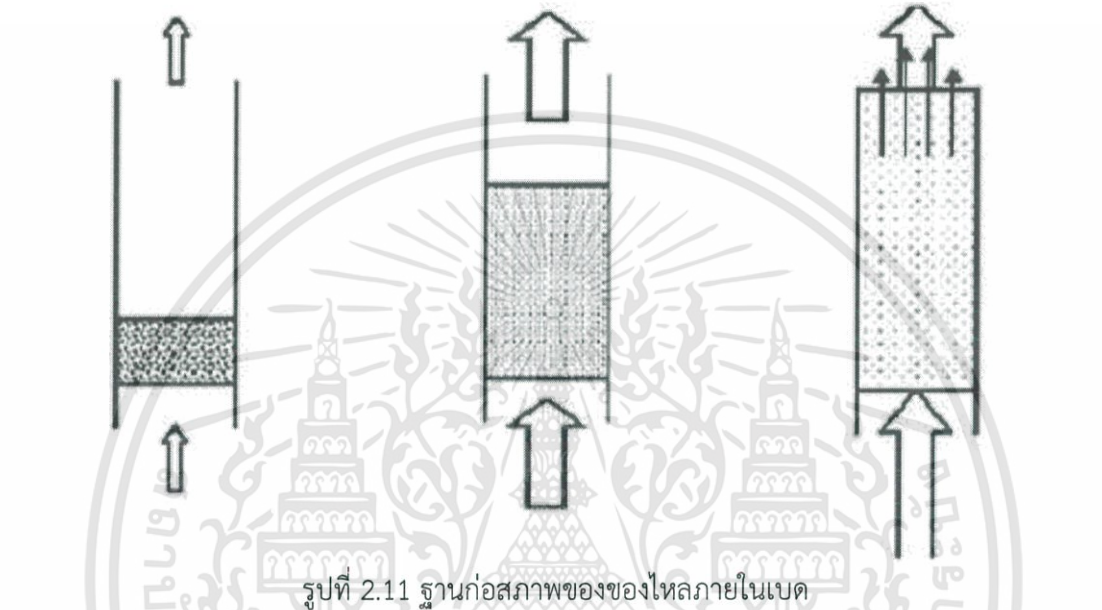
การก่อกองของไหล เป็นนิยามที่ใช้อธิบายกระบวนการหรือวิธีการ ที่มีของแข็งลักษณะเป็นเม็ดสัมผัสกับ ของไหล เม็ดเหล่านี้จะถูกรวบรวมบนตะแกรงในหอทดลองที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก แต่ในปัจจุบันมีการดัดแปลง ให้อยู่ในรูปร่างต่าง ๆ อยู่ในแนวนอนก็มี ของไหลที่ใช้ก็มีแก๊ส หรือ ของเหลว ปล่อยให้ผ่านมาทางด้านล่างของตะแกรง ที่รองรับเม็ดของแข็ง ของไหลก็จะไหลผ่านชั้นเม็ดของแข็ง แล้วไหลออกทางส่วนบนของหอทดลอง เมื่อเพิ่มความเร็ว ของไหลให้มากขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดจะเห็นเม็ดของแข็งขยับตัว และลอยตัวขึ้นเป็นอิสระไม่เกาะติดกัน ของแข็งที่อยู่ ในลักษณะนี้ จะมีสมบัติคล้ายของไหล กล่าวคือมีการไหลหมุนเวียนของเม็ดของแข็งภายใน เบด (Bed) หรือภายใน หอทดลอง หรือระหว่างเบดต่อบעדก็ได้ เราจะเรียกของแข็งในสถานะนี้ว่า การก่อกองของไหล

2.5.2 ความหมายของการก่อกองของไหลภายในเบด

เบด หมายถึง อาณาเขตในหอทดลองที่มีปริมาณเม็ดของแข็งบรรจุอยู่ ไม่ว่าเม็ดของแข็งนั้นจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนไหวด้วยของไหลในหอทดลอง จะมีระดับตั้งแต่แผ่นโลหะทำเป็นตะแกรงรองรับหรือเป็นตัวกระจายของไหล (Distributor) จนถึงระดับสูงสุดคือผิวหน้าของเม็ดของแข็งที่อยู่ในหอทดลอง เมื่อบรรจุเม็ดของแข็งในหอทดลองเรียบร้อยตามความต้องการแล้ว เริ่มปล่อยของไหลเข้าทางด้านล่างของหอทดลองอย่างช้า ๆ ขณะที่ของไหลความเร็วยังน้อยอยู่ เม็ดของแข็งจะไม่ขยับตัวเลย ลักษณะของเบดเช่นนี้เรียกว่า เบดนิ่ง (Fixed Bed) เมื่อค่อย ๆ เพิ่มความเร็ว ของของไหลให้มากขึ้นทีละน้อย จนถึงความเร็วระดับหนึ่ง เม็ดของแข็งจะเริ่มขยับตัวและจัดตัวอย่างเป็นระเบียบ เมื่อความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย เม็ดของแข็งจะหลุดออกจากกันลอยตัวเป็นอิสระ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า จุดเริ่มการก่อกองของไหล หลังจากจุดนี้ไปแล้ว ความเร็วของของไหลที่เพิ่มขึ้นจะไปทำให้เบดขยายตัวขึ้นตามความเร็วของของไหล เม็ดของแข็งยังอยู่ติดกันมาก ดูเหมือนว่าเม็ดของแข็งยังจับกันเป็นกลุ่มก้อนเบดลักษณะนี้ เรียกว่า “ฐานก่อกองของไหลแบบหนาแน่น” ถ้าความเร็วของของไหลมากขึ้นอีกของไหลก็จะเกือบพาเอาเม็ดของแข็งออกจากหอทดลอง (แต่ยังไม่ออก) เบดลักษณะนี้เรียกว่า “ฐานก่อกองของไหลแบบเจือจาง” หลังจากนั้น เพิ่มความเร็วของไหลอีกเล็กน้อย เม็ดของแข็งก็จะหลุดลอยออกจากหอทดลองไป ซึ่งในลักษณะนี้ เราใช้เป็น การขนส่งของแข็งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ ถ้าใช้อากาศก็เป็นการขนส่งด้วยอากาศ (Pneumatics Transport) เช่น การลำเลียงผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ ถ้าเป็นของเหลวก็เรียกว่า การขนส่งด้วยของเหลว (Hydraulics Transport) ตัวอย่างเช่น การขนส่งเม็ดแร่

ฐานก่อกองของไหลที่เป็นของเหลว การขยายตัวของเบดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ การลอยตัวและหมุนรอบตัวเองของเม็ดของแข็งเป็นไปอย่างช้า ๆ เราเรียกเบดนี้ว่า เบดสม่ำเสมอ หรือ เบดที่เป็นเนื้อเดียวกัน ฐานก่อกองของไหลที่ของไหลเป็นแก๊ส ลักษณะของเบดจะแตกต่างจากที่ใช้ของเหลวมาก เพราะว่าเมื่อความเร็วของแก๊สสูงกว่า ความเร็วที่จะทำให้เกิดฐานก่อกองของไหลแล้ว แก๊สส่วนหนึ่งยังทำหน้าที่ให้เกิดการลอยตัวของเม็ดของแข็งเหมือนเดิม แต่มีอีกส่วนหนึ่งรวมตัวกันแล้วก่อตัว

กันเป็นฟองแก๊สเกิดขึ้น ฟองแก๊สก็จะแทรกตัวเองขึ้นมาถึงบนผิวหน้าของเบด และแตกตัวเองในที่สุด ขณะที่ฟองแก๊สลอยขึ้นมา นี้ จะทำให้เม็ดของแข็งไหลจากส่วนหลังคาของฟองแก๊สลงมายังส่วนล่าง พร้อมกันนั้นยังมีบางส่วนของเม็ดของแข็งลอยติดตามฟองแก๊สขึ้นไปด้วย ภายในเบดจะเห็นว่าการเคลื่อนของเม็ดของแข็งเป็นไปอย่างซุลมุนวุ่นวาย เบดชนิดนี้เรียกว่า “ฐานก่อสร้างสภาพของไหลแบบวุ่นวาย” หรือ เบดวุ่นวาย



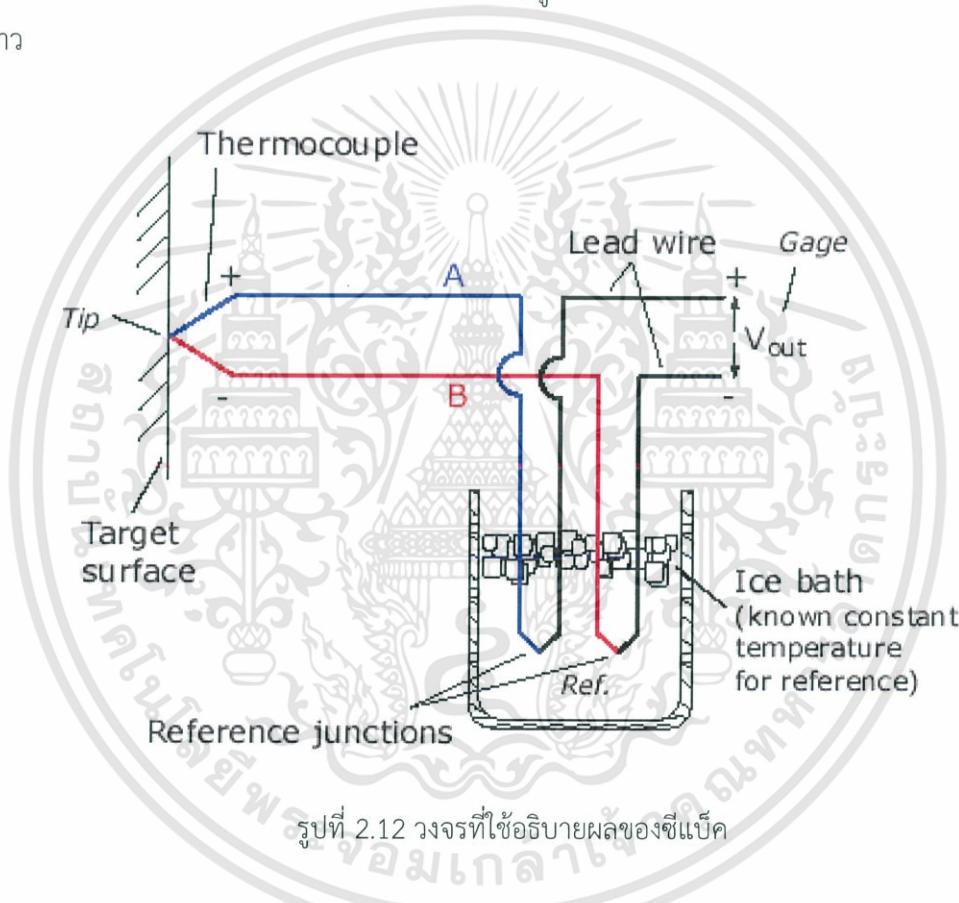
2.5.3 ประเภทของการก่อสร้างสภาพของไหล

1. การก่อสร้างสภาพของไหลสองสถานะ (Two – Phase Fluidization) หมายความว่า ในหอทดลอง หรือเบด ใช้งานประกอบด้วยของสองสถานะ คือ ของแข็งกับของไหล ของไหลในที่นี้อาจจะเป็นแก๊สหรือของเหลวก็ได้ ดังนั้นการก่อสร้างสภาพของไหลสองสถานะจึงแบ่งได้ 2 ประเภท
 - แก๊สการก่อสร้างสภาพของไหล
 - การก่อสร้างสภาพของไหลของเหลว
2. การก่อสร้างสภาพของไหลสามสถานะ (Three – Phase Fluidization) หมายความว่า ในหอทดลอง หรือเบด จะประกอบไปด้วยของสามสถานะอยู่พร้อมกัน คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สำหรับการก่อสร้างสภาพของไหลสามสถานะนี้ เป็นกระบวนการที่พัฒนามาจากการก่อสร้างสภาพของไหลสองสถานะ เช่น หอทดลองที่เป็นฟอง (Bubble Column) และหอทดลองที่บรรจุด้วยของแข็ง (Packed Bed)

2.6 ส่วนประกอบทั่วไปที่ติดตั้งในระบบถังปฏิกรณ์ในโครงการผลิตแอลแอลดีพีอี

2.6.1 ทรานส์มิเตอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter)

เทอร์โมคัปเปิล คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้เกิดการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomus Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ. 1821 ในรูปที่ 2.12 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว

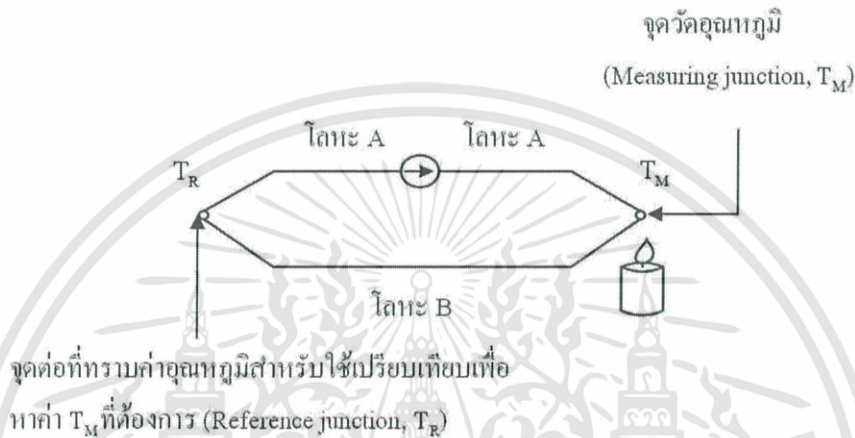


รูปที่ 2.12 วงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็ค

ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปรเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าโลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

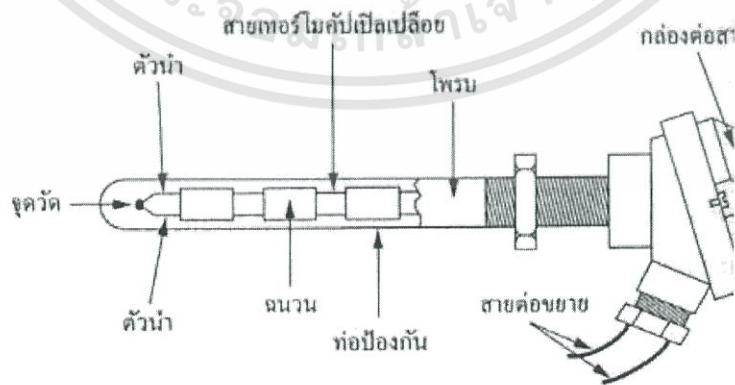
ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier Effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษ สำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือ แม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



รูปที่ 2.13 วงจรที่ใช้อธิบายผลของเพลเทียร์

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

1. ความไว (Sensitivity) จากตารางแรงเคลื่อนของ NBS แสดงว่าย่านของแรงเคลื่อนจากเทอร์โมคัปเปิลจะมีค่าน้อยกว่า 100 mV แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้งานจริง สภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง



รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

2. โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล มีลักษณะดังรูปที่ 2.14 โดยต้องมีลักษณะดังนี้ คือ มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากสแตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อป้องกันทั้งเยอร์มันเนียม และซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอโมอิเล็กทริกจึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (Peltier Element) มากกว่า ที่จะใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ ขนาดของสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดได้จากการใช้งานแต่ละอย่าง และมีขนาดจาก #10 ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่คงที่จนถึงขนาด # 30 หรือแม้กระทั่ง 0.02 mm ซึ่งเป็นสายแบบไมโครไวร์ (Microwire) ที่ใช้กับการวัดอุณหภูมิการกลั่นในงานทางชีววิทยา
3. ย่านการใช้งาน (Range) ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิล แต่ละตัวจะแตกต่างกันตามแต่ละสมาคมจะกำหนด ในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงเคลื่อนที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิ จะต้องอ้างอิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ
4. เวลาตอบสนอง (Time Response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล
5. การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

2.6.2 ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter)

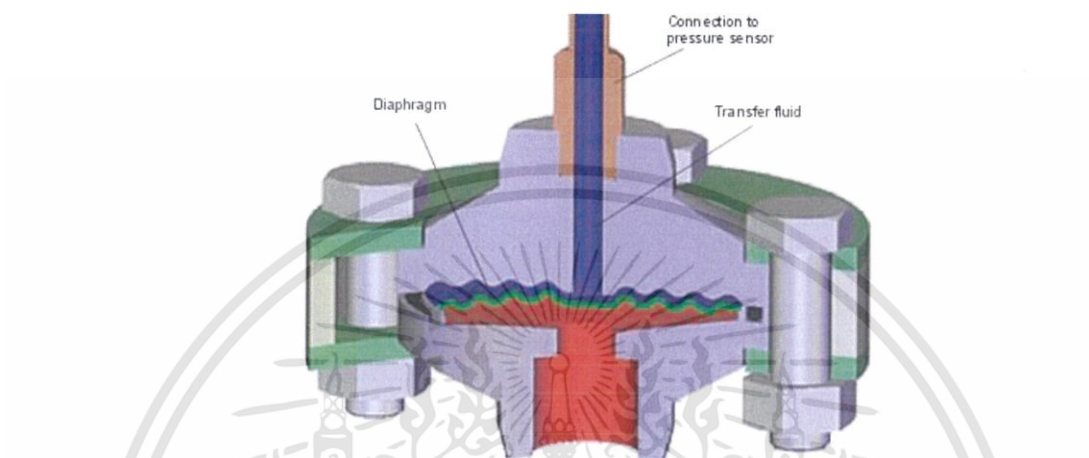
ทรานส์มิเตอร์วัดความดันที่ใช้ในระบบถังปฏิกรณ์ จะเลือกใช้แบบไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Seal) ใช้สำหรับแยกของไหลในระบบออกจากเครื่องมือวัดความดัน โดยของไหลในระบบส่งผ่านความดัน (Pressure) ให้กับแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm Plate) ทำให้เกิดการโก่งตัวและส่งผ่านพลังงานต่อให้ของเหลวที่บรรจุอยู่ในท่อแคพพิลลารีเหนือแผ่นไดอะแฟรมเพื่อส่งต่อความดันให้กับเครื่องมือวัด



รูปที่ 2.15 ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 23 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแบบไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Pressure Transmitter) เหมาะสำหรับการวัดความดัน (Pressure Measurement) ของไหลในระบบที่มีสารแขวนลอยปะปนโดยที่ของไหลไม่ต้องสัมผัสกับเครื่องมือวัด จึงไม่เกิดปัญหาการอุดตัน ของเหลวที่นิยมใช้เติมในท่อแคพิลลารีส่วนใหญ่ คือ น้ำมันซิลิโคนซึ่งมีเสถียรภาพดีในย่านอุณหภูมิสูงถึง 200°C



รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแบบไดอะแฟรมซีล

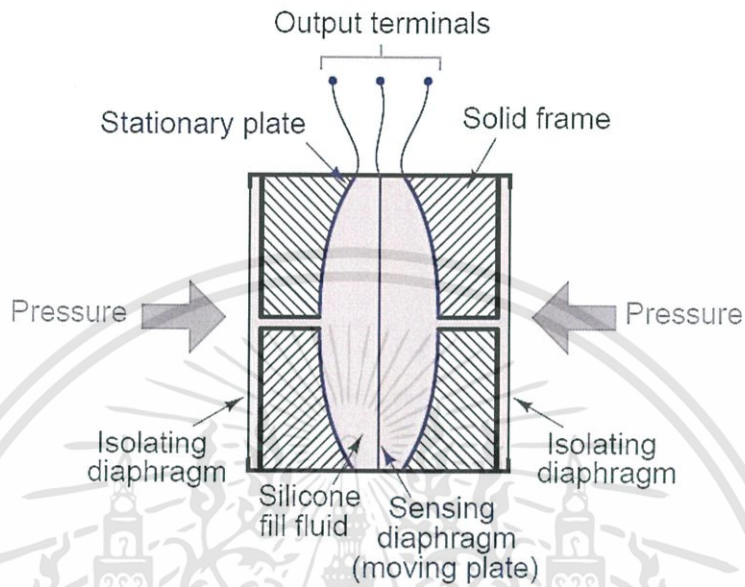
2.6.3 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter)

ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างชนิดค่าความจุไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง (Capacitive Type Differential Transmitter) ทำงานภายใต้หลักการของค่าความจุที่แตกต่างกัน การวัดความดันแตกต่างแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive) จะเกี่ยวข้องกับการจรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ ซึ่งเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm Plate)



รูปที่ 2.17 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter)

ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างชนิดค่าความจุเปลี่ยนแปลง ทำงานโดยอาศัยหลักการการเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าซึ่งเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm Plate)



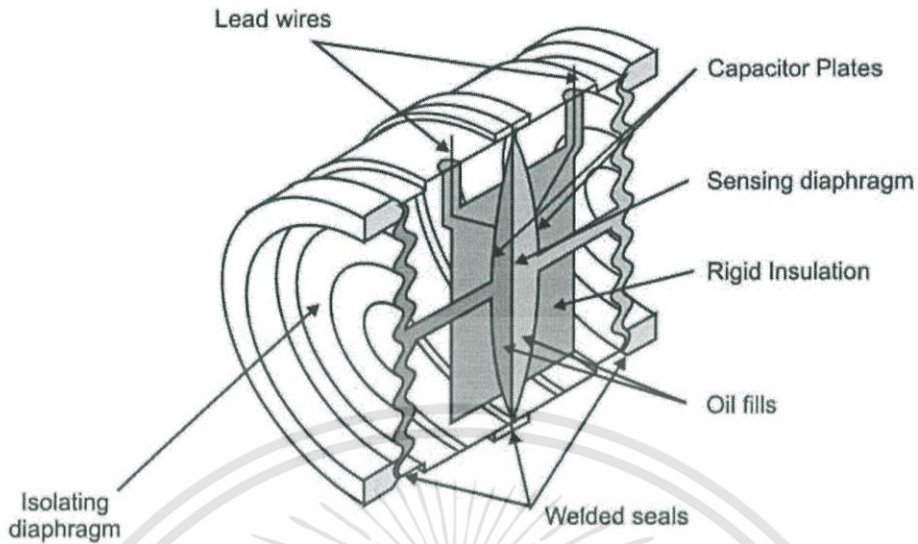
รูปที่ 2.18 โครงสร้างของเซนเซอร์วัดความดันแตกต่างชนิดค่าความจุเปลี่ยนแปลง

สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุ (C) กับตัวนำสามารถคำนวณได้ดังนี้ :

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (2.1)$$

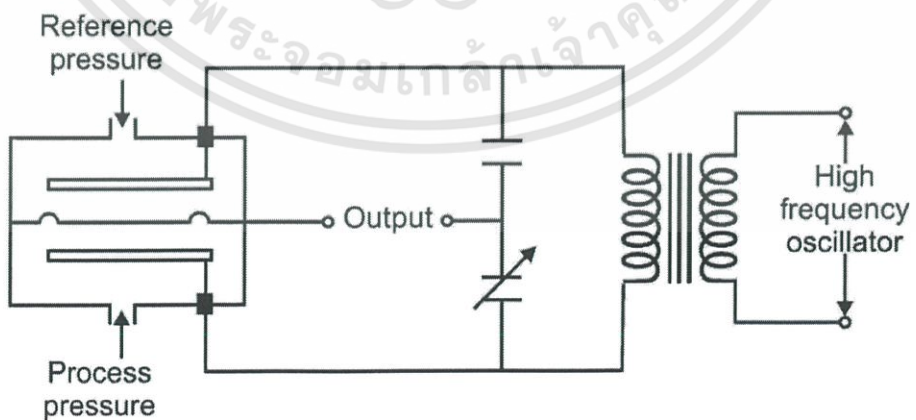
- เมื่อ
- C : ค่าความจุระหว่างตัวนำทั้งสอง
 - A : พื้นที่ของแผ่นตัวนำ
 - d : ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ
 - ϵ : ค่าคงที่ฉนวนไฟฟ้าของตัวกลางระหว่างตัวนำ

จากสมการจะเห็นได้ว่าค่าคงที่ฉนวนไฟฟ้าของตัวกลางระหว่างตัวนำเป็นค่าคงที่ ดังนั้นค่าความจุระหว่างตัวนำทั้งสองจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ ซึ่งการเคลื่อนที่ของแผ่นตัวนำจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความดัน จึงสรุปได้ว่าเมื่อความดันเปลี่ยนแปลงทำให้ค่าความจุระหว่างตัวนำทั้งสองเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย



รูปที่ 2.19 โครงสร้างภายในของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง ชนิดค่าความจุเปลี่ยนแปลง

จากรูปที่ 2.19 โดยทั่วไปห้องเก็บประจุจะถูกแยกออกจากกระบวนการ (Chamber) เมื่อความดันใช้งานที่ด้านหนึ่งเพิ่มขึ้น แผ่นไดอะแฟรมจะเกิดการเคลื่อนที่และถูกตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของเหลว นอกจากนี้วงจรตรวจจับความจุที่เชื่อมต่อกับตัวนำ ใช้สัญญาณไฟกระแสสลับ (AC) ในการกระตุ้นเพื่อวัดความแตกต่างของความจุของตัวนำทั้งสอง แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และแปลงค่าสัญญาณออกมาเป็นค่าความดันแตกต่าง วงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจจับความจุอย่างง่าย แสดงดังรูปที่ 2.20

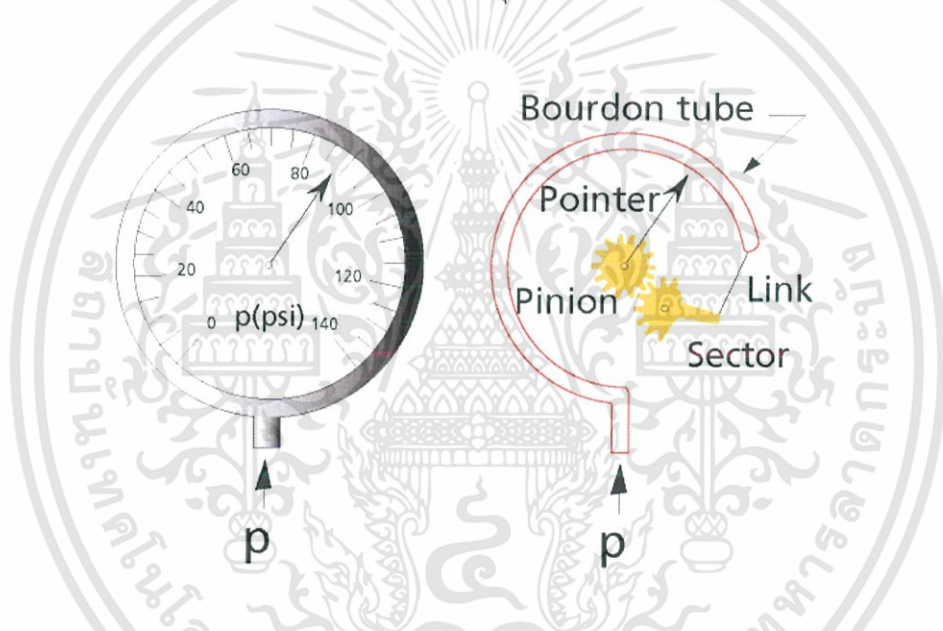


รูปที่ 2.20 วงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจจับความจุอย่างง่าย

2.6.4 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)

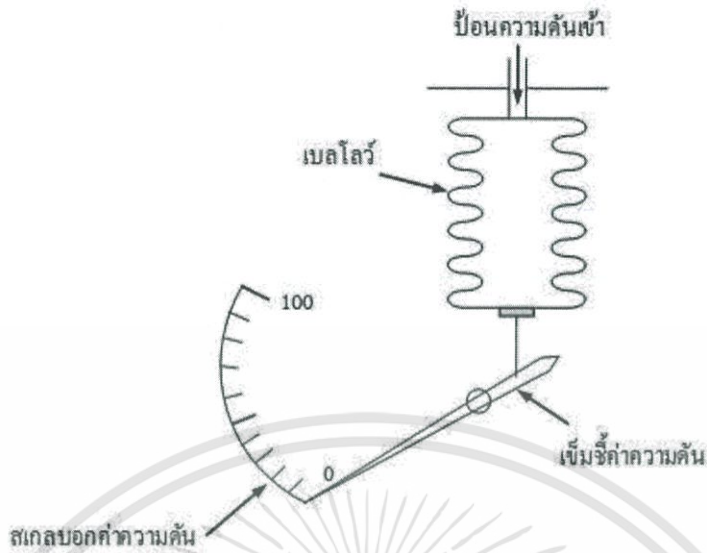
เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) สามารถวัดความดันได้ทั้งความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และสุญญากาศ โดยจะแสดงผลเป็นแบบอนาล็อกหรือแบบเข็ม ข้อดีคือ มีราคาถูก ติดตั้งง่าย แต่ข้อเสียคือ อ่านค่าได้อย่างเดียว ไม่ละเอียด และไม่สามารถประยุกต์ใช้งานอย่างอื่นได้ เกจวัดความดันจะอาศัยหลักการยืดตัว/โค้งตัวของวัสดุที่มีสมบัติยืดหยุ่นหรือเรียกว่า “เครื่องมือวัดความดันแบบอิลาสติก” ทำงานโดยอาศัยการแปลงความดันที่อุปกรณ์ได้รับให้อยู่ในรูปการเคลื่อนที่ ประเภทของเกจวัดความดัน มีดังนี้

1. เกจวัดความดันแบบบูร์ดอง (Bourdon Gauge) โดยเกจวัดความดันแบบบูร์ดองจะมีลักษณะเป็นชดทวงแดงกลวง มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงรี ซึ่งเมื่อมีความดันเข้าไปภายในท่อชดทวงจะพยายามยืดตัวออกเป็นวงกลม จึงทำให้ตั้งแกนที่ต่อกับเข็มชี้หมุนเลื่อนขึ้นแสดงความดันที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.21 เกจวัดความดันแบบบูร์ดอง

2. เกจวัดความดันแบบเบลโลว์ (Bellows) โครงสร้างของเบลโลว์มีลักษณะคล้ายลูกฟูก ภายในกลวงสามารถยืดหยุ่นตัวได้ ปลายด้านหนึ่งปิดยึดติดกับเข็มชี้วัดระยะ ปลายอีกด้านหนึ่งเปิดเพื่อเป็นช่องทางเข้าของความดัน (Pressure) ที่ต้องการวัด ภายในเบลโลว์อาจติดตั้งสปริงหรือตัวหยุดการเคลื่อนที่ เพื่อป้องกันความเสียหายจากการรับค่าความดันเกินพิกัด เมื่อเบลโลว์ได้รับความดันจากภายนอกทำให้ความดันภายในสูงขึ้น ส่งผลให้เบลโลว์เกิดการยืดตัวออกในทิศทางเดียว กับทิศทางของความดันที่เข้าไปในเบลโลว์



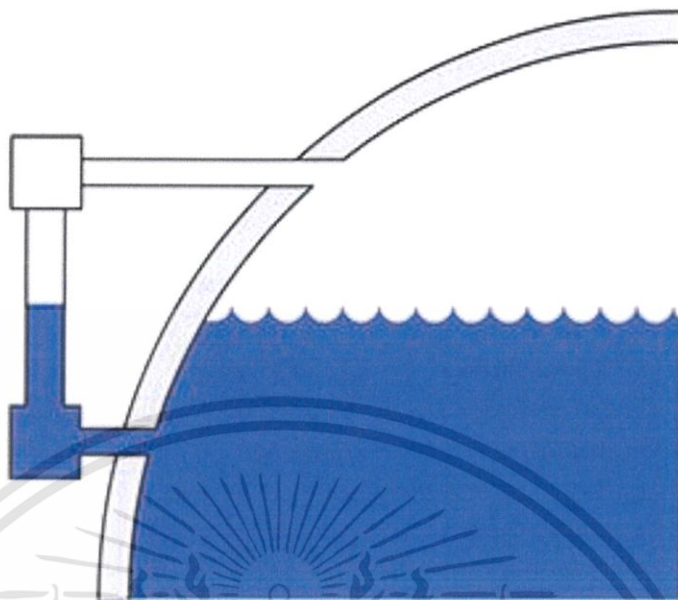
รูปที่ 2.22 เกจวัดความคั่นแบบเบลโลว์

2.6.5 การวัดระดับโดยใช้กระจมองระดับ (Sight Glass)

กระจมองระดับเป็นอีกวิธีหนึ่งของการวัดระดับของของเหลว เป็นการสังเกตระดับของๆเหลว ในภาชนะโดยตรงและต่อเนื่อง ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการทางอุตสาหกรรม กระจมองระดับสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบท่อแก้ว (Tubular Glass) และแบบกระจกแผ่นเรียบ (Flat Glass)

1. แบบท่อแก้ว (Tubular Glass)

กระจมองระดับแบบท่อแก้วประกอบด้วยท่อแก้วที่มีสเกลบอกระดับ ถูกต่อไว้ในภาชนะที่ด้านล่าง ซึ่งระดับของของเหลวในภาชนะเป็นสิ่งที่ต้องการวัด รูปที่ 2.23 แสดงกระจมองระดับแบบท่อแก้วที่ง่ายที่สุดสำหรับภาชนะปิด ซึ่งระดับของของเหลวในท่อแก้วจะตรงกับระดับของของเหลวในภาชนะ เมื่อระดับของของเหลวในภาชนะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ระดับของของเหลวในท่อแก้วจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วย ดังนั้นระดับของของเหลวในภาชนะจะถูกวัดโดยการวัดระดับในท่อแก้ว อย่างไรก็ตามของเหลวในท่อแก้วไม่จำเป็นต้องเป็นชนิดเดียวกับของเหลวในภาชนะ



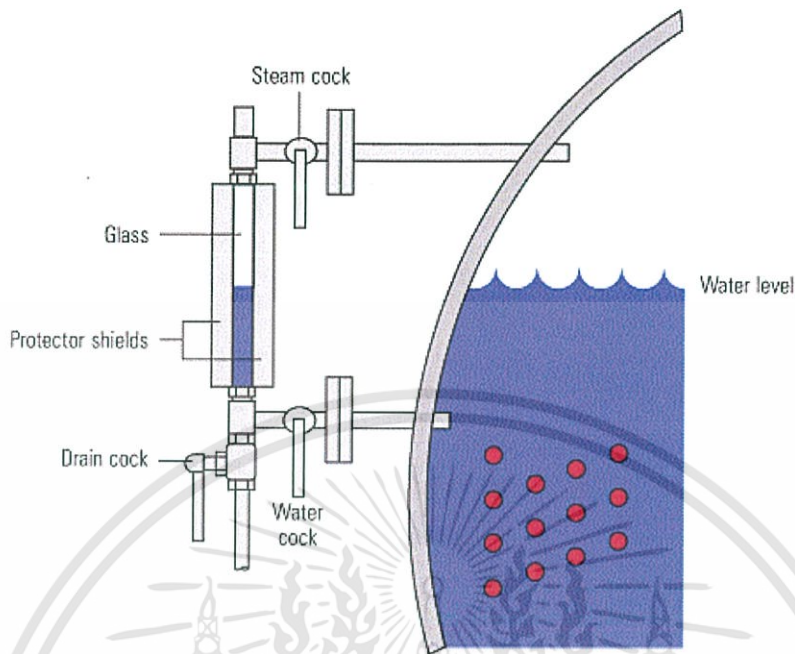
รูปที่ 2.23 การวัดระดับแบบท่อแก้ว

2. แบบกระจกแผ่นเรียบ (Flat Glass)

กระจกมองระดับแบบกระจกแผ่นเรียบถูกใช้อย่างกว้างขวางมากที่สุดอีกชนิดหนึ่ง ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถวัดระดับของของเหลวที่มีความดันและอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบท่อแก้ว โดยทั่วไปสามารถใช้กับความดันได้สูงถึง 10000 psig และทนต่ออุณหภูมิได้สูงถึง 1000°F ทั้งนี้เป็นเพราะว่าตัวมาตรวัดทำด้วยเหล็กหล่อและเพลทพลาสติก หรือกระจกหนาสำหรับสังเกตระดับของของเหลว แสดงดังรูปที่ 2.24 กระจกมองระดับแบบกระจกแผ่นเรียบสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบแผ่นแก้วสะท้อน และแบบแผ่นแก้วใส

2.1 แบบแผ่นแก้วสะท้อน

ลักษณะทั่วไปของมาตรวัดชนิดนี้ ด้านหน้าจะเป็นกระจกแผ่นเรียบ ด้านในถูกเซาะร่องเป็นมุมรูปฟันเลื่อย โดยมุมของฟันเลื่อยถูกทำไว้พอดีที่จะทำให้แสงในส่วนที่อยู่ในระดับของของเหลวถูกกลืนไปหมด จึงทำให้ดูมืดในส่วนที่เป็นของเหลว แต่ส่วนที่เป็นอากาศแสงจะสะท้อนกลับออกมาทำให้ดูโปร่งแสงหรือสว่างกว่าส่วนที่เป็นของเหลว แผ่นกระจกหรือแผ่นแก้วมักจะทำด้วยสารโบโรซิลิเกต (Borosilicate) ซึ่งมีอัตราการขยายตัวต่ำเมื่อได้รับความร้อน ทนต่อความร้อนและแรงที่กระทำได้ดี มาตรวัดชนิดนี้เหมาะสำหรับของเหลวที่สะอาด ไม่มีสี ความหนืดต่ำ เพราะถ้าของเหลวมีความหนืดสูง ของเหลวจะเกาะหรือเคลือบบนแผ่นแก้วทำให้อ่านค่าระดับได้ยาก หรือถ้าของเหลวมีการเดือดจะทำให้มีไอน้ำมาเกาะที่แผ่นแก้วการอ่านระดับก็จะผิดพลาดได้เช่นกัน



รูปที่ 2.24 การวัดระดับแบบกระจกแผ่นเรียบ

2.2 แบบแผ่นแก้วใส

โครงสร้างทั่วไปคล้ายกับแบบแผ่นแก้วสะท้อนแสง แตกต่างกันแค่เพียงด้านในถูกทำให้เรียบ ดังนั้นจึงเหมาะกับของเหลวที่มีสีหรือของเหลวที่มีความหนืดสูง เช่น น้ำมัน เป็นต้น แท้จริงแล้วการนำมาตรวจวัดชนิดนี้ไปใช้งานและข้อกำหนดทางคุณลักษณะของของเหลวจำเป็นต้องสอบถามจาก บริษัทผู้ผลิตมาตรวัด ซึ่งบางครั้งอาจต้องขอคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตสำหรับการนำมาตรวจวัดไปใช้งานในกรณีพิเศษ เช่น นำไปใช้งานกับของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำ ทำให้ต้องมีชุดป้องกันน้ำแข็งปกคลุมส่วนที่โปร่งแสง ใช้กับของเหลวที่มีสภาพเป็นกรด มีการกัดกร่อนต้องการโลหะชนิดพิเศษบุไว้ภายใน หรือใช้กับของเหลวที่มีความหนืด ต้องการอุปกรณ์ทำความร้อนเพื่อให้ของเหลวไหลได้สะดวกขึ้น

ข้อดีของกระจกมองระดับ คือ 1) สามารถอ่านค่าระดับได้โดยตรง 2) สามารถใช้กับความดันสูงได้ถึง 10000 psig และทนอุณหภูมิได้สูงถึง 1000°F ส่วนข้อเสีย คือ 1) ต้องอ่านระดับที่ที่ภาชนะตั้งอยู่ ทำให้ไม่สะดวก 2) กระจกมองระดับถูกตั้งไว้ภายนอกภาชนะของของเหลวในท่อแก้วอาจเกิดการแข็งตัวขณะที่อากาศเย็นแม้ว่าของเหลวในภาชนะจะไม่แข็งตัวก็ตาม ทำให้การอ่านระดับมีความผิดพลาด 3) ของเหลวที่มีความหนืดหรือของเหลวที่มีวัสดุอื่นปะปน มักมีการตกตะกอนทำให้ท่อของเหลวอุดตัน ดังนั้นของเหลวดังกล่าวจึงไม่เหมาะที่จะถูกวัดโดยกระจกมองระดับ 4) การวางมาตรวัดเหลื่อมซ้อนกันเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับภาชนะที่สูงมากๆ 5) ความเที่ยงตรงในการอ่านระดับขึ้นอยู่กับความสะอาดของหลอดแก้วและของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 30 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การสื่อสารระบบ DCS

ระบบ DCS (Distributed Control System) คือ ระบบควบคุม (Control) และเฝ้าดู (Monitor) ที่ใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับระบบควบคุมทั้งหมดและใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงกลั่นน้ำมัน แท่นขุดเจาะน้ำมันและแก๊ส อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีคอลทั้งหลาย ทั้งนี้ ระบบ DCS ยังมีให้เลือกใช้หลายยี่ห้อด้วยกัน เช่น Honeywell, Yokogawa, Siemens, Emerson, ABB เป็นต้น และระบบ DCS นั้นยังมีความเสถียรและแม่นยำค่อนข้างสูงมาก จึงเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงสูง เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นต้น ดังนั้นระบบ DCS จึงราคาค่อนข้างสูง ส่วนประกอบหลักของระบบ DCS มีอยู่ทั้งหมด 4 ส่วน ดังนี้

1. DCS Servers
2. DCS Stations
3. Networks / LAN (Fault Tolerant Stations)
4. Controllers

2.8 พื้นที่อันตราย (Hazardous Area)

2.8.1 ความหมายของพื้นที่อันตราย

หมายถึง บริเวณที่มีโอกาสจะเกิดอุบัติเหตุของการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ง่าย โดยสภาพที่จะเกิดเหตุดังกล่าวจะต้องครบองค์ประกอบรวม 3 อย่างในระดับที่เหมาะสม ได้แก่

1. มีสารไวไฟในปริมาณมากพอที่จะจุดติดไฟได้ (Flammable Material in Ignitable Quantities) ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือละอองฝุ่นขนาด 0.1 - 0.001 มิลลิเมตร
2. มีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการเผาไหม้ (ในอากาศปกติ จะมีออกซิเจนประมาณ 21%)
3. มีแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่มากพอกับส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศซึ่งการจุดติดไฟนี้ สามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เปลวไฟ, การสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า, มีความร้อนสูงสะสม และ การถ่ายเทประจุจากไฟฟ้าสถิต เป็นต้น

2.8.2 การจำแนกพื้นที่อันตราย

มีวิธีการจำแนก 2 วิธีที่แตกต่างกัน คือ

- การจำแนกเป็นประเภท (Class) และแบบ (Division) เป็นไปตามมาตรฐานของ NEC
- การจำแนกเป็นโซน (Zone) เป็นไปตามมาตรฐานของ IEC (IEC 60079)

แต่เมื่อนำการจำแนกพื้นที่อันตรายมาใช้งาน จะต้องไม่นำวิธีการในการจำแนกบริเวณอันตรายที่แตกต่างกันมาใช้ผสมกันในการจำแนกบริเวณอันตรายบริเวณเดียวกันอย่างเด็ดขาด เพราะนั่นเป็นการใช้มาตรฐานที่สับสนและจะขาดความเข้าใจอย่างแท้จริง

2.8.3 การจำแนกเป็นประเภท (Class) และแบบ (Division); ตามมาตรฐาน NEC

มาตรฐานของ The National Electrical Code Committee (NEC) และ The National Fire Protection Association (NFPA) Publication 70 กำหนดพื้นที่อันตรายออกได้ดังนี้

1. บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 (Class 1) คือ บริเวณที่ซึ่งมีก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Vapors and Gases) ผสมอยู่ในอากาศปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดการจุดระเบิดได้

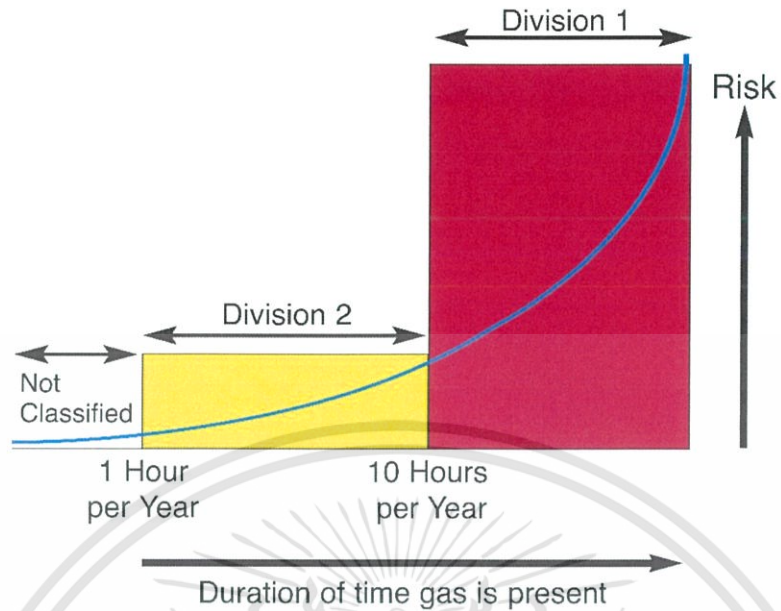
- บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 (Class 1, Division 1) คือ บริเวณที่มีการใช้ก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ ซึ่งสามารถรั่วไหลจากกระบวนการทำงานตามปกติ การซ่อมบำรุง รวมทั้งการรั่วไหลจากเหตุหรืออุปกรณ์ หรือเครื่องจักรทำงานผิดปกติ และยังสามารถทำให้เกิดประกายไฟหรือความร้อนที่ทำให้สารไวไฟรั่วไหลจุดติดไฟได้

- บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2 (Class 1, Division 2) คือ บริเวณที่มีการใช้ก๊าซ หรือของเหลวไวไฟในระบบปิดซึ่งไม่มีการรั่วไหลนอกจากเกิดความเสียหายของภาชนะบรรจุ หรือการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องมืออุปกรณ์ และยังรวมถึงบริเวณที่อยู่ใกล้กับพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ซึ่งก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟอาจถ่ายเทถึงกันได้ นอกจากนี้พื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ซึ่งเมื่อได้ติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อช่วยลดปริมาณสารไวไฟที่ผสมในอากาศอย่างเหมาะสม แต่อาจเกิดสภาพอันตรายได้เมื่อระบบระบายอากาศขัดข้อง ก็จัดเป็นพื้นที่อันตราย แบบที่ 2 ด้วย

2. บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 (Class 2) คือ บริเวณที่ซึ่งมีฝุ่นที่เผาไหม้ได้ (Combustible Dust) ในปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดการจุดระเบิด

- บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1 (Class 2, Division 1) คือ บริเวณที่มีฝุ่นเผาไหม้ได้ อยู่ในอากาศในปริมาณมากพอให้เกิดส่วนผสมที่จุดระเบิดได้ในกระบวนการทำงานปกติ และบริเวณที่มีฝุ่นที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีในปริมาณที่อาจทำให้เกิดอันตรายจากการระเบิด รวมทั้งกรณีที่มีฝุ่นที่เผาไหม้ได้เกิดการรั่วไหลจากเหตุที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรทำงานผิดปกติ และอาจทำให้เกิดประกายไฟหรือความร้อนซึ่งทำให้ฝุ่นที่รั่วไหลออกมาเกิดการจุดระเบิดได้

- บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 2 (Class 2, Division 2) คือ บริเวณที่มีฝุ่นที่เผาไหม้ได้ อยู่ในอากาศในปริมาณไม่มากพอทำให้เกิดส่วนผสมที่จุดระเบิดได้ในกระบวนการทำงานปกติ รวมถึงบริเวณที่มีฝุ่นซึ่งอาจสะสมอยู่บนอุปกรณ์ไฟฟ้า และอาจขัดขวางการระบายความร้อนของอุปกรณ์นั้น แต่ประกายไฟจากการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือจากการลัดวงจรไฟฟ้าอาจทำให้ฝุ่นเหล่านี้เกิดการจุดระเบิดได้



รูปที่ 2.25 การจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC เป็น Class และ Division ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี

3. บริเวณอันตรายประเภทที่ 3 (Class 1) คือ บริเวณที่มีเส้นใยที่จุดติดไฟได้ง่าย (Easily Ignitable Fibers or Flyings) มีปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดอันตรายจากการจุดระเบิดได้
 - บริเวณอันตรายประเภทที่ 3 แบบที่ 1 (Class 3, Division 1) คือ บริเวณที่มีการผลิต การใช้ หรือการขนถ่ายเส้นใยที่จุดติดไฟได้ง่ายในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการจุดระเบิดได้
 - บริเวณอันตรายประเภทที่ 3 แบบที่ 2 (Class 3, Division 2) คือ บริเวณที่มีการจัดเก็บหรือขนถ่ายเส้นใยที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ง่ายในปริมาณมาก

2.8.4 การจำแนกเป็นโซน (Zone); ตามมาตรฐาน IEC

การแบ่งพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน The International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 60079-10 และ CEC Section 18 ซึ่งครอบคลุมสารไวไฟที่เป็นก๊าซ, ไอระเหยและหมอกฝุ่น (Gases, Vapors and Mists) แต่ไม่รวมฝุ่นไวไฟ (Combustible or Electrically Conductive Dusts) โดยให้ความตระหนักถึงโอกาสความเป็นไปได้ที่จะมีการสะสมของสารไวไฟขึ้นได้ แบ่งโอกาสความเป็นไปได้ของการเกิดสภาพบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Explosive Atmosphere) ออกเป็นโซน 0, โซน 1 และ โซน 2

1. โซน 0 (Zone 0) คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ผสมอยู่ในบรรยากาศจนเกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน เช่น ถังเก็บน้ำมันใต้ดิน แสดงดังรูปที่ 2.26

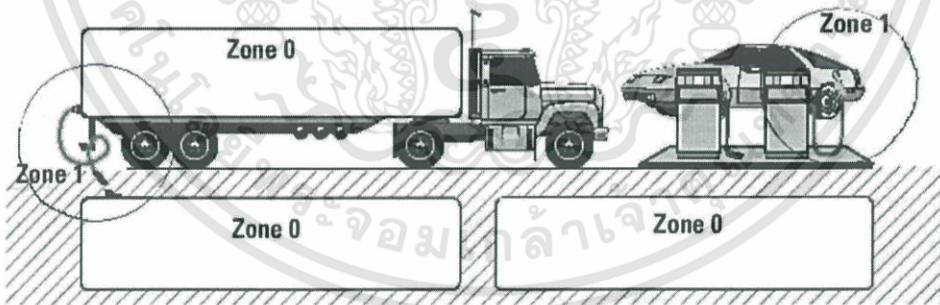
พื้นที่ใน Zone 0 จะมีโอกาสสูงที่ความเข้มข้นของไอระเหยของสารไวไฟเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติมากกว่า 1,000 ชั่วโมงต่อปี อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่ Zone 0 มักจะเป็นเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น เครื่องมือวัดระดับของเหลว และ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นต้น อุปกรณ์เครื่องวัดดังกล่าวจะต้องเป็นประเภท Intrinsically Safe เท่านั้นเพราะอุปกรณ์ประเภทนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าในระดับต่ำมากทำให้เมื่อมีการเกิดลัดวงจรในอุปกรณ์เครื่องมือวัดเหล่านี้ พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่มากพอให้แก๊สหรือไอระเหยไวไฟเกิดการจุดติดไฟได้

2. โซน 1 (Zone 1) คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากการรั่วไหลของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ หรือเมื่อทำการซ่อมแซมเครื่องมืออุปกรณ์ในบริเวณดังกล่าว เช่น

- บริเวณที่มีการเติมน้ำมันเข้าถังน้ำมันรถยนต์ แสดงดังรูปที่ 2.26 ซึ่งรถยนต์จะเข้ามาและวิ่งออกไปหลังจากเติมเสร็จ

- บริเวณรอบช่องเปิดของถังบรรจุ
- บริเวณรอบ Safety Valve และบริเวณใกล้กับ Seal ของ Pump หรือ Compressor
- จุดถ่ายเทสารไวไฟ
- บริเวณที่มีการถ่ายบรรจุแก๊ส
- บริเวณที่มีการใช้สารตัวทำละลาย (Solvent)

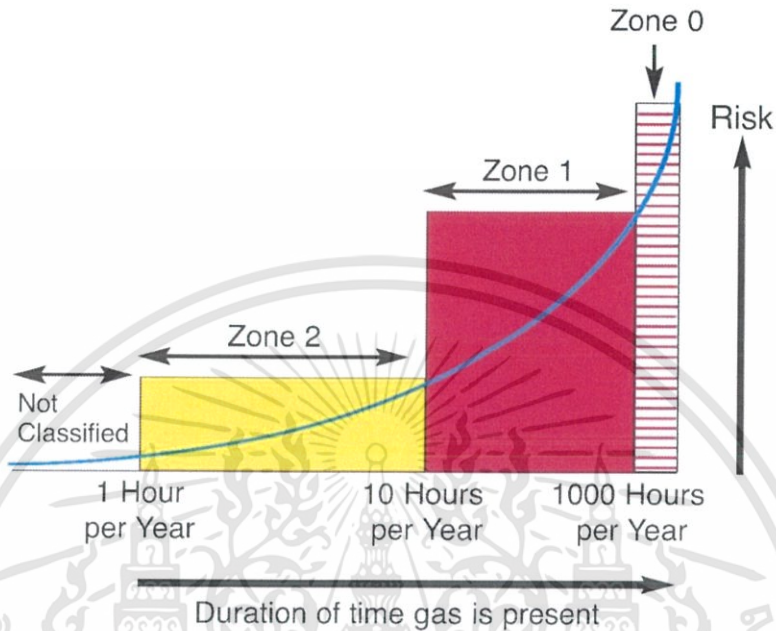
พื้นที่ใน Zone 1 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารไวไฟเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติ ระหว่าง 10 ถึง 1,000 ชั่วโมงต่อปี



รูปที่ 2.26 แนวความคิดการแบ่งโซน ตาม IEC

3. โซน 2 (Zone 2) คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากการรั่วไหลของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศจนเกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟแทบไม่เกิดขึ้นในการทำงานปกติ หรือโอกาสเกิดขึ้นได้นานๆ ครั้ง เช่น เมื่อเกิดอุบัติเหตุในกระบวนการทำงานหรือการทำงานผิดปกติ หรือจะเกิดขึ้นเฉพาะภายในระยะเวลาสั้นๆ ไม่ปล่อยให้เกิดการรั่วไหลเป็นเวลานาน

พื้นที่ใน Zone 2 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารไวไฟเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติน้อยกว่า 10 ชั่วโมงต่อปี



รูปที่ 2.27 การจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IEC เป็น ZONE ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี

Grade of Release	Zone	Flammable Mixture Present
Continuous	0	1000 hours per year or more (10%)
Primary	1	Between 10 and 1000 hours per year or more (0.1% to 10%)
Secondary	2	Less than 10 hours per year (0.01% to 0.1%)
Unclassified	-	Less than 1 hour per year (Less than 0.01%) ^①

This is a combination of Tables 2 and 3 from API RP505

① The 1-hour per year used in API RP505 is considered to be high by some industry experts. Conservative estimates of this figure should be 0.01 hours per year.

รูปที่ 2.28 เกณฑ์พิจารณาหลักๆของการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IEC เป็น ZONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 35 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparing IEC, NEC, and CEC Zone Standards with NEC/CEC Class/Division Standards

Table I. Class I Area Classification Comparison

Zone 0	Zone 1	Zone 2
Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids are present continuously or for long periods of time under normal operating conditions.	Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids. <ul style="list-style-type: none"> Are likely to exist under normal operating conditions May exist frequently because of repair, maintenance operations, or leakage 	Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids: <ul style="list-style-type: none"> Are not likely to exist under normal operating conditions Occur for only a short period of time Become hazardous only in case of an accident or some unusual operating condition
Division 1	Division 2	
Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids. <ul style="list-style-type: none"> Are likely to exist under normal operating conditions Exist frequently because of maintenance/repair work or frequent equipment failure 	Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids: <ul style="list-style-type: none"> Are not likely to exist under normal operating conditions Are normally in closed containers where the hazard can only escape through accidental rupture or breakdown of such containers or in case of abnormal operation of equipment 	

Note: Per NEC Article 505-10(b)(1), a Division classified product may be installed in a Zone classified location but the reverse is not true. Typically, Zone classified product provides protection utilizing a protection method not available in the Class/Division scheme.

รูปที่ 2.29 เปรียบเทียบการจัดประเภทพื้นที่อันตรายระหว่าง IEC (Zone) กับ NEC (Division)

Frequency of Occurrence	Division System	Zone System
Continuous	Class I, Division 1	Zone 0
Intermittent Periodically		Zone 1
Abnormal Condition	Class I, Division 2	Zone 2

รูปที่ 2.30 เปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC กับ IEC ในเกณฑ์ของโอกาสการเกิดหรือปรากฏของสารไวไฟ

2.8.5 การจำแนกเป็นโซน (Zone); 2 ตามมาตรฐาน IEC

การแบ่งบริเวณอันตรายตามมาตรฐาน IEC สำหรับฝุ่นไวไฟ (Combustible or Electrically Conductive Dusts) แบ่งจำแนกบริเวณเทียบเคียงกับ Zone 0, 1 และ 2 สำหรับก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) แต่เพิ่มเลข 2 เข้าข้างหน้าเป็น

1. Zone 20
2. Zone 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 36 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Zone 22

Hazardous Materials	Class/Division System	Zone System ①
Gasses or Vapors ①	Class I, Division 1 Class I, Division 2	Zone 0 Zone 1 Zone 2
Combustible Dusts ②	Class II, Division 1 Class II, Division 2	Zone 20 Zone 21 Zone 22
Fibers or Flyings	Class III, Division 1 Class III, Division 2	No Equivalent

① The United States and Canada have adopted Zones for Gasses and Vapors

② Zones for Dust are not yet developed for North America

รูปที่ 2.31 เปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC กับ IEC

2.8.6 ปัจจัยสำคัญในการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping); ตามมาตรฐาน IEC

แก๊สและไอระเหยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เราจึงไม่สามารถออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ป้องกันการระเบิดสำหรับแก๊สแต่ละชนิดได้ครอบคลุมทุกชนิด ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุดในการปฏิบัติก็คือการแบ่งกลุ่มแก๊สไวไฟตามลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ ตาม IEC 60079-12 คือ

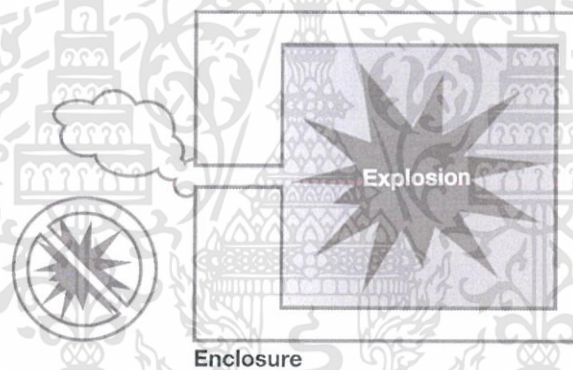
1. Minimum Ignition Current (MIC) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดสปาร์กหรือประกายไฟจนเกิดการลุกติดไฟของแก๊สหรือไอระเหยจากการทดสอบในห้องทดลอง ถ้าแก๊สชนิดหนึ่งมีค่า MIC น้อย แสดงว่าแก๊สนั้นสามารถติดไฟได้ง่ายด้วยค่ากระแสไฟฟ้าน้อย

ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่า MIC ของแก๊สหรือไอระเหยเพื่อติดตั้งในบริเวณที่มีของแก๊สหรือไอระเหยชนิดดังกล่าวเจือปนในบรรยากาศจะช่วยป้องกันการเกิดประกายไฟที่มีความร้อนสูงจนเกิดการจุดระเบิดขึ้นได้แม้จะเกิดความบกพร่องในวงจรไฟฟ้าก็ตาม ซึ่งค่านี้ จะมีความสำคัญเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบระบบ Intrinsic Safety ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) โดยมีหลักการเพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าจากการเป็นต้นเหตุของการระเบิดในสภาพแวดล้อมที่อันตรายที่มีการปะปนผสมกันของแก๊สหรือไอระเหย และมีโอกาสระเบิดได้ง่าย เช่น การเกิดประกายไฟหรือเกิดความร้อนสูงจากการทำงานจนเป็นเหตุจุดระเบิดส่วนผสมของแก๊สหรือไอระเหยเหล่านั้น อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นระบบ Intrinsic Safety จึงต้องได้รับการออกแบบและติดตั้งด้วยวิธีการที่ไม่ให้พลังงานสูงมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดการจุดประกายไฟหรือความร้อนที่จะเป็นสาเหตุให้ส่วนผสมของแก๊ส หรือไอระเหยเกิดการระเบิดในพื้นที่อันตรายได้แม้ในกรณีที่เกิดการผิดพลาดก็ตาม ด้วยเหตุนี้อุปกรณ์ที่เป็นระบบ Intrinsic Safety จะทำงานที่แรงดันไฟฟ้าต่ำและใช้พลังงานต่ำกว่า 1 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 37 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Maximum Experimental Safe Gap (MESG) คือ ค่าความกว้างของช่องเปิดมากที่สุดที่จะสามารถป้องกันการแพร่ขยายของเปลวไฟที่เกิดจากการจุดระเบิดของแก๊สหรือไอระเหยชนิดหนึ่งผ่านช่องเปิดนั้นไปสู่ภายนอกที่มีแก๊สหรือไอระเหยชนิดเดียวกันเจือปนอยู่ ดังนั้นถ้าแก๊สหรือไอระเหยชนิดใดมีค่า MESG มากในการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันการระเบิด (Explosion Proof) หรือ อุปกรณ์ป้องกันไฟ (Flame Proof) ต้องเลือกอุปกรณ์ดังกล่าวที่มีค่า MESG น้อยกว่าค่า MESG ของแก๊สหรือไอระเหยนั้น เนื่องจากยิ่งช่องเปิดแคบลงเท่าไรก็จะมีโอกาสน้อยลงที่เปลวไฟจากการระเบิดภายในเครื่องห่อหุ้มจะแทรกออกสู่ภายนอก แต่ในขณะเดียวกันถ้าหากแก๊สหรือไอระเหยใดมีค่า MESG น้อยนั้นแสดงว่าเป็นแก๊สที่มีอันตรายสูงมาก เพราะเมื่อมีการจุดติดไฟแล้วเปลวไฟสามารถลุกลามผ่านช่องเปิดแคบๆ ออกสู่ภายนอกได้ดีกว่า

แก๊ส Acetylene และ Hydrogen เป็นแก๊สที่มีอันตรายสูงมาก เพราะเมื่อมีการจุดติดไฟแล้วเปลวไฟสามารถลุกลามผ่านช่องเปิดแคบๆ ออกสู่ภายนอกได้ดีกว่า (ระยะ MESG แคบ) และจุดติดไฟได้ง่ายกว่าโดยใช้กระแสไฟฟ้าในการจุดติดไฟเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ค่า MIC ต่ำ)



รูปที่ 2.32 ห้องที่มีช่องทางออกยาวคงที่ 25 มม. แต่สามารถปรับระยะความกว้างของช่องได้ เมื่อจุดระเบิดก๊าซภายในห้องแล้วเปลวไฟที่เล็ดรอดจากช่องว่างดังกล่าวต้องไม่ไปจุดติดไฟที่สภาวะแวดล้อมภายนอกซึ่งมีการก๊าซดังกล่าวเจือปนอยู่

2.8.7 การจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping); Class I ตามมาตรฐาน IEC

การจัดกลุ่มก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (flammable gases or vapors) ได้ดังนี้

1. Group IIA คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG มากกว่า 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.8
2. Group IIB คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG มากกว่า 0.50 มม. แต่ไม่เกิน 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน 0.8
3. Group IIC คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG ไม่เกิน 0.50 มม. หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 38 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Group	Flammable Material (Gases and Vapors)	Maximum Experimental Safe Gap (MESG) ❶	Minimum Igniting Current Ratio (MIC) ❶
IIA	<ul style="list-style-type: none"> • Propane • Acetone • Benzene • Butane • Methane • Petrol • Hexane • Paint Solvents 	> 0.9 mm	> 0.8
IIB	<ul style="list-style-type: none"> • Ethylene • Propylene Oxide • Ethylene Oxide • Butadiene • Cyclopropane • Ethyl Ether 	0.5...0.9 mm	0.45...0.8
IIC	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrogen • Acetylene • Carbon Disulphide 	< 0.5 mm	< 0.45

❶ IEC 60079-12 provides an overview of classification by MESG and MIC procedures.

รูปที่ 2.33 การจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) ตามมาตรฐาน IEC

Explosion Group	Ignition Energy	Test Gas	Range
I	< 200 μJ^1)	Methane in air	Firedamp protection
II A	< 160 μJ^1)	Propane in air	Explosion protection
II B	< 60 μJ^1)	Ethylene in air	
II C	< 20 μJ^1)	Hydrogen in air	

¹⁾ Doubling the energy values is permissible if the charging voltage is < 200 V.

Tab. 3-4: List of Explosion Groups According to EN Standards

รูปที่ 2.34 พลังงานที่ใช้จุดติดไฟในแต่ละแต่ละกลุ่มแก๊สตามมาตรฐาน IEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.8 การจัดแบ่งกลุ่มฝุ่น (Dust Grouping); Class II ตามมาตรฐาน IEC

การจัดกลุ่มฝุ่นไวไฟ (Combustible or Electrically Conductive Dusts) ได้ดังนี้

1. Group IIE คือบรรยากาศประกอบด้วยฝุ่นโลหะ (Metal Dusts) ที่ลุกไหม้ได้ เช่น อลูมิเนียม (Aluminum) แทนทาลัม
2. Group IIF คือประกอบด้วยฝุ่นสารอินทรีย์ที่ลุกไหม้ เช่น ถ่านดำ (Carbon black) ถ่านไม้ ถ่านหิน (Coal) เป็นต้น
3. Group IIG คือ ประกอบด้วยฝุ่นที่ลุกไหม้ ชนิดอื่นๆ เช่น ฝุ่นสารสังเคราะห์ พลาสติก เรซิน เป็นต้น

Groups	Type of Material	Examples
E	Electrically Conductive Dusts	Powdered Metals such as Aluminum or Magnesium
F	Carbonaceous Dusts	Carbon Black, Coal Dust or Coke Dust
G	Agricultural Dusts	Grain, Flour, Sugars, Spices and certain Polymers

(The IEC has developed Zones for atmospheres containing combustible dusts, which again separates areas in to three Zones 20, 21 and 22.)

รูปที่ 2.35 การจัดแบ่งกลุ่มฝุ่น (Dust Grouping), Class II ตามมาตรฐาน IEC

2.8.9 การจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping); ตามมาตรฐาน NEC

การจัดกลุ่มก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ซึ่งไม่รวมฝุ่นไวไฟ ต่างจาก IEC โดยจัดกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. Group A คือ แก๊ส Acetylene
2. Group B คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG Ratio ไม่เกิน 0.45 หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.4
3. Group C คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน 0.75 หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.4 แต่ไม่เกิน 0.8
4. Group D คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG Ratio มากกว่า 0.75 หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.8

Table J. Class 1 Group Comparison

Zone	Class/Division
IIC — Acetylene and Hydrogen	A — Acetylene B — Hydrogen
IIB — Ethylene	C — Ethylene
IIA — Propane	D — Propane

รูปที่ 2.36 เปรียบเทียบการจำแนกการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping), Class I ตามมาตรฐาน IEC กับมาตรฐาน NEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.10 วิธีการจัดแบ่งกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Apparatus Grouping)

เนื่องจากลักษณะของการระเบิดในสภาพแวดล้อมที่อันตราย ที่มีการปะปนผสมกันของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) หรือฝุ่นผงไวไฟในอากาศแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารแต่ละชนิด ดังนั้นการจัดกลุ่มสารดังกล่าวจึงอยู่บนพื้นฐานของคุณสมบัติ Ignition Temperature และ Explosion Pressure จากนั้นจึงสามารถออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ป้องกันการระเบิดสำหรับสารไวไฟแต่ละชนิดได้ครอบคลุมทุกชนิด ด้วยเหตุนี้เราจึงแบ่งประเภทของกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าออกเป็น 2 กลุ่มตาม EN50014 (IEC) คือ

1. Group I คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ใต้ดิน (for Mines Susceptible to Firedamp)
2. Group II คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในสภาพแวดล้อมที่อันตรายที่มีการปะปนผสมกันของก๊าซหรือฝุ่นผงไวไฟในอากาศและมีโอกาสระเบิดได้ง่าย หรือนอกเหนือจาก Group I

2.8.11 จุดติดไฟหรือจุดระเบิด (Ignition Temperature หรือ Fire Point) และ ชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) ตามมาตรฐาน IEC

จุดติดไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่ต้องการ ณ สภาวะความดันบรรยากาศปกติ เมื่อใช้แหล่งความร้อน เปลวไฟ ประกายไฟในการจุดติดไฟก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) หรือฝุ่นผงไวไฟในอากาศเฉพาะตอนเริ่มกระบวนการเผาไหม้ ต่อจากนั้นเชื้อเพลิงหรือสารดังกล่าวสามารถลุกไหม้ได้เองอย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องใช้แหล่งความร้อนจากภายนอกอีกต่อไป โดยปกติจุดติดไฟจะมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดวาบไฟเล็กน้อย

IEC 60079-4, NEC, CENELEC และหน่วยงานต่างๆได้พยายามแบ่งหรือหาจุดติดไฟหรือจุดระเบิดของแก๊ส (Gas) และไอระเหย (Vapor) ให้มีค่าใกล้เคียงในทางปฏิบัติที่สุดเพื่อนำไปสู่การแบ่งชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) ซึ่งนำไปสู่การกำหนดอุณหภูมิพื้นผิวของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการระเบิดของแก๊ส (Gas) และไอระเหย (Vapor) ซึ่งในปัจจุบันได้ใช้วิธีการตาม DIN 51794 เพื่อหาจุดติดไฟของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ส่วนวิธีการที่ใช้หาจุดติดไฟของฝุ่น (Combustible Dusts) นั้นยังไม่แน่ใจว่ามีวิธีการมาตรฐานใด ต้องหาอ่านกันไปเรื่อยๆ

การแบ่งชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) จึงเป็นการกำหนดอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดของชิ้นส่วนองค์ประกอบของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใต้การทำงานปกติหรือทำงานผิดปกติ ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดนี้ต้องมีค่าสูงไม่เกินจุดติดไฟหรือจุดระเบิด (Ignition Temperature) ของสารไวไฟ การกำหนด Temperature Class ภายใต้สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิแวดล้อม 40 °C (ดังในรูปที่ 2.37) หากเงื่อนไขสภาวะอ้างอิงต่างจากนี้ต้องมีการระบุ

Maximum Surface Temperature of Electrical Equipment		Temperature Class
450°C	842°F	T1
300°C	572°F	T2
200°C	392°F	T3
135°C	275°F	T4
100°C	212°F	T5
85°C	185°F	T6

รูปที่ 2.37 การจัดชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) ตามมาตรฐาน IEC

Temperature Class	Highest Permissible Surface Temperature of the Equipment in °C	Ignition Temperatures of Combustible Materials in °C
T1	450	> 450 ...
T2	300	> 300 ≤ 450
T3	200	> 200 ≤ 300
T4	135	> 135 ≤ 200
T5	100	> 100 ≤ 135
T6	85	> 85 ≤ 100

Tab. 3-6: Temperature Classes

รูปที่ 2.38 การพิจารณาจุดติดไฟของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟเทียบกับอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดของชิ้นส่วนองค์ประกอบของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามแบ่งชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) มาตรฐาน IEC

Explosion Group	Ignition Temperature					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	Methane					
II A	Acetic acid Ethane Ethyl acetate Ammonia Benzene (pure) Acetic acid Methanol Propane Toluene	Ethyl alcohol i-amyl acetate n-butane n-butyl alcohol	Benzene Diesel fuel Aircraft fuel Heating oils n-hexane	Acetyl aldehyde Ethyl ether		
II B	Carbon monoxide	Ethylene	Hydrogen sulfide	Ethyl ether Butyl ether		
II C	Hydrogen	Acetylene				Carbon disulfide

Tab. 3-5: Classification of Materials By Explosion Groups

รูปที่ 2.39 ตัวอย่างของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟเมื่อแบ่งตามการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) กับการแบ่งชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) มาตรฐาน IEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ย่ำสับสนหรือนำเอาการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) มาสัมพันธ์กับการจัดชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) ตามมาตรฐาน IEC เพราะตัวอย่างเช่น ก๊าซ Hydrogen ต้องการพลังเล็กน้อยในการจุดติดไฟแต่ต้องการอุณหภูมิพื้นผิวของอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับการจุดติดไฟสูงถึง 560°C แต่อย่างไรก็ตามในการเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดของชิ้นส่วนองค์ประกอบของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใต้การแบ่งชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) ก็ต้องเลือกให้สอดคล้องกับการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) แสดงดังรูปที่ 2.37

มาตรฐาน NEC (US NEC500) และมาตรฐานของประเทศแคนาดา CEC Annex J ได้มีการแบ่งชั้นอุณหภูมิ (Temperature Class) ด้วยเช่นกันและแบ่งย่อยละเอียดกว่ามาตรฐาน IEC ซึ่งพอสามารถเทียบเคียงได้ แสดงดังรูปที่ 2.38

Table L. Class 1 Temperature Class Comparison

Zone 0, 1, and 2	Division 1 and 2	Maximum Temperature
T1	T1	450°C (842°F)
T2	T2	300°C (572°F)
	T2A	280°C (536°F)
	T2B	260°C (500°F)
	T2C	230°C (446°F)
	T2D	215°C (419°F)
T3	T3	200°C (392°F)
	T3A	180°C (356°F)
	T3B	165°C (329°F)
	T3C	160°C (320°F)
T4	T4	135°C (275°F)
	T4A	120°C (248°F)
T5	T5	100°C (212°F)
T6	T6	85°C (185°F)

รูปที่ 2.40 ตารางเปรียบเทียบการแบ่งชั้นอุณหภูมิตามมาตรฐาน IEC กับมาตรฐาน NEC (US NEC500) & CA CEC Annex J

การสังเกตเครื่องหมายของหน่วยงานรับรองอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อใช้ในพื้นที่อันตรายพอจะแบ่งออกได้เป็น 2 ค่าย ค่ายแรกจะเป็นเครื่องหมายที่ออกโดยหน่วยงาน FM (Factory Mutual) and UL (Underwriters Laboratories) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และ CSA (Canadian Standard Association) โดยหน่วยงานในประเทศแคนาดา ซึ่งหน่วยงานดังกล่าวไม่เพียงแต่กำหนดมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานในพื้นที่อันตราย แต่ยังรวมถึงทำการทดสอบและออกไปรับรองผลการทดสอบพร้อมกันไปด้วย ส่วนใหญ่จะเห็นอยู่ในรูปเครื่องหมายแสดงดังรูปที่ 2.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table K. Class 1 Protection Method Comparison

Zone 0	Zone 1	Zone 2
<ul style="list-style-type: none"> Intrinsically safe (2 fault) Intrinsically safe, "ia" (2 fault) Class I, Division 1 (U.S. only) 	<ul style="list-style-type: none"> Encapsulation, "m" Flame-proof, "d" Increased safety, "e" Intrinsically safe, "ib" (1 fault) Oil Immersion, "o" Powder-filled, "q" Purged/Pressurized, "p" Any Class I, Zone 0 method Any Class I, Division I method (U.S. only) 	<ul style="list-style-type: none"> Energy limited, "nC" Hermetically sealed, "nC" Nonincendive, "nC" Non-sparking, "nA" Restricted breathing, "nR" Sealed device, "nC" Any Class I, Zone 0 or 1 method Any Class I, Division 1 or 2 method (U.S. only)
	Division 1	Division 2
	<ul style="list-style-type: none"> Explosion-proof Intrinsically safe (2 fault) Purged/Pressurized (Type X or Y) 	<ul style="list-style-type: none"> Hermetically sealed Nonincendive Non-sparking Oil immersion Sealed device Purged/Pressurized (Type Z) Any Class I, Zone 1 or 2 method (U.S. only) Any Class I, Division 1 method

รูปที่ 2.41 เปรียบเทียบการวิธีการป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Protection Method) ที่ใช้ในพื้นที่อันตรายซึ่งแบ่งตามมาตรฐาน IEC (ZONE) กับมาตรฐาน NEC (Division)



รูปที่ 2.42 เครื่องหมายของหน่วยงานรับรองอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในพื้นี่อันตราย ได้แก่ FM, UL และ CSA

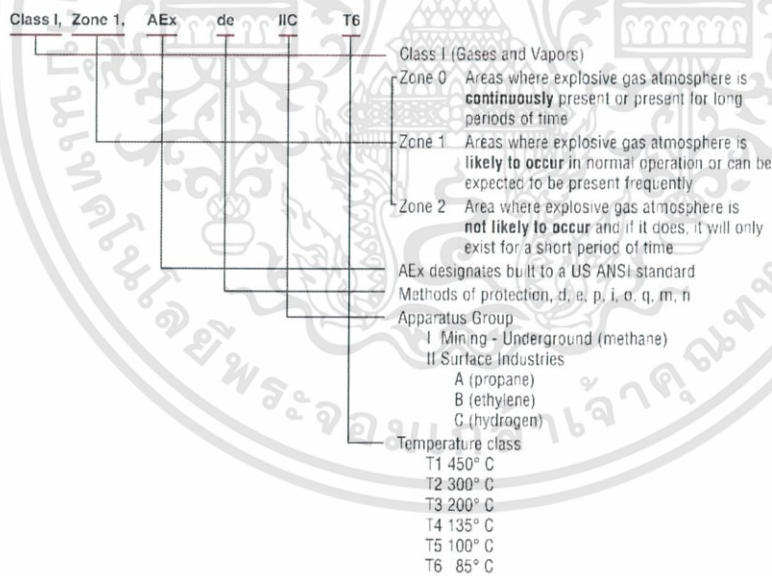
สำหรับค่าที่ 2 จะเป็นเครื่องหมายที่ออกโดยหน่วยงานที่ได้รับการรับรองขีดความสามารถในการทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตรายว่ามีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่ระบุไว้ตามมาตรฐาน ATEX (Appareils destinés à être utilisés en ATmosphères EXplosives) และ IEC (International

Electrotechnical Commission) เช่น PTB, EXAM (ดูรูปที่ 1) ทั้งนี้ ATEX และ IEC ไม่ได้ทำการทดสอบและรายงานผลการทดสอบแต่อย่างใด เรียกว่าแบ่งหน้าที่เพื่อสามารถตรวจสอบและถ่วงดุลกัน



รูปที่ 2.43 เครื่องหมายของมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในพื้นที่ยอันตราย ตามมาตรฐาน ATEX และ IEC

Typical North American Marking to NEC 505




รูปที่ 2.44 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

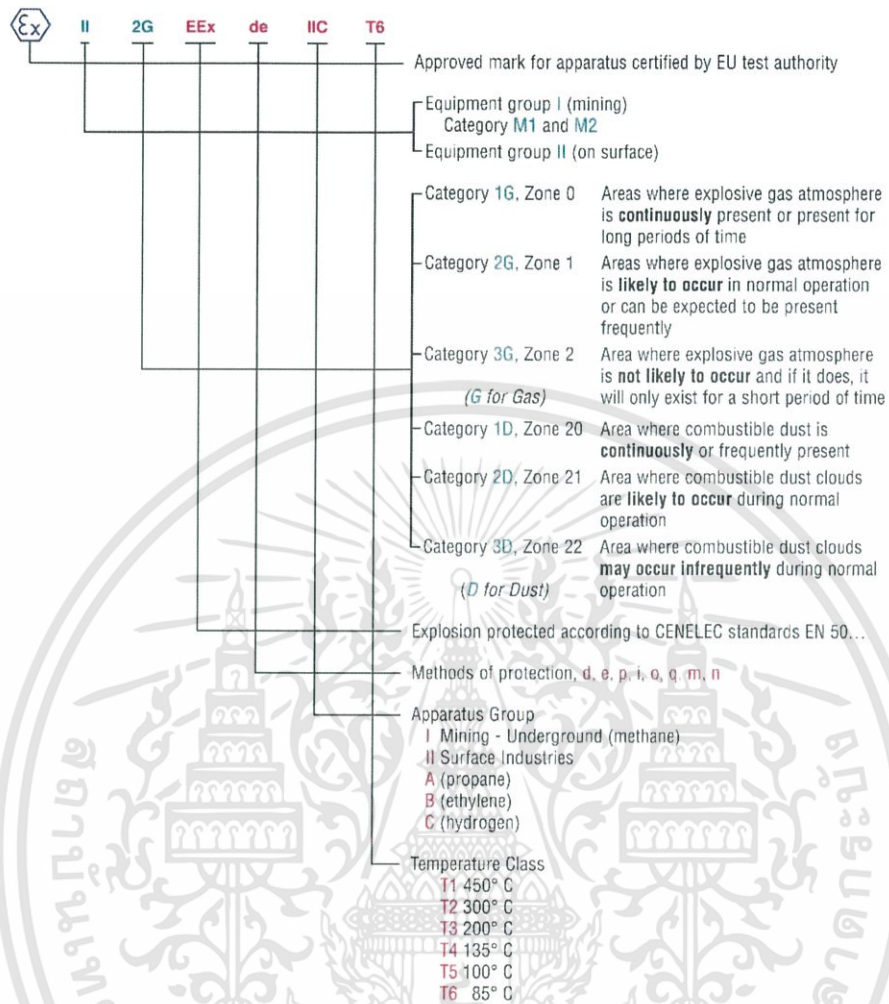
i.e., CE 0032  II2G EEx d IIC T6, PTB 01 ATEX 1040, Allen-Bradley, Milwaukee, WI

Table H.

Symbol	Description
CE	CE marking
0032	Notified body identifier/TUV Nord
 II2G	Epsilon-x is a designation for electrical certified by an EC testing station followed by: <ul style="list-style-type: none"> • Equipment group (I = underground mines, II = surface) • Zone (1 = Zone 0, 2 = Zone 1, 3 = Zone 2) • Category (G = gas, D = dust)
EEx d IIC T6	Symbol for electrical apparatus built to: <ul style="list-style-type: none"> • EEx = European standard • AEx = American standards • Ex = IEC and Canada standards Followed by: <ul style="list-style-type: none"> • Protection method • Gas group • Temperature class
PTB 01 ATEX 1040	Test house, certificate number, year of publication, reference to EC directive, continuous number
Allen-Bradley	Manufacturer name
Milwaukee, WI	Manufacturer address

รูปที่ 2.45 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (ต่อ)

Typical European ATEX/CENELEC Marking



รูปที่ 2.46 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparison Table of Explosion-proof Standard

	TIIS-1979(Japan)	IEC & CENELEC (Europe)	USA & Canada
Based Standard	VDE 0170/0171 NFPA 1978 IEC 79-0 - 12	IEC 79-0 - 14 EN 50020/50039	NFPA 70-1987 ANSI/UL 913-1988 FM 3610 CSA C22-1986
Hazardous Locations and Applicable Type of Explosion-proof	Class 0: I only Class 1: I, d and f Class 2: I, d, f, e and o	Zone 0: ia only Zone 1: ia, ib, d and f Zone 2: ia, ib, d, f, e and o	Class I, Div.1: equivalent as Class 0 & 1, Zone 0 & 1 Class I, Div.2: equivalent as Class 2, Zone 2 Class II: Dust
Type of Explosion-proof	Flameproof : d Pressurized : f Increased safety : e Intrinsic safety : I Oil-immersed : o Special : s	Flameproof : d Pressurized : p Increased safety : e Intrinsic safety : ia/ib Oil-immersed : o Encapsulation : m Special : s	Not categorized by Types
Gas and Dust Classification	1 : Propane 2 : Ethylene 3a: Hydrogen 3b: Carbon disulphide 3c: Acetylene 3n: All vapors in class 3	II A: Propane II B: Ethylene II C: Hydrogen II C: Acetylene	Class I Group D: Propane Class I Group C: Ethylene Class I Group B: Hydrogen Class I Group A: Acetylene
Temperature Classification (Ignition temperature of Applicable gas or vapor)	Dust under Consideration G1: over 450 C G2: over 300 to 450 C G3: over 200 to 300 C G4: over 135 to 200 C G5: over 100 to 135 C G6: over 85 to 100 C	Dust under Consideration T1: over 450 C T2: over 300 C T3: over 200 C T4: over 135 C T5: over 100 C T6: over 85 C	Class II Group G: Flour, Grain Class II Group F: Carbon dust Class II Group E: Metal Dust T1: over 450 C T2: over 300 C T3: over 200 C T4: over 135 C T5: over 100 C T6: over 85 C
Code Example	d2G4 i3aG5	Ex d II BT4 Ex ia II CT5	Class I, Div.2, Group C D, T4 Class I, Div.1, Goup B C D, T5

(NOTE: TIIS means Technology Institute of Industrial Safety, Ministry of Labor, Japan)

eg, d2G4

- Shall be used at Class 1 and 2 locations Equivalent as Zone 1 and 2, Class I Div. 2, and Div.1 with special conditions
- Can be used for both 1: propane and 2: Ethylene Equivalent as T4 (=T6, T5 and T4)
- Process temperature is less than G4 (=G6, G5 and G4) Equivalent as T4 (=T6, T5 and T4)

รูปที่ 2.47 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานด้านพื้นที่อันตราย

2.9 การป้องกันระเบิดอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้า

วิธีการป้องกัน (Protective Methods) จะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อหลักๆ คือ

1. วิธีการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดบรรยากาศพร้อมลุกไหม้ (Explosive Atmosphere) ซึ่งเราเรียกว่าเป็นการป้องกันขั้นแรก (Primary Explosion Protection) แนวทางในการป้องกันก็มีอยู่หลายทาง เช่น

- ทำการระบายอากาศ
- จำกัดความเข้มข้นของสารไหม้ค่าน้อยที่สุด
- หลีกเลี่ยงสารที่ติดไฟได้
- ใช้อุปกรณ์ที่มีโครงสร้างที่แข็งแรง เพื่อหลีกเลี่ยงการรั่วไหล

2. วิธีการป้องกันเพื่อไม่ให้จุดติดไฟของบรรยากาศที่พร้อมจะลุกไหม้ ซึ่งเราเรียกว่าเป็นการป้องกันชั้นสอง (Secondary Explosion Protection) ซึ่งจะถูกนำมาใช้เมื่อการป้องกันวิธีแรกไม่เพียงพอ ซึ่งก็จะมีวิธีการป้องกันการจุดติดไฟอยู่หลายวิธีการ ดังนี้

2.9.1 การป้องกันโดยการปิดล้อม (Explosion Proof Enclosure: Ex “d”)

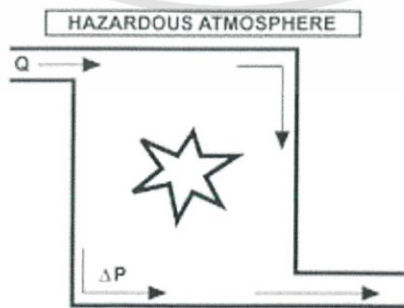
การป้องกันวิธีนี้อุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในเครื่องห่อหุ้ม ของผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศสามารถที่จะเข้าไปสัมผัสกับอุปกรณ์ภายในได้ ดังนั้นการระเบิดภายในเครื่องห่อหุ้มจึงมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ แต่มันจะถูกจำกัดการระเบิดนี้ให้อยู่แต่ภายในเครื่องห่อหุ้มเท่านั้นจึงทำให้ไม่สามารถที่จะแพร่กระจายออกมาทำความเสียหายภายนอกได้



รูปที่ 2.48 การป้องกันโดยการปิดล้อม

2.9.2 การป้องกันโดยการพ่นความดัน (Pressurization : Ex “p”)

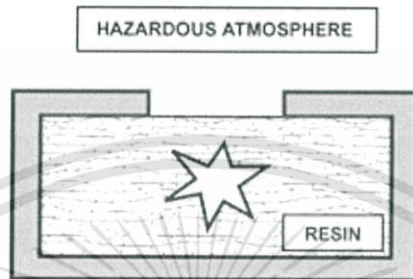
การป้องกันโดยวิธีนี้จะไม่ยอมให้ของผสมระหว่างเชื้อเพลิง และอากาศเข้าไปในเครื่องห่อหุ้มได้ อุปกรณ์ที่อยู่ภายในสามารถที่จะเกิดประกายไฟได้ หรือมีอุณหภูมิสูงได้ การป้องกันก็คือจะทำป้อนอากาศหรือก๊าซเฉื่อยเข้าไปในเครื่องห่อหุ้มนั้นตลอดเวลา โดยแรงดันที่ป้อนเข้าไปนั้นจะต้องมากกว่าแรงดันภายนอกเครื่องห่อหุ้ม ซึ่งจะทำให้บรรยากาศที่อันตรายไม่สามารถที่จะเข้าสู่ภายในได้



รูปที่ 2.49 การป้องกันโดยการพ่นความดัน

2.9.3 การป้องกันโดยมีลักษณะหุ้มห่อในถุงหุ้ม (Encapsulation: Ex “m”)

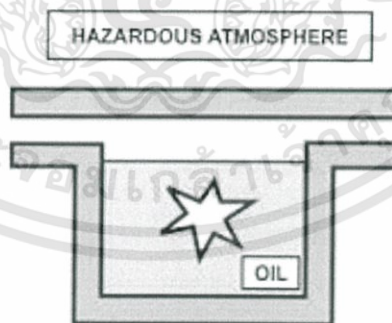
อุปกรณ์ที่มีประกายไฟหรือมีความร้อนที่สามารถจุดติดบรรยากาศที่อันตรายได้ จะถูกบรรจุอยู่ในเรซิน (Resin) วิธีการป้องกันแบบนี้ยังค่อนข้างที่จะใหม่อยู่ จึงยังไม่ได้รับการบรรจุอยู่ในมาตรฐานในยุโรปและยังไม่เป็นที่ยอมรับในสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 2.50 การป้องกันโดยมีลักษณะหุ้มห่อในถุงหุ้ม

2.9.4 การป้องกันโดยการจุ่มน้ำมัน (Oil Immersion Protection Method: Ex “o”)

การป้องกันโดยวิธีนี้ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดจะถูกจุ่มอยู่ในน้ำมัน โดยที่บรรยากาศที่อยู่ด้านบนของน้ำมันหรือบรรยากาศภายนอกสิ่งของที่หุ้มอยู่จะเป็นบรรยากาศพร้อมลูกไฟใหม่ก็ตาม มันก็ไม่สามารถที่จะทำให้เกิดการติดไฟขึ้นได้ การป้องกันแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ เช่น หม้อแปลง หรือสวิตช์เกียร์ โดยจะไม่นิยมที่จะนำมาใช้กับอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการเนื่องจากยากต่อการตรวจสอบหรือซ่อมแซม

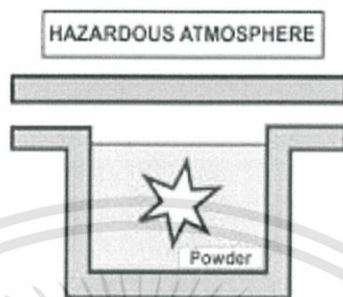


รูปที่ 2.51 การป้องกันโดยการจุ่มน้ำมัน

2.9.5 การป้องกันโดยการเติมผงฝุ่น (Powder Filling Protection Method: Ex “q”)

การป้องกันแบบนี้จะคล้ายกับการป้องกันโดยการจุ่มน้ำมัน (ดูรูปที่ 5) เพียงแต่ว่าแทนที่จะเติมน้ำมันก็เติมผงฝุ่นลงไปแทนเพื่อทำการดับประกายไฟที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถรอดพ้น

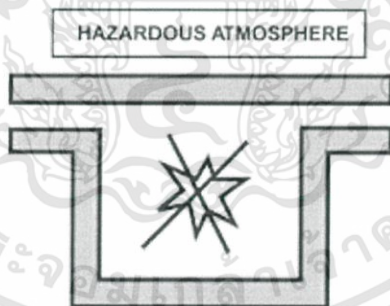
จากการระเบิดได้ ผงฝุ่นที่นำมาใช้ในการนี้จะทำมาจากผงของแร่ซิลิกอนไดออกไซด์ (Quartz) การป้องกันโดยวิธีนี้ก็ไม่นิยมที่จะนำมาใช้กับอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการ เพราะว่ายากที่จะทำการตรวจสอบ หรือซ่อมบำรุง



รูปที่ 2.52 การป้องกันโดยการเติมผงฝุ่น

2.9.6 การป้องกันโดยวิธีการเพิ่มความปลอดภัย (Increased Safety: Ex “e”)

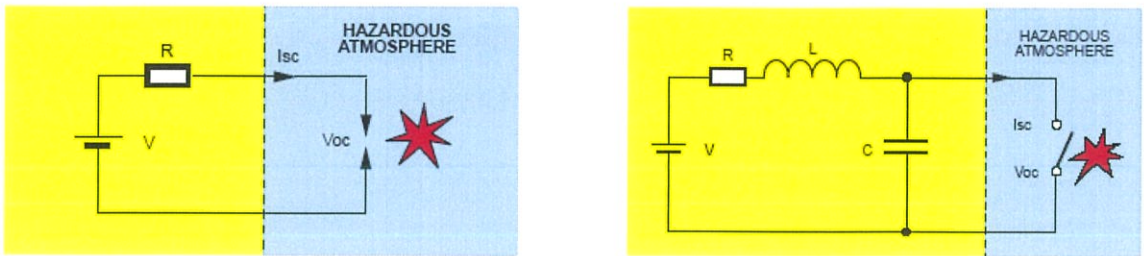
การป้องกันโดยวิธีนี้จะใช้การออกแบบอุปกรณ์ให้มีความปลอดภัยสูงมากๆ เช่น การทำโครงสร้างให้แข็งแรง, การเพิ่มระยะห่างระหว่างตัวอุปกรณ์, การเพิ่มฉนวนตัวห่อหุ้มให้มากขึ้น หรือมีการป้องกันทางกลที่ดี (การกระแทกกันของกลไก, การสั่นสะเทือน) เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิหรือการเกิดประกายไฟในสภาพการทำงานปกติของอุปกรณ์



รูปที่ 2.53 การป้องกันโดยการเพิ่มความปลอดภัย

2.9.7 การป้องกันแบบความปลอดภัยแท้จริง (Intrinsic Safety Protection Method: Ex “I”)

การป้องกันวิธีนี้จะใช้หลักการของการจำกัดพลังงานที่สะสมอยู่ในวงจรไฟฟ้า วงจรของความปลอดภัยแท้จริงนี้จะไม่ทำให้เกิดประกายไฟ หรือผลของอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดการลุกไหม้ขึ้นได้ ไม่ว่าอุปกรณ์นั้นๆจะทำงานอยู่ในสภาวะที่ปกติ หรือ มีความผิดปกติเกิดขึ้น (Fault) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดในงานการควบคุมกระบวนการและเป็นวิธีเดียวที่ได้รับอนุญาต ให้ใช้ได้ ในขอบเขต 0



รูปที่ 2.54 การป้องกันแบบความปลอดภัยแท้จริง

2.9.8 การป้องกันอย่างง่าย (Simplified Protection Method: Ex “n”)

การป้องกันแบบนี้จะใช้หลักการของการจำกัดพลังงานในวงจรไฟฟ้า ซึ่งคล้ายกับการป้องกันแบบความปลอดภัยแท้จริง แต่จะแตกต่างกันตรงที่การป้องกันแบบนี้จะไม่มีการพิจารณาถึงสภาพผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น

2.10 มาตรฐานการป้องกันน้ำกันฝุ่น

มาตรฐาน IP (IP Rating, IP Code, IP Standard) ชื่อเต็ม International Protection Standard ตามมาตรฐาน IEC 60529 หรือบางครั้งถูกตีความเป็น Ingress Protection Rating คือ มาตรฐานที่บอกถึงระดับการป้องกันฝุ่น และน้ำของเครื่องจักร (Mechanical Casings) และอุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Enclosures) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย IEC (International Electrotechnical Commission) เทียบเท่ากับมาตรฐานยุโรป EN 60529



รูปที่ 2.55 การบอกระดับการป้องกันน้ำกันฝุ่น

การบอกถึงระดับการป้องกันนั้นหลักๆแล้วจะถูกแสดงโดยตัวเลข 2 หลักคือ IPxx โดยหลักแรกหมายถึง ระดับการป้องกันของฝุ่นหรือการสัมผัสโดยบังเอิญ ซึ่งจะมีระดับตั้งแต่ 0-6 ส่วนหลักที่สองจะหมายถึง ระดับการป้องกันน้ำ ซึ่งจะมีระดับตั้งแต่ 0-9 ยกตัวอย่างเช่น IP65 หมายถึง ป้องกันฝุ่นและน้ำจากการฉีดได้ 100% เป็นต้น ซึ่งความหมายของรหัส IP ตัวอื่นๆจะถูกเขียนไว้ในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 52 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงลำดับและสิ่งที่ต้องระบุตามมาตรฐาน IP

สัญลักษณ์ IP	การป้องกันของแข็ง	การป้องกันของเหลว	การทนต่อแรงกระแทก	การป้องกันอื่นๆ
IP	ตัวเลข 0-6	ตัวเลข 0-9	ตัวเลข 0-9	ตัวอักษร
จำเป็นต่อระบุ	จำเป็นต่อระบุ	จำเป็นต่อระบุ	ยกเลิกการใช้แล้ว	ไม่จำเป็นต่อระบุ

ตัวเลขหลักที่ 1 : การป้องกันของแข็ง

ตารางที่ 2.2 จะแสดงให้เห็นถึงระดับการป้องกันของแข็งซึ่งของแข็งที่กล่าวนี้หมายถึงการป้องกันการเข้าถึง (เข้าไปในตัวอุปกรณ์) ของฝุ่นหรือการสัมผัสโดยบังเอิญเท่านั้น ไม่รวมถึงการกระแทกจากของแข็งซึ่งการทนต่อแรงกระแทกนั้นจะบอกในตัวเลขหลักที่ 3 ของมาตรฐาน IP และปัจจุบันได้ยกเลิกการใช้แล้ว โดยการป้องกันของแข็งจะมีทั้งหมด 7 ระดับ ตั้งแต่ระดับ 0-6 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงระดับการป้องกันของแข็ง



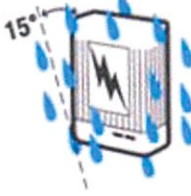
ระดับ	ภาพประกอบ	รายละเอียด
0		ไม่มีการป้องกันใดๆ
1		ป้องกันของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 50 mm ขึ้นไป ยกตัวอย่าง ป้องกันการสัมผัสตัวอุปกรณ์โดยไม่ตั้งใจจากมือหรือส่วนอื่นๆของร่างกาย
2		ป้องกันของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 12 mm ขึ้นไป ยกตัวอย่าง ป้องกันการสัมผัสตัวอุปกรณ์โดยไม่ตั้งใจจากนิ้วมือหรือเครื่องมืออื่นๆ ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน
3		ป้องกันของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 2.5 mm ขึ้นไป ยกตัวอย่าง ป้องกันการสัมผัสตัวอุปกรณ์โดยไม่ตั้งใจจากไขควงหรือเครื่องมืออื่นๆที่มีขนาดใกล้เคียงกัน
4		ป้องกันของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 1 mm ขึ้นไป ยกตัวอย่าง ป้องกันการสัมผัสตัวอุปกรณ์โดยไม่ตั้งใจจากสายไฟ, เส้นลวด, ไขควงขนาดเล็ก, แมลงบางชนิด หรือเครื่องมืออื่นๆที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

5		<p>ป้องกันฝุ่นได้แต่อาจมีฝุ่นเล็กน้อยเล็ดลอดเข้าไปโดยฝุ่นที่เล็ดลอดเข้าไปนั้นต้องไม่มีผลใดๆ ต่อการทำงานของอุปกรณ์ ยกตัวอย่าง ส่วนใหญ่มาตรฐาน IP นี้จะอยู่ในเครื่องมือวัดแบบพกพาหรืออุปกรณ์ที่ใช้เป็นครั้งคราวโดยฝุ่นอาจเล็ดลอดเข้าไปได้จากฝาปิดแบตเตอรี่แต่เนื่องด้วยเวลาการใช้งานที่สั้นจึงทำให้ฝุ่นแทบจะเข้าไปไม่ได้เลย</p>
6		<p>ป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์ โดยมาตรฐานนี้ถูกทดสอบบนพื้นที่ที่มีการไหลเวียนของอากาศและฝุ่นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ยกตัวอย่าง ส่วนใหญ่มาตรฐาน IP นี้จะอยู่ในเครื่องมือวัดแบบติดตั้งหรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่ถูกใช้งานในพื้นที่ตลอดเวลา</p>

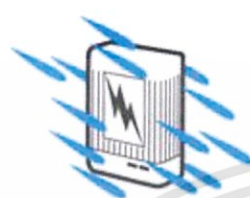



ตัวเลขหลักที่ 2 : การป้องกันของเหลว

ตารางที่ 2.3 จะแสดงให้เห็นถึงระดับการป้องกันของเหลวซึ่งของเหลวที่กล่าวถึงนี้ หมายถึงของเหลวจำพวกน้ำเท่านั้น ไม่รวมถึงของเหลวประเภทอื่นๆเช่น น้ำมัน, สารเคมีที่มีความเป็นกรดหรือด่างสูง, ฯลฯ โดยการป้องกันมีทั้งหมด 11 ระดับ ตั้งแต่ระดับ 0-9K ดังนี้


ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงระดับการป้องกันของเหลว

ระดับ	ภาพประกอบ	รายละเอียด
0		<p>ไม่มีการป้องกันใดๆ</p>
1		<p>ป้องกันหยดน้ำที่ตกกระทบในแนวตั้งกับตัวอุปกรณ์เท่านั้น ทดสอบโดย ปล่อยหยดน้ำในแนวตั้งปริมาณเทียบเท่าสายฝนขนาด 1 mm/min เป็นเวลา 10 นาที</p>
2		<p>ป้องกันหยดน้ำที่ตกกระทบในแนวเฉียงรอบตัวอุปกรณ์ได้ทำมุมสูงสุด 15 องศาจากแนวตั้งทดสอบโดย ปล่อยหยดน้ำในแนวเฉียงปริมาณเทียบเท่าสายฝนขนาด 3 mm/min เป็น</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 54ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		เวลา 2.5 นาที/ด้าน (รวมทั้งหมด 10 นาที) โดยทดสอบทั้งหมด 4 ด้านคือ ด้านซ้าย, ด้านขวา, ด้านหน้าและด้านหลังของตัวอุปกรณ์
3		ป้องกันละอองน้ำที่ตกกระทบในแนวเฉียงรอบตัวอุปกรณ์ได้ทำมุมสูงสุด 60 องศาจากแนวตั้ง ทดสอบโดยใช้หัวฉีดสเปรย์ (Spray Nozzle) ฉีดไปที่อุปกรณ์โดยมีแผ่นป้องกันน้ำ (เพื่อให้ได้มุมทดสอบ) ด้วยแรงดัน 50-150 kPa และอัตราการไหล 10 l/min เป็นเวลา 1 นาทีต่อพื้นที่อุปกรณ์ 1 m ² โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดอย่างน้อย 5 นาที
4		ป้องกันละอองน้ำที่ตกกระทบตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง ทดสอบโดยใช้หัวฉีดสเปรย์ (Spray Nozzle) ฉีดรอบตัวอุปกรณ์ด้วยแรงดัน 50-150 kPa และอัตราการไหล 10 l/min เป็นเวลา 1 นาทีต่อพื้นที่อุปกรณ์ 1 m ² โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดอย่างน้อย 5 นาที
5		ป้องกันน้ำจากการฉีดที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง ทดสอบโดยใช้หัวฉีด (Nozzle) ขนาด 6.3 mm ฉีดรอบตัวอุปกรณ์ด้วยแรงดัน 30 kPa ที่ระยะห่าง 3 m และอัตราการไหล 12.5 l/min เป็นเวลา 1 นาทีต่อพื้นที่อุปกรณ์ 1 m ² โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดอย่างน้อย 3 นาที
6		ป้องกันน้ำจากการฉีดแบบรุนแรงที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง ทดสอบโดยใช้หัวฉีด (Nozzle) ขนาด 12.5 mm ฉีดรอบตัวอุปกรณ์ด้วยแรงดัน 100 kPa ที่ระยะห่าง 3 m และอัตราการไหล 100 l/min เป็นเวลา 1 นาทีต่อพื้นที่อุปกรณ์ 1 m ² โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดอย่างน้อย 3 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 55 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6K		<p>ป้องกันน้ำจากการฉีดแรงดันสูงที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง ทดสอบโดยใช้หัวฉีด (Nozzle) ขนาด 6.3 mm ฉีกรอบตัวอุปกรณ์ด้วยแรงดัน 1,000 kPa ที่ระยะห่าง 3 m และอัตราการไหล 75 l/min เป็นเวลา 1 นาทีต่อพื้นที่อุปกรณ์ 1 m² โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดอย่างน้อย 3 นาที</p>
7		<p>ป้องกันการแทรกซึมของน้ำจากการแช่ตัวอุปกรณ์ในน้ำได้ที่มีความลึกสูงสุด 1 m เป็นระยะเวลาสูงสุด 30 นาที การทดสอบ ในกรณีที่เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กจะแช่ตัวอุปกรณ์ลงในน้ำที่มีความลึก 1,000 mm โดยวัดจากจุดต่ำสุดของตัวอุปกรณ์ถึงผิวน้ำ ในกรณีที่เป็นอุปกรณ์ขนาดใหญ่จะแช่ตัวอุปกรณ์ลงในน้ำที่มีความลึก 150 mm โดยวัดจากจุดสูงสุดของตัวอุปกรณ์ถึงผิวน้ำ เป็นระยะเวลา 30 นาที ทั้ง 2 กรณี</p>
8		<p>ป้องกันการแทรกซึมของน้ำจากการแช่ตัวอุปกรณ์ในน้ำได้แบบถาวร การทดสอบเนื่องจากระยะความลึกในการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน การทดสอบของมาตรฐาน IP นี้ จะขึ้นอยู่กับโรงงานผู้ผลิตโดยตรงซึ่งโรงงานผู้ผลิตจะระบุความลึกสูงสุดในการใช้งานของอุปกรณ์มาด้วย</p>
9K		<p>ป้องกันน้ำจากการฉีดแรงดันสูงพิเศษที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง ที่อุณหภูมิน้ำสูงสุด 80 °C ทดสอบโดยใช้หัวฉีด (Nozzle) ฉีกรอบตัวอุปกรณ์ 4 ตำแหน่งคือทำมุม 0, 30, 60, 90 องศาจากแนวตั้งของอุปกรณ์ ที่ระยะห่าง 100-150 mm ด้วยแรงดัน 8-10 MPa และอัตราการไหล 14-16 l/min ที่อุณหภูมิน้ำ 80 °C เป็นเวลาตำแหน่งละ 30 วินาที (รวมทั้งหมด 2 นาที)</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 56 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ มาตรฐานที่มีสัญลักษณ์ "K" คือมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นโดย ISO 20653 ซึ่งจะไม่เป็นมาตรฐาน IEC 60529 ยกเว้น IPx9 ซึ่งจะมีการทดสอบแบบเดียวกับ IP69K

การป้องกันอื่นๆ

นอกเหนือจากการป้องกันฝุ่นและน้ำแล้วยังมีการป้องกันอื่นๆเพิ่มเติมอีกโดยการป้องกันอื่นๆนั้นจะใช้สัญลักษณ์ตัวอักษรต่อท้ายหมายเลข IP โดยมีรายละเอียดตามตารางด้านล่าง ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงระดับการป้องกันเพิ่มเติม

สัญลักษณ์	รายละเอียด
f	ป้องกันน้ำมัน
H	ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage Device)
M	อุปกรณ์มีการเคลื่อนที่ขณะทดสอบการป้องกันน้ำ
S	อุปกรณ์ไม่มีการเคลื่อนที่ขณะทดสอบการป้องกันน้ำ
W	ทนต่อสภาพอากาศทางธรรมชาติ

ตัวอย่างมาตรฐาน IP

มาตรฐาน IP ที่นิยมและเห็นได้บ่อยครั้งมีดังนี้

- IP54 คือ มาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือชิ้นๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้แต่อาจมีฝุ่นเล็กน้อยเล็ดลอดเข้าไป โดยฝุ่นที่เล็ดลอดเข้าไบนั้นต้องไม่มีผลใดๆต่อการทำงานของอุปกรณ์และมีความสามารถที่จะป้องกันละอองน้ำที่ตกกระทบตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง
- IP65 คือ มาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือชิ้นๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์และมีความสามารถที่จะป้องกันน้ำจากการฉีดที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง
- IP66 คือ มาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือชิ้นๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์และมีความสามารถที่จะป้องกันน้ำจากการฉีดแบบรุนแรงที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง
- IP66K คือ มาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือชิ้นๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์และมีความสามารถที่จะป้องกันน้ำจากการฉีดแรงดันสูงที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง
- IP67 คือ มาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือชิ้นๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์ และมีความสามารถที่จะป้องกันการแทรกซึมของน้ำจากการแช่ตัวอุปกรณ์ในน้ำได้ที่มีความลึกสูงสุด 1 m เป็นระยะเวลาสูงสุด 30 นาที
- IP68 คือ มาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือชิ้นๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์ และมีความสามารถที่จะป้องกันการแทรกซึมของน้ำจากการแช่ตัวอุปกรณ์ในน้ำได้แบบถาวร

- IP69K คือ มาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์และมีความสามารถที่จะป้องกันน้ำจากการฉีดแรงดันสูงพิเศษที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง ที่อุณหภูมิน้ำสูงสุด 80 °C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

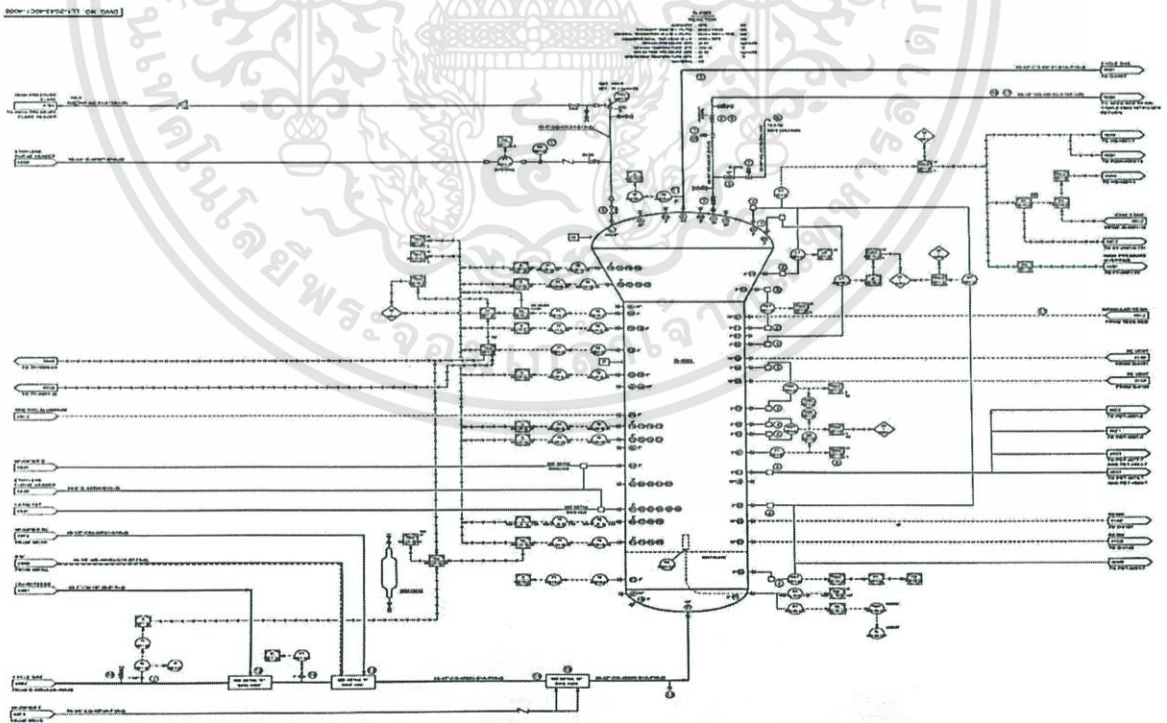
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการออกแบบเครื่องมือวัด

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆในการออกแบบเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์ โดยจะอธิบายถึงขั้นตอนต่างๆตั้งแต่การศึกษาเอกสารของโครงการที่ได้รับมาจากเจ้าของโครงการ การติดต่อกับแผนกต่างๆเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการออกแบบเครื่องมือวัด การออกแบบเชิงวิศวกรรม และการกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาข้อกำหนดต่างๆจากเอกสารของโครงการที่ส่งมาให้ เช่น Piping and Instrument Diagram (P&I Diagram), Equipment List เป็นต้น ซึ่งจะบอกถึงความต้องการโดยรวมของโครงการ ทั้งจำนวนเครื่องมือวัดและคุณสมบัติพื้นฐานของเครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบเครื่องมือวัดและการเลือกใช้เครื่องมือวัดต่างๆให้เหมาะสมกับกระบวนการ โดยข้อกำหนดต่างๆเหล่านี้จะอ้างอิงตามมาตรฐานสากลที่ยอมรับโดยทั่วกัน เช่น การเลือกขนาดและความหนาของท่อที่นำมาใช้ในการบวนการผลิตแอลแอลดีพีจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASME (American Society of Mechanical Engineer)



รูปที่ 3.1 Piping & Instrument Diagram สำหรับถังปฏิกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยข้อกำหนดของโครงการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบถังปฏิกรณ์ มีดังต่อไปนี้

1.1 ข้อกำหนดทั่วไป

- หมายเลขประจำตัวเครื่องมือวัดและจำนวนของเครื่องมือวัดควรจะเป็นไปตามที่ระบุไว้ใน Piping and Instrument Diagram (P&I Diagram)
- การออกแบบเอกสารรายละเอียดประจำตัวของเครื่องมือวัด จะต้องใช้โปรแกรม Smart Plant Instrument (SPI) System
- อุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์จะต้องส่งสัญญาณ 4-20 mA พร้อมด้วย HART Protocol รุ่นที่ 6 เป็นอย่างน้อย
- เมื่อเครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นอันตราย (Hazardous Area) โดยการกำหนดเขตพื้นที่อันตรายจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน API RP 505 (American Petroleum Institute Recommended Practice 505) ระดับการป้องกันที่ได้รับอนุญาต ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน IEC Standard (International Electrotechnical Commission) มีการป้องกันแบบ EEx-d เป็นอย่างน้อย และระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน IP Standard (Ingress Protection Rating) และอยู่ในระดับ IP65 เป็นอย่างน้อย
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิเตอร์ (Transmitter Electronic Housing) ควรทำมาจากอลูมิเนียมที่เคลือบยูรีเทน หรืออีพ็อกซีเรซิน (Polyurethane or Epoxy Resin Coated) เป็นอย่างน้อย
- อุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ทุกตัวต้องมีหน้าจอแอลซีดีแสดงผล (Integral Digital Indicators: LCD) และการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างทรานส์มิเตอร์ขนาด 1/2 นิ้ว และเป็นเกลียวแบบ NPT โดยการเชื่อมต่อหน้าแปลนของอุปกรณ์วัดทุกตัว จะเชื่อมต่อกับท่อของกระบวนการด้วยอัตราการทนความดันของท่อ (Pipe Rating) เป็นอย่างน้อย
- หน้าแปลนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการต้องเป็นหน้าแปลนแบบเพิ่มบริเวณผิวสัมผัส (Raised Face Flange)

1.2 รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องมือวัดที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

1) ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน

- โดยทั่วไปทรานส์มิเตอร์วัดความดันจะถูกติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์หรือแบบขึ้นตรงกับกระบวนการ
- ทรานส์มิเตอร์จะต้องทำงานร่วมกับ HART Protocol และสามารถเชื่อมต่อกับ Hand-held Terminal หรือ AMS (Asset Management System) ได้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณอินพุท, ช่วงการวัด (Span) และพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยระบบการสื่อสารสองทาง (Two-way Communication)
- วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่สัมผัสกับของเหลวจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (316 Stainless Steel) เป็นอย่างน้อย

- ทรานส์มิเตอร์วัดความดันจะต้องใช้งานร่วมกับมานิโฟลด์วาล์วชนิด 2 ทาง (2-ways Valve Manifold) วัสดุที่ใช้จะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (316 Stainless) เป็นอย่างน้อย และเชื่อมต่อกับกระบวนการแบบเกลียวขนาด 1/2 นิ้วเป็นมาตรฐาน

- ความเที่ยงตรงของทรานส์มิเตอร์วัดความดันควรจะเป็น $\pm 0.065\%$ of Measuring Range

หมายเหตุ:

• กรณีที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันที่อยู่ติดกับถังปฏิกรณ์จะต้องใช้งานร่วมกับ Blowback Purge เพื่อป้องกันไม่ให้เรซินไปอุดตันที่ตัวทรานส์มิเตอร์

• กรณีที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันใช้งานร่วมกับไดอะแฟรม จะต้องคำนึงถึงค่าความดันสูงสุดของกระบวนการ และอุณหภูมิของของเหลวในท่อแคปิลลารี (Capillary Tube)

• กรณีที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันใช้งานร่วมกับการควบคุมระยะไกลกับท่อแคปิลลารี (Remote Seal Capillary Tubes) วัสดุที่ใช้จะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม 316 (316 SS) และหุ้มด้วย Spiral Wound Armor

2) ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง (DP Transmitter)

- โดยทั่วไปทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างจะถูกติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์หรือแบบขึ้นตรงกับกระบวนการ

- ทรานส์มิเตอร์จะต้องทำงานร่วมกับ HART Protocol และสามารถเชื่อมต่อกับ Hand-held Terminal หรือ AMS (Asset Management System) ได้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณอินพุต, ช่วงการวัด (Span) และพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยระบบการสื่อสารสองทาง (Two-way Communication)

- วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่ต้องสัมผัสกับของเหลวจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (316 Stain-less Steel) เป็นอย่างน้อย

- ทรานส์มิเตอร์วัดความดันจะต้องใช้งานร่วมกับมานิโฟลด์วาล์วชนิด 3 ทาง (3-ways Valve Mani-fold) วัสดุที่ใช้จะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (316 Stainless) เป็นอย่างน้อย และเชื่อมต่อกับกระบวนการแบบเกลียวขนาด 1/2 นิ้วเป็นมาตรฐาน

- ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างต้องสามารถทนต่อแรงดันสถิตสูงสุดของกระบวนการได้ในกรณีที่แรงดันด้านหนึ่งของทรานส์มิเตอร์วัดความดันมีค่าเป็นศูนย์ โดยไม่เกิดความเสียหายต่อตัวทรานส์มิเตอร์และไม่ต้องสอบเทียบใหม่ (Recalibration)

- ความเที่ยงตรงของทรานส์มิเตอร์วัดความดันควรจะเป็น $\pm 0.065\%$ of Measuring Range

หมายเหตุ:

• กรณีที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันที่อยู่ติดกับถังปฏิกรณ์จะต้องใช้งานร่วมกับ Blowback Purge เพื่อป้องกันไม่ให้เรซินไปอุดตันที่ตัวทรานส์มิเตอร์

• กรณีที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันใช้งานร่วมกับไดอะแฟรม จะต้องคำนึงถึงค่าความดันสูงสุดของกระบวนการ และอุณหภูมิของของเหลวในท่อแคปิลลารี (Capillary Tube)

- กรณีที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันใช้งานร่วมกับการควบคุมระยะไกลกับท่อแคปิลลารี (Remote Seal Capillary Tubes) วัสดุที่จะต้องใช้ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม 316 (316 SS) และหุ้มด้วย Spiral Wound Armor
- 3) ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง (Weight Transmitter)
 - โดยทั่วไปทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่างจะถูกติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์ หรือแบบขึ้นตรงกับกระบวนการ
 - ทรานส์มิเตอร์จะต้องทำงานร่วมกับ HART Protocol และสามารถเชื่อมต่อกับ Hand-held Terminal หรือ AMS (Asset Management System) ได้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณอินพุท, ช่วงการวัด (Span) และพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยระบบการสื่อสารสองทาง (Two-way Communication)
 - วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่ต้องสัมผัสกับของเหลวจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (316 Stain-less Steel) เป็นอย่างน้อย
 - ทรานส์มิเตอร์วัดความดันจะต้องใช้งานร่วมกับมานิโฟลด์วาล์วชนิด 3 ทาง (3-ways Valve Mani-fold) วัสดุที่จะต้องใช้ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (316 Stainless) เป็นอย่างน้อย และเชื่อมต่อกับกระบวนการแบบเกลียวขนาด 1/2 นิ้วเป็นมาตรฐาน
 - ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างต้องสามารถทนต่อแรงดันสถิตสูงสุดของกระบวนการได้ในกรณีที่แรงดันด้านหนึ่งของทรานส์มิเตอร์วัดความดันมีค่าเป็นศูนย์ โดยไม่เกิดความเสียหายต่อตัวทรานส์-มิเตอร์และไม่ต้องสอบเทียบใหม่ (Recalibration)
 - ความเที่ยงตรงของทรานส์มิเตอร์วัดความดันควรจะเป็น $\pm 0.065\%$ of Measuring Range

หมายเหตุ:

- กรณีที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันที่อยู่ติดกับถังปฏิกรณ์จะต้องใช้งานร่วมกับ Blowback Purge เพื่อป้องกันไม่ให้เรซินไปอุดตันที่ตัวทรานส์มิเตอร์

4) ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุ (Electrostatic Probe)

- ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุต้องมีหน้าแสดงผลแบบดิจิตอล (Digital Indicators)
- ทรานส์มิเตอร์จะต้องส่งสัญญาณ 4-20 mA ไปที่ DCS
- ทรานส์มิเตอร์สามารถส่งสัญญาณเตือนไปที่ DCS เมื่อค่าความเป็นประจุในถังปฏิกรณ์สูงหรือต่ำเกินค่าที่ตั้งไว้ (Set Point)
- ค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ที่ได้จากทรานส์มิเตอร์จะต้องแสดงผลไปที่ห้องควบคุม (Control Room)
- ค่าความดันออกแบบ หรือค่าความดันสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบทรานส์มิเตอร์ (Design Pressure) มีค่า 29.7 kg/cm^2 อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดมีค่า $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ถึง $170 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- ช่วงการวัดของทรานส์มิเตอร์มีค่าตั้งแต่ +3000 V ถึง -3000V

5) ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ (Reactor Static Control Cabinet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผู้ควบคุมค่าความเป็นประจุจะต้องสามารถรักษาอุณหภูมิภายในตู้ให้อยู่ในช่วง $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ โดยอุณหภูมิสูงสุดต้องไม่เกิน 60°C
- บริเวณด้านหน้าตู้ควบคุมจะต้องมีหน้าต่างใสสามารถมองเห็นเกจวัดระดับที่อยู่ภายในตู้ได้
- แหล่งให้ความร้อนจะเป็นจากไอน้ำ จะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 90°C
- ความดันภายในตู้จะต้องมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ

6) อุปกรณ์วัดระดับชนิดกระจกแก้วภายในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุในถังปฏิกรณ์ (Level Glass Gauge)

- ชนิดของกระจกแก้ววัดระดับ จะต้องสามารถเห็นระดับของของเหลวได้ชัดเจนไม่สะท้อนแสง
- วัสดุที่ใช้บรรจุของเหลวจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม
- วัสดุที่ใช้ทำกระจกแก้ววัดระดับจะต้องสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้
- เชื่อมต่อกับกระบวนแบบเกลียวขนาด 3/4 นิ้ว

7) เครื่องมือวัดที่เป็นส่วนประกอบหลักของถังปฏิกรณ์ประกอบไปด้วย

- ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน
- ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง
- ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักโดยใช้หลักการความดันแตกต่าง
- ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุ
- ผู้ควบคุมค่าความเป็นประจุในถังปฏิกรณ์
- อุปกรณ์วัดระดับชนิดกระจกแก้วภายในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุในถังปฏิกรณ์

2. ศึกษากระบวนการต่างๆของถังปฏิกรณ์ โดยศึกษาคุณลักษณะของของไหลที่ใช้ในกระบวนการ ตลอดจนศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือต่างๆที่อยู่ในระบบ เพื่อให้ทราบถึงหน้าที่ของเครื่องมือวัดว่ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างไรต่อระบบ

3. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบถังปฏิกรณ์ เพื่อนำมาพิจารณาในการออกแบบและการติดตั้งให้เหมาะสมกับกระบวนการ และสอดคล้องกับข้อกำหนดต่างๆของโครงการ

3.2 ขั้นตอนการติดต่อผู้จัดจำหน่ายเครื่องมือวัด

หลังจากศึกษาข้อกำหนดต่างๆจากเอกสารรายละเอียดของโครงการ จึงติดต่อกับผู้จัดจำหน่ายเครื่องมือวัด เพื่อให้ผู้จัดจำหน่ายต่างๆได้เข้ามาแนะนำผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงการปรึกษาข้อสงสัยต่างๆเกี่ยวกับเครื่องมือวัด และเสนอความต้องการที่ได้จากเอกสารรายละเอียดของโครงการ เนื่องจากผู้จัดจำหน่ายมีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญมากกว่า จึงสามารถตอบข้อสงสัย รวมไปถึงแนะนำว่าควรเลือกอุปกรณ์แบบใดจึงเหมาะกับกระบวนการ

3.3 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัด

1. หลังจากได้รับเอกสาร Piping & Instrument (P&I) Diaphragm เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำเอกสารรายการเครื่องมือวัด (Instrument Index) ซึ่งเป็นการแบ่งประเภทของเครื่องมือวัดต่างๆให้เป็นหมวดหมู่เพื่อให้สะดวกต่อการทำเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด (Instrument Specification Sheet) โดยระบุข้อมูลของเครื่องมือวัดคร่าวๆ เช่น หมายเลขประจำตัวของเครื่องมือวัด สถานที่ติดตั้งเครื่องมือวัด เลขที่หน้าเอกสาร (P&ID No.) หมายเลขประจำตัวของท่อหรือตัวถัง ขนาดท่อ ชื่อของของไหลที่จะทำการวัด เป็นต้น

ตัวอย่างเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.2

No.	Area	P&ID No.	Loop No.	Tag No.	Instrument Description	Line No.	Piping Class	Equipment	Size	Process Connection Rating
1	Comonomer Degassing	10B	1008-8	40-PT-1008-8	Pressure Transmitter	40-3/4"-LF-10B01-1C15-ST40(II)	1C15	-	1/2"	NPT(F)
2	Comonomer Drying	10C-1	1004-9	40-PT-1004-9	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-3"-CM-10C08-6E57-H60(II)	6E57	-	1/2"	NPT(F)
3	Comonomer Drying	10C-2	1005-9	40-PT-1005-9	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-3"-CM-10C12-6E57-H60(II)	6E57	-	1/2"	NPT(F)
4	Comonomer Drying	10C-3	1030-9	40-PT-1030-9	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-3"-CM-10C14-6E57-H60(II)	6E58	-	1/2"	NPT(F)
5	Nitrogen Compression (1/2)	11C	1102-5	40-PT-1102-5	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-2"-HPN-11C01-1E18(II)	1E18	-	1/2"	NPT(F)
6	Nitrogen Compression (2/2)	11D	1103-5	40-PT-1103-5	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-2"-HPN-11D01-1E18(II)	1E19	-	1/2"	NPT(F)
7	Hydrogen Dryer System	12B	1207-4	40-PT-1207-4	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-1"-H-12B02-6G57-P40(II)	6G57	-	1/2"	NPT(F)
8	Hydrogen Dryer System	12B	1207-5	40-PT-1207-5	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-1"-H-12B04-1G4(II)	1G4	-	1/2"	NPT(F)
9	ICA Degassing	14A	1421-8	40-PT-1421-8	Pressure Transmitter	0-3/4"-LF-14A01-1C15-H40-ST40(I)	1C15	-	1/2"	NPT(F)
10	ICA Purification	14B	1419-9	40-PT-1419-9	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-1 1/2"-ICA-14B15-1E3-H50(II)	1E3	-	1/2"	NPT(F)
11	ICA Purification	14B	1420-9	40-PT-1420-9	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-1 1/2"-ICA-14B13-1E3-H50(II)	1E3	-	1/2"	NPT(F)
12	Ethylene Supply	20A	2001-9	40-PT-2001-9	Pressure Transmitter	40-10"-E-90A01-1E21(II)	1E21	-	1/2"	NPT(F)
13	Ethylene CO Removal Vessels	21C	2103-6	40-PT-2103-6	Pressure Transmitter with Remote Indicator	40-10"-E-21C01-1E3-H50(II)	1E3	-	1/2"	NPT(F)
15	Regeneration Nitrogen Heater	21G	2114-8	40-PT-2114-8	Pressure Transmitter	40-8"-RN-21G03-1E3-H50(II)	1E3	-	1/2"	NPT(F)
16	Ethylene Distribution	21H	2113-9A	40-PT-2113-9A	Pressure Transmitter	40-10"-E-21H01-1E21(II)	1E21	-	1/2"	NPT(F)
17	Reactor (1/2)	40C-1	4001-142H0-PT-4001-142	Pressure Transmitter with Diaphragm Seal (Remote Seal)	40-42"-CG-40B02-1E67-P30(I)	1E67	-	3"	ANSI 300lb, RF	
18	Reactor (1/2)	40C-1	4001-94	40-PT-4001-94	Pressure Transmitter	-	-	R-4001	1/2"	NPT(F)
19	Slurry System BMC	40Q	4077-6	40-PT-4077-6	Pressure Transmitter with Direct Diaphragm Seal and Remote Indicator	40-X"-CSB-40Q15-7E28-ET40(IV)	7E28	-	3/4"	ANSI 600lb, RF

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

2. ติดต่อกับแผนกอื่น เพื่อขอข้อมูลในการจัดทำเอกสารรายละเอียดประจำตัวของเครื่องมือวัด

- ติดต่อกับแผนกกระบวนการ เพื่อขอข้อมูลด้านกระบวนการ เช่น ชื่อของของไหลที่ใช้ในกระบวนการ สถานะของของไหล ความดันและอุณหภูมิออกแบบ ความดันและอุณหภูมิใช้งาน ความหนาแน่นและความหนืดของของไหล เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญอย่างมากต่อการเลือกใช้อุปกรณ์
- ติดต่อกับแผนกงานท่อเพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับท่อที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ (Process Connection) ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกใช้อุปกรณ์ เช่น ขนาด, Class ของหน้าแปลน และวัสดุที่ใช้ทำ เครื่องมือวัดจะต้องเหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการและของไหลที่จะทำการวัด รวมไปถึงการเชื่อมต่อนของหน้าแปลนต่างๆ ระหว่างเครื่องมือวัดและท่อหลักของกระบวนการ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ อัตราการทนความดันและรูปแบบของหน้าแปลน โดยข้อมูลด้านกระบวนการแสดงดังรูปที่ 3.3

No.	Tag No.	PDP		Instrument Type	P&ID No.	Service	Line Size (inch)	Pipe Class	Fluid	Phase	Temperature (°C)				Pressure (kg/cm2-g)				Density (kg/m3)	Viscosity (cP)
		Tag Number	Loop No.								Min	Nor	Max	Design (min/max)	Min	Nor	Max	Design (min/max)		
1	40-PDT-5852-1	-	5852-1	Differential Pressure Transmitter	58D0	40-F-5852	-	A3R	VG	V	30	-	110	-10/110	TBC	0.003	0.013	-/0.11	TBC	TBC
2	40-PDT-5653-1	-	5653-1	Differential Pressure Transmitter	56D0	40-F-5653	-	A3R	VG	V	30	-	110	-10/110	TBC	0.003	0.013	-/0.11	TBC	TBC
3	40-PDT-6210-5	PDIA-6210-5	6210-5	Differential Pressure Transmitter	62A0	40-TK-6210	-	A3R	N	V	50	85	110	-10/110	0.001	0.003	0.013	-/0.07	1.07	0.019
4	40-PDT-9909-1	-	9909-1	Differential Pressure Transmitter	99B0	40-F-9909	1 1/2	D4K	H	V	-	30	40	15/70	TBC	TBC	0.5	-/44.7	3.08	0.009
5	40-PT-1008-8	PICA-1008-8	1008-8	Pressure Transmitter	10B0	40-E-1010	3/4	A2A	BU	V	41.1	42.2	44.3	-10/180	3.89	3.89	4.03	-/9.49	11.78	0.0083
6	40-PT-1004-9	PIA-1004-9	1004-9	Pressure Transmitter	10C1	40-D-1004	3	B3K	HX	V	95.7	98.2	103	-10/180	1.04	1.76	1.92	-/9.49	8.37	0.0079
7	40-PT-1005-9	PIA-1005-9	1005-9	Pressure Transmitter	10C1	40-D-1005	3	B3K	BU	L	20	40	325	-60/340	2.46	27.2	34.6	-/41.5	568	0.145
8	40-PT-1030-9	PIA-1030-9	1030-9	Pressure Transmitter	10C1	40-D-1030	3	B3K	HX	L	20	40	325	-60/340	2.46	27.2	34.6	-/41.5	568	0.145
9	40-PT-1102-5	PICA-1102-5	1102-5	Pressure Transmitter	11C0	40-C-1102	2	B1A	HPPN	V	20	40	55	-10/150	31.6	34.4	34.4	-/38.7	37.65	0.02
10	40-PT-1103-5	PCIA-1103-5	1103-5	Pressure Transmitter	11D0	40-C-1103	2	B1A	HPPN	V	20	40	55	-10/150	31.6	34.4	34.4	-/38.7	37.65	0.02
11	40-PT-1207-4	PIA-1207-4	1207-4	Pressure Transmitter	12B0	40-D-1207	1	D4K	H	V	-10	30	325	-10/340	2.46	38.7	40.4	-/44.7	3.03	0.01
12	40-PT-1207-5	PIA-1207-5	1207-5	Pressure Transmitter	12B0	40-D-1207	1	D3A	H	V	-10	30	40	-10/40	36.7	38.4	40.4	-/44.7	3.03	0.01
13	40-PT-1419-9	PIA-1419-9	1419-9	Pressure Transmitter	14B0	CA to 40-R-4001	1 1/2	B1A	ICA	L	20	40	325	-10/340	2.46	31.4	39.7	-/41.5	595	0.206
14	40-PT-1421-8	PICA-1421-8	1421-8	Pressure Transmitter	14A0	40-T-1421	3/4	A2A	ICA	V	53	54.4	58.1	-10/180	1.29	1.43	1.57	-/9.49	6.85	0.008
15	40-PT-1420-9	PIA-1420-9	1420-9	Pressure Transmitter	14B0	CA to 40-R-4001	1 1/2	B1A	ICA	L	20	40	325	-10/340	2.46	31.4	39.7	-/41.5	601	0.183

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลด้านกระบวนการ

- ติดต่อกับแผนกไฟฟ้าเพื่อข้อมูลในการกำหนดเขตพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) ว่า อุปกรณ์อยู่ในเขตพื้นที่อันตรายหรือนอกเขตพื้นที่อันตราย ซึ่งจะส่งผลต่อการเลือกเครื่องมือวัดที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากของไหลที่ทำการวัดส่วนใหญ่มักเป็นสารเคมีที่สามารถติดไฟได้ และทำให้เกิดการระเบิดได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกเครื่องมือห่อหุ้มอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถป้องกันไม่ให้ประกายไฟหลุดลอดออกมาจากเครื่องมือห่อหุ้มได้ เมื่อเกิดการอาร์กหรือสปาร์คของเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ภายในอุปกรณ์ห่อหุ้ม

3. ส่วนประกอบของเอกสารข้อกำหนดเครื่องมือวัด (Instrument Specification Sheet) โดยจะต้องกรอรายละเอียดข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดให้ครบถ้วนที่สุด เนื่องจากเป็นเอกสารที่จะต้องใช้ในการขอราคาจากผู้จำหน่าย โดยข้อกำหนดของเครื่องมือวัดจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อย่อย ดังนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไป

ได้มาจาก Piping & Instrument Diagram (P&ID) จะประกอบไปด้วยข้อมูลพื้นฐานของอุปกรณ์ เช่น หมายเลขประจำตัวอุปกรณ์ เลขที่หน้าเอกสารที่เครื่องมือวัดติดตั้ง สถานที่ติดตั้งเครื่องมือวัด ขนาดของท่อ หรือวัสดุที่ใช้ทำท่อ เป็นต้น

ส่วนของข้อมูลทั่วไปสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.4

GENERAL	1	Tag Number		
	2	Service		
	3	P&ID No.		
	4	Area Classification	Location	
	5	Line No.	Line Size	schedule
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material	
	7	Equipment No.	Nozzle No.	

รูปที่ 3.4 ส่วนของข้อมูลทั่วไปสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 65 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ข้อมูลด้านกระบวนการ

ข้อมูลด้านกระบวนการได้มาจากแผนกระบวนการประกอบไปด้วย ชื่อและสถานะของของไหล อัตราการไหลของของไหล ความดันและอุณหภูมิออกแบบ ความดันและอุณหภูมิใช้งาน ความหนาแน่นและความหนืดของของไหล เป็นต้น

ส่วนของข้อมูลด้านกระบวนการสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.4

PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase				
	9			Minimum	Normal	Maximum	Units
	10	Flow					
	11	Temperature					
	12	Pressure (DP for Diff Pressure Transmitter)					
	13	Density					
	14	Viscosity					
	15	Design Pressure	Design Temperature				
	16						

รูปที่ 3.5 ส่วนของข้อมูลด้านกระบวนการสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

3.3 ข้อมูลของเครื่องมือวัด

ข้อมูลของเครื่องมือวัดจะได้มาจากเอกสารที่เป็นข้อกำหนดต่างๆของโครงการซึ่งจะมีข้อกำหนดสำหรับการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับกระบวนการ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องเลือกใช้เครื่องมือวัดให้ตรงกับความต้องการของโครงการและตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ผู้ออกแบบต้องมีความระมัดระวังในการเลือกใช้เครื่องมือวัด เนื่องจากเครื่องมือวัดแต่ละตัวมีความต้องการที่แตกต่างกันไป เช่น ย่านในการวัด ประเภท และวัสดุของอุปกรณ์ห่อหุ้มเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนของเหลวที่ใช้เติมในตัวอุปกรณ์ แหล่งจ่ายไฟที่ใช้ ระดับการป้องกันน้ำกันฝุ่น ประเภทของอุปกรณ์ห่อหุ้มที่ใช้ในการป้องกันการระเบิด ขนาดของเกลียวที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับกระบวนการ และขนาดของเกลียวที่ใช้ในการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า เป็นต้น

ส่วนของข้อมูลของเครื่องมือวัดสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.5

TRANSMITTER	17	Instrument Range :	Min.	Max.			
	18	Calibration Range :	Min.	Max.			
	19	Housing Material					
	20	Element Type	Element Material				
	21	Body Material	Body Rating				
	22	Process Flanges Material	Vent Valve Material				
	23	Wetted O-Rings Material					
	24	Fill Fluid					
	25	Power Supply	Output				
	26	Explosion Protection	Enclosure				
	27	System Accuracy					
28	Process Connection	Electrical Connection					
29							
DIAPHRAGM SEAL	30	Process Connection :	Hi Side	Lo Side			
	31	Rating	Hi Side	Lo Side			
	32	Diaphragm Material :	Hi Side	Lo Side			
	33	Housing Material :	Hi Side	Lo Side			
	34	Fill Fluid	Flushing Connection				
	35	Capillary Material					
	36	Capillary Type					
	37	Capillary Length	Hi Side	Lo Side			
	38	Extension Length					

รูปที่ 3.6 ส่วนของข้อมูลของเครื่องมือวัดสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

3.4 ข้อมูลเสริมของอุปกรณ์ รวมไปถึงข้อมูลเฉพาะที่ผู้ออกแบบต้องการแจ้งรายละเอียดโดยรวมของเครื่องมือ จะอยู่ส่วนท้ายของเอกสารข้อกำหนดเครื่องมือวัด

ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและข้อมูลอื่นๆ สำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.6

OPTIONS	39	LCD Display	Junction Box Housing				
	40	Remote LCD Display	Distance to Trans.				
	41	Hydrostatic Testing					
	42	Cleaning					
	43	Surge Protection					
PURCHASE	44	Manifold Valve	Material	Process Connection			
	45	Mounting Bracket					
	46	Manufacturer	Model				
ADDITIONAL FEATURES	47	Detail Model					
	48	Purchase Order No.	Requisition No.				
	49	Serial Number					
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.					
	51	Certification					
	52	Crippled Mode Detection					
	53	Purge set or Blowback block					
Notes: See notes							
						Activate Go to Settings	

รูปที่ 3.7 ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและข้อมูลอื่นๆ สำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

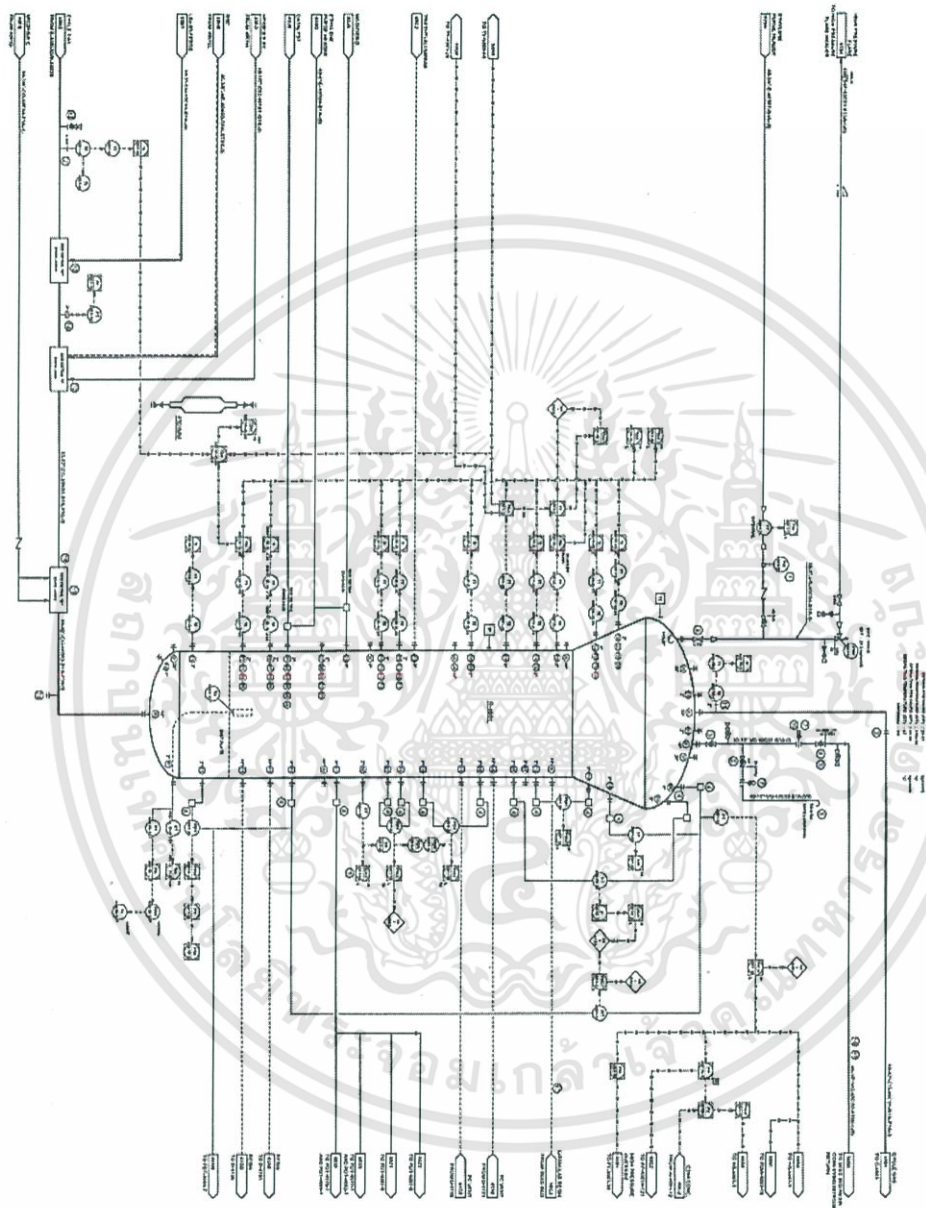
บทที่ 4

ผลการดำเนินงานในการออกแบบและการติดตั้ง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานในการออกแบบเครื่องมือวัด โดยจะแสดงรายละเอียดประจำตัวของเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์รวมถึงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ เครื่องมือวัดที่ใช้ในโครงการนี้ประกอบไปด้วย ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter) ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter) ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง (Weight Transmitter with Differential Transmitter) ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุ (Electrostatic Probe) ตัวควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ (Reaction Static Control Unit) และเครื่องมือวัดระดับของเหลวภายในตัวควบคุมค่าความเป็นประจุ (Level Gauge)

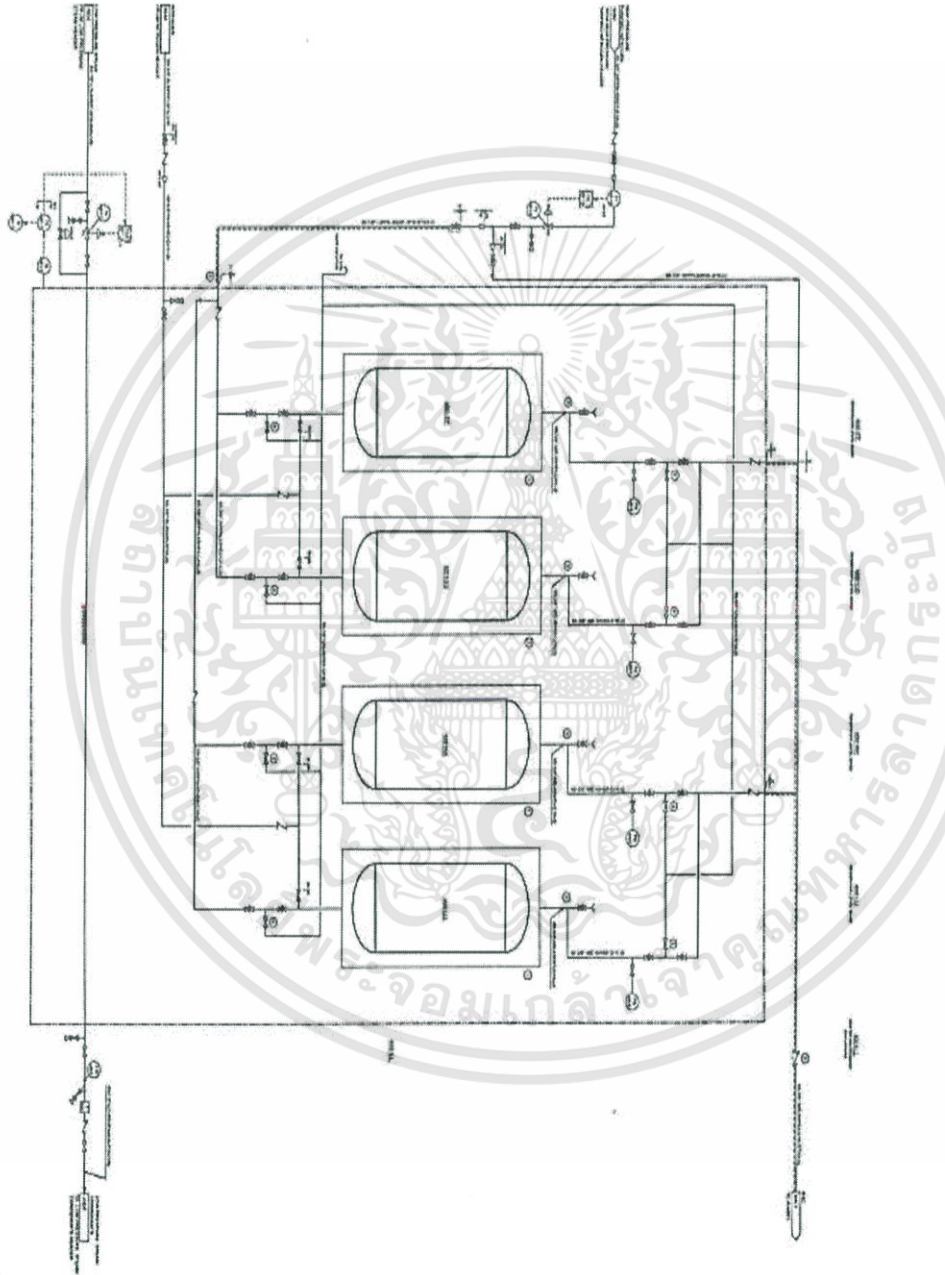
4.1 Piping & Instrument Diaphragm (P&ID)

จากการออกแบบเครื่องมือวัดต่างๆที่ติดตั้งในระบบถังปฏิกรณ์ ตามข้อกำหนดของโครงการ ซึ่งตำแหน่งการติดตั้งของอุปกรณ์ต่างๆ จะแสดงตาม P&ID (Piping & Instrument Diaphragm) ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงภาพรวมการทำงานของถังปฏิกรณ์ โดยสารตั้งต้นต่างๆจะทำปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) ภายในถังปฏิกรณ์ ด้วยกระบวนการฟลูอิดไดซ์เซชัน (Fluidization) โดยใช้ไซเคิลแก๊ส (Cycle Gas) เป็นสื่อกลางในการทำปฏิกิริยา สารตั้งต้นต่างๆที่ใช้ในกระบวนการ ตัวอย่างเช่น บิวทีน (Butene), เฮกซีน (Hexene), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ตัวเร่งปฏิกิริยา และสารตั้งต้นอื่นๆ รวมถึงไซเคิลแก๊ส (Cycle Gas) จะถูกฟีด (Feed) เข้าสู่ถังปฏิกรณ์ จากกันถังเพื่อให้สารต่างๆเกิดการฟุ้งกระจายและทำปฏิกิริยากัน กระบวนการฟลูอิดไดซ์เซชัน (Fluidization) หมายถึงกระบวนการที่กลุ่มของของแข็งขนาดเล็กมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระจนมีคุณสมบัติคล้ายกับของไหล โดยอาศัยแก๊สเป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่ ซึ่งตัวแปรหลักที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการทำงานของถังปฏิกรณ์ได้แก่ อุณหภูมิ, ระดับ, ความดัน, น้ำหนัก และค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ ซึ่งค่าของตัวแปรที่วัดได้จากทรานส์มิเตอร์ จะถูกส่งไปยัง DCS เพื่อตามติดการทำงานของถังปฏิกรณ์



รูปที่ 4.1 Piping & Instrument Diaphragm สำหรับถังปฏิกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 Piping & Instrument Diaphragm สำหรับควบคุมค่าความเป็นประจุนึ่งปฏิกิริยา

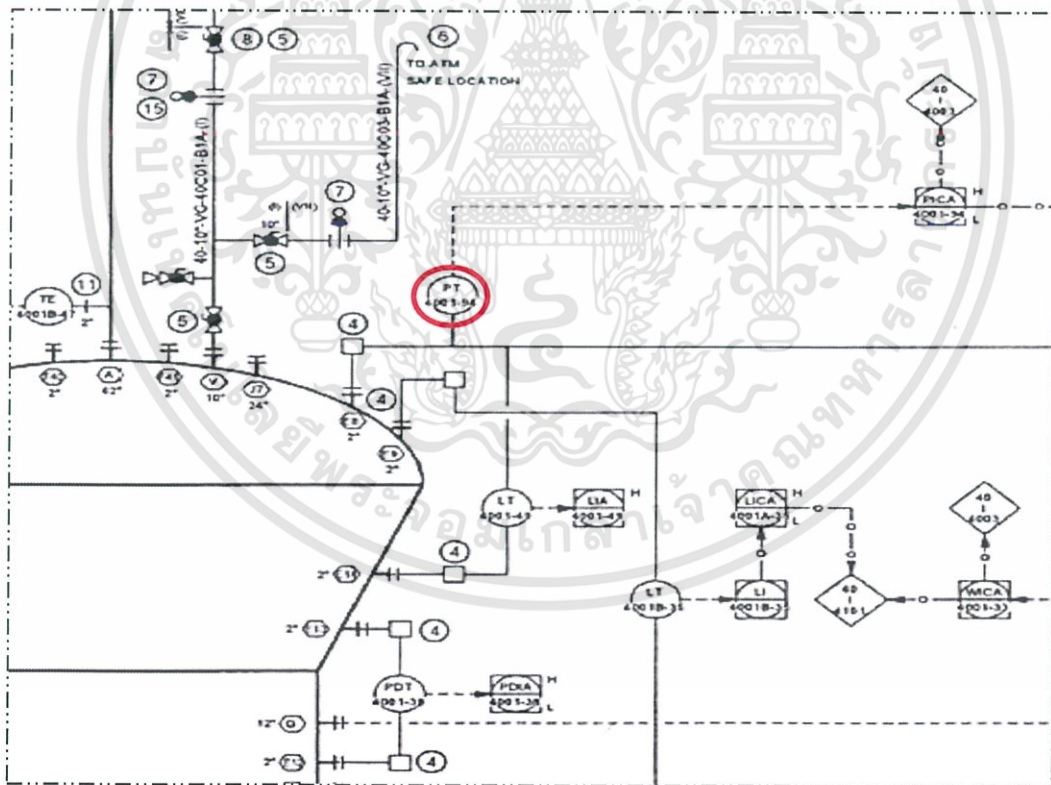
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ค่าความเป็นประจุกภายในถังปฏิกรณ์เป็นตัวแปรสำคัญที่ต้องควบคุม เพื่อให้ค่าความเป็นประจุกในถังปฏิกรณ์มีค่าเป็นกลาง เนื่องจากหากค่าความเป็นประจุกภายในถังปฏิกรณ์มีค่าเป็นบวกหรือเป็นลบมากเกินไปจะทำความร้อนสะสมบริเวณรอบตัวถัง ส่งผลให้เรซินละลายซึ่งเป็นผลเสียต่อกระบวนการ โดยผู้ควบคุมค่าความเป็นประจุกภายในถังปฏิกรณ์จะแสดงตาม P&ID (Piping & Instrument Diaphragm) ดังรูปที่ 4.2

4.2 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์มีดังต่อไปนี้

4.2.1 ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter)

เนื่องจากของไหลในกระบวนการเป็นแบบกัดกร่อนและมีสถานะเป็นของแข็ง ซึ่งสามารถอุดตันที่หัววัดของทรานส์มิเตอร์ได้ ดังนั้นทรานส์มิเตอร์วัดความดันที่ใช้กับถังปฏิกรณ์ จึงเลือกใช้ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Pressure Transmitter) เพื่อป้องกันการอุดตันของทรานส์มิเตอร์ ซึ่งจะส่งผลให้ค่าที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแบบไดอะแฟรมยังมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมและมีย่านการวัดที่เหมาะสม



รูปที่ 4.3 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อกำหนดของโครงการดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 สามารถแสดงเอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดความดันได้ ดังนี้

1.1 ข้อมูลทั่วไปของทรานส์มิเตอร์วัดความดัน สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังนี้

- เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: 40-PT-4000
- อุปกรณ์หรือสถานที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์: ถังปฏิกรณ์
- เลขที่หน้าเอกสาร: LL1- 001- PID- 4000
- พื้นที่เสี่ยงอันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง: Zone 2, IIC, T3 ติดตั้งที่ Field
- ขนาดท่อ: 1 1/2 นิ้ว
- วัสดุที่ใช้ทำท่อ: เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)
- ตำแหน่งของนอตเชิล (Nozzle): E8 ขนาดของนอตเชิล (Nozzle Size): 2 นิ้ว

1.2 ข้อมูลด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ดังนี้

- ชนิดของของไหล และสถานะของของไหล: ไซเคิลแก๊ส (Cycle Gas) สถานะ: แก๊ส
- อุณหภูมิต่ำสุด: 80 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิขณะทำงาน: 85 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสูงสุด: 112 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นของของไหล: 29.67 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- ความหนืดของของไหล: 0.014 เซนต์พอยส์
- ความดันออกแบบสูงสุด: 39.10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- อุณหภูมิออกแบบต่ำสุด: -10 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิออกแบบสูงสุด: 170 องศาเซลเซียส

1.3 ข้อมูลด้านเซนเซอร์และทรานส์มิเตอร์ จะต้องเลือกให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของโครงการและข้อมูลในข้อ 1.2 ดังนี้

- ชนิดของทรานส์มิเตอร์: ไดอะแฟรมทรานส์มิเตอร์
- วัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรม: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- ย่านการวัดที่ใช้งานต่ำสุด: 0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
ย่านการวัดที่ใช้งานสูงสุด: 32 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิเตอร์: อลูมิเนียม
- วัสดุที่ใช้ทำตัวทรานส์มิเตอร์: เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำวาล์วระบาย: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำ O-Rings ที่สัมผัสกับกระบวนการ: ตามผู้จัดจำหน่าย
- ของเหลวที่บรรจุไว้ในไดอะแฟรม: ซิลิโคน
- แหล่งจ่ายไฟ: 2 Wire 24 VDC Loop Powered

- สัญญาณเอาต์พุต: 4 – 20 mA ทำงานร่วมกับ HART โพรโตคอล
- ประเภทของการป้องกันการระเบิด: EExd ตามข้อกำหนดของโครงการ
- ระดับการป้องกันน้ำกันฝุ่น: IP65 ตามข้อกำหนดของโครงการ
- ความเที่ยงตรงของทรานส์มิเตอร์: $\pm 0.065\%$ of Span
- การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว
- การเชื่อมต่อสำหรับแหล่งจ่ายไฟกับทรานส์มิเตอร์: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว

1.4 ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

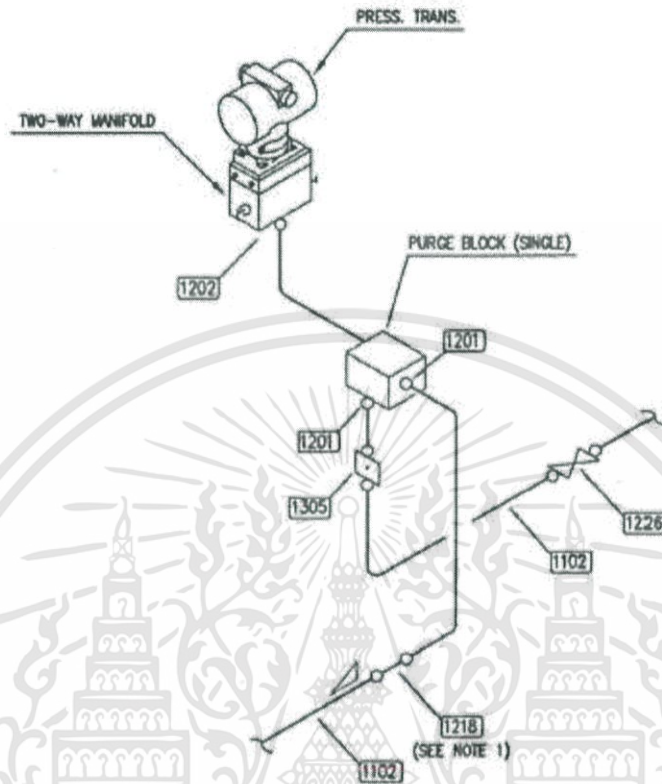
- หน้าจอแสดงผลแบบแอลซีดี (LCD Display): Digital Indicator หน้าจอแสดงผลเป็นแบบดิจิทัล
- การทดสอบด้วยแรงดันน้ำ (Hydrostatic Test): Include หมายถึง ต้องมีการทดสอบด้วยแรงดันน้ำ
- การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protection): Internal หมายถึง อุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงดันสูงชั่วขณะ
- วาล์วmaniโฟลต: ทรานส์มิเตอร์ติดตั้งร่วมกับวาล์วmaniโฟลต 2 ทาง
- วัสดุที่ใช้ทำวาล์วmaniโฟลต: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วาล์วmaniโฟลตเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว
- การติดตั้งอุปกรณ์ท้าวแขวน (Mounting Bracket): 2" Pipe Mounting Bracket หมายถึง ติดตั้งท่อท้าวแขวนสำหรับตัวทรานส์มิเตอร์ขนาด 2 นิ้ว
- ไบร่รับรองคุณภาพ: ต้องมีไบร่รับรองวัสดุ, ไบร่รับรองการสอบเทียบ, ไบร่รับรองค่าความเป็นฉนวน และไบร่ทดสอบการป้องกันการระเบิด
- การตรวจสอบความผิดพลาดของระบบ: NAMUR NE43 เป็นสัญญาณที่ใช้ในการกำหนดระบบ ปฏิบัติการ AO-LL (Analog Output - Lower Limit) และ AO- UL (Analog Output - Upper Limit) ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้มากกว่าสัญญาณมาตรฐานเดิม (4 – 20 mA) เล็กน้อย โดยจะส่งสัญญาณ 3.6 mA หรือ 21.6 mA (ขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้) ไปที่ตัวควบคุมในกรณีที่เกิดการผิดพลาดของระบบ
- ชุดกำจัดสารที่อาจมาติดที่ตัวทรานส์มิเตอร์ (Purge Set or Blowback Purge): Provide Blowback Purge หมายถึง ต้องเตรียมชุด Blowback Purge สำหรับทรานส์มิเตอร์ด้วยเอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดความดัน แสดงดังรูปที่ 4.3

GENERAL	1	Tag Number		40-PT -4000		
	2	Service		Reactor		
	3	P&ID No.		LL1-D01-PID-4000		
	4	Area Classification	Location	Zone 2, IIC, T3	Field	
	5	Line No.	Line Size	schedule	40-1 1/2"-E-XXXX-XX	1 1/2 in
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material	Stainless Steel		
	7	Equipment No.	Nozzle No.			
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase	Cycle Gas	Gas/Vapor	
	9			Minimum	Normal	Maximum
	10	Flow				Units
	11	Temperature		80	85	112
	12	Pressure (DP for Diff Pressure Transmitter)				kgf/cm ² -g
	13	Density			29.87	kg/m ³
	14	Viscosity			0.014	cP
	15	Design Pressure	Design Temperature		39.10	kgf/cm ² -g
TRANSMITTER	16				-10	170
	17	Instrument Range : Min.	Max.		kgf/cm ² -g	kgf/cm ² -g
	18	Calibration Range : Min.	Max.	0	kgf/cm ² -g	32
	19	Housing Material		Aluminum with painting		
	20	Element Type	Element Material	Diaphragm	316 SS as minimum	
	21	Body Material	Body Rating	316 SS as minimum	Manufacturer's Standard	
	22	Process Flanges Material	Vent Valve Material	316 SS as minimum	316 SS as minimum	
	23	Wetted O-Rings Material		By Vendor		
	24	Fill Fluid		Silicone		
	25	Power Supply	Output	2 Wire 24 V DC, Loop Powered	4-20mA with HART Protocol	
	26	Explosion Protection	Enclosure	EEExd (IEC Ex)	IP65 as minimum	
27	System Accuracy		±0.065% of span			
28	Process Connection	Electrical Connection	1/2" NPT(F)	1/2" NPT(F)		
29						
DIAPHRAGM SEAL	30	Process Connection :	Hi Side	Lo Side	-	-
	31	Rating	Hi Side	Lo Side	-	-
	32	Diaphragm Material :	Hi Side	Lo Side	-	-
	33	Housing Material :	Hi Side	Lo Side	-	-
	34	Fill Fluid	Flushing Connection		-	-
	35	Capillary Material		-		
	36	Capillary Type		-		
	37	Capillary Length	Hi Side	Lo Side	-	-
38	Extension Length		-			
OPTIONS	39	LCD Display	Junction Box Housing	Digital Indicator	-	
	40	Remote LCD Display	Distance to Trans.	-	-	
	41	Hydrostatic Testing		Included		
	42	Cleaning		-		
	43	Surge Protection		Internal		
	44	Manifold Valve	Material	Process Connection	2 Ways Manifold	316 SS
45	Mounting Bracket		2" Pipe Mounting Bracket			
PURCHASE	46	Manufacturer	Model			
	47	Detail Model				
	48	Purchase Order No.	Requisition No.			
ADDITIONAL FEATURES	49	Serial Number				
	50	Drawing No.				
	51	Certification		Material, Calibration, Insulation Resistance, Ex proof		
	52	Crippled Mode Detection		Compliance NAMUR NE 43		
	53	Purge set or Blowback block		Provide Blowback Purge		
Notes: See notes						

รูปที่ 4.4 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดความดัน



รูปที่ 4.5 การติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดความดัน

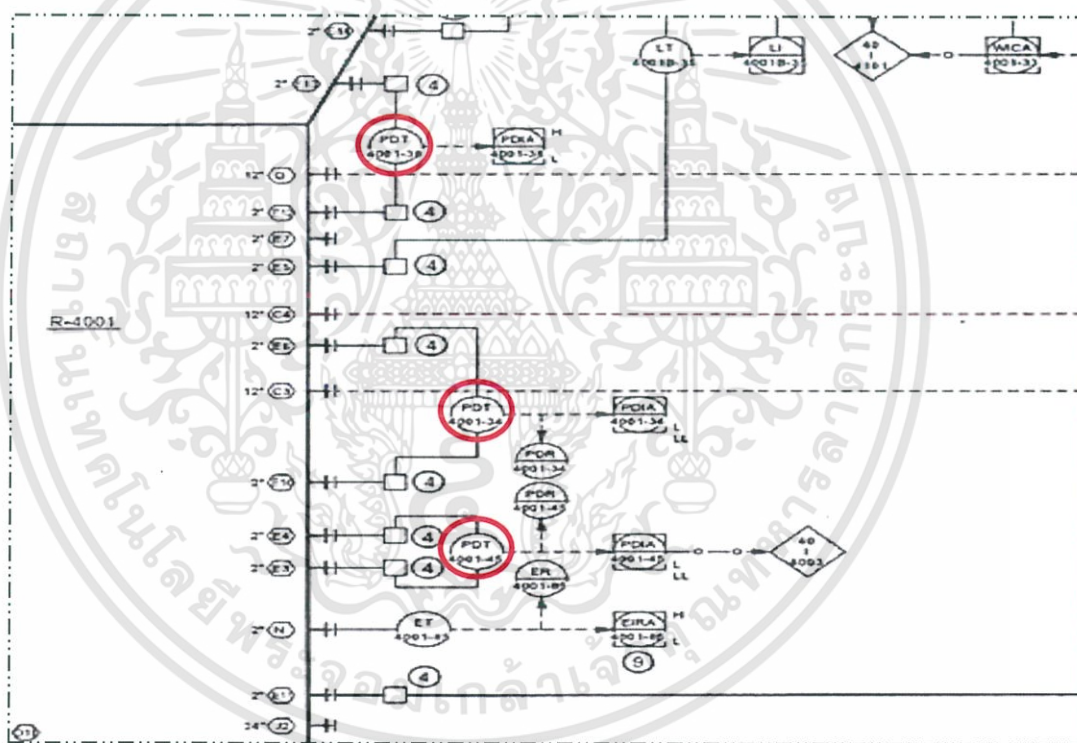
- หมายเหตุ: เมื่อ หมายเลข 1102 คือ Tube หรือท่อขนาดเล็ก
- หมายเลข 1201 คือ Male Connector หรือเกลียวตัวผู้
- หมายเลข 1201 คือ Male Connector หรือเกลียวตัวผู้
- หมายเลข 1218 คือ Union หรือข้อต่อระหว่าง Tube
- หมายเลข 1226 คือ Ball Valve W หรือวาล์วระบาย
- หมายเลข 1305 คือ 5 Micron Filter หรือตัวกรองขนาด 5 ไมครอน

ทรานส์มิเตอร์วัดความดันถูกติดตั้งอยู่ในกระบวนการ โดยเป็นการติดตั้งแบบรีโมท (Remote Type) หมายถึงอุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ถูกติดตั้งห่างจากกระบวนการ ซึ่งสามารถวัดความดันได้โดยความดันจากกระบวนการจะถูกส่งผ่านทาง Tube เข้าสู่ตัวทรานส์มิเตอร์ นอกจากนี้ก่อนถึงทรานส์มิเตอร์มีการติดตั้ง Blowback Purge เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกหรือของไหลที่อาจติดมาในกระบวนการไม่ให้ไปอุดตันที่ตัวทรานส์มิเตอร์ โดย Blowback Purge จะใช้เอทิลีน (Ethylene) ในการกำจัดสิ่งสกปรก ซึ่งจะถูกซัพพลาย (Supplied) จากทางด้านล่างของตัว Blowback Purge และมีฟิลเตอร์

(Filter) กรองสิ่งสกปรกออกจากเอทิลีนก่อนเข้าสู่ตัว Blowback Purge และวาล์วมานิโฟลด์ 2 ทาง เพื่อปรับความดันให้เหมาะสมก่อนเข้าสู่ตัวทรานส์มิเตอร์

4.2.2 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter)

เนื่องจากของไหลในกระบวนการเป็นแบบกักร่อนและมีสถานะเป็นของแข็ง ซึ่งสามารถอุดตันที่หัววัดของทรานส์มิเตอร์ได้ ดังนั้นทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างที่ใช้กับถังปฏิกรณ์ จึงเลือกใช้ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Differential Pressure Transmitter) เพื่อป้องกันการอุดตันของทรานส์มิเตอร์ ส่งผลให้ค่าที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแบบไดอะแฟรม ยังมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม และมีย่านการวัดที่เหมาะสม



รูปที่ 4.6 ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์

จากข้อกำหนดของโครงการดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 สามารถแสดงเอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างได้ ดังนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไปของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังนี้

- เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: 40-PDT-4000
- อุปกรณ์หรือสถานที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์: ไซเคิลแก๊ส (Cycle Gas)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลขที่หน้าเอกสาร: LL1 - 001 - PID - 4000
- พื้นที่เสี่ยงอันตราย และบริเวณที่ติดตั้ง: Zone 2, IIC, T3 ติดตั้งที่ Field
- ขนาดท่อ: 1 1/2 นิ้ว
- วัสดุที่ใช้ทำท่อ: เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

2.2 ข้อมูลด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกระบวนการ ดังนี้

- ชนิดของของไหล และสถานะของของไหล: ไฮโดรเจนแก๊ส (Cycle Gas) สถานะ: แก๊ส
- อุณหภูมิต่ำสุด: 80 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิขณะทำงาน: 83.5 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสูงสุด: 112 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นของของไหล: 29.57 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- ความหนืดของของไหล: 0.014 เซนติพอยส์
- ความดันออกแบบสูงสุด: 31.70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- อุณหภูมิออกแบบต่ำสุด: -10 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิออกแบบสูงสุด: 150 องศาเซลเซียส

2.3 ข้อมูลด้านเซนเซอร์และทรานส์มิเตอร์ จะต้องเลือกให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของโครงการและข้อมูลในข้อ 1.2 ดังนี้

- ชนิดของทรานส์มิเตอร์: ไดอะแฟรมทรานส์มิเตอร์
- วัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรม: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- ย่านการวัดที่ใช้งานต่ำสุด: 0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
ย่านการวัดที่ใช้งานสูงสุด: 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิเตอร์: อลูมิเนียม
- วัสดุที่ใช้ทำตัวทรานส์มิเตอร์: เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำวาล์วระบาย: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำ O-Rings ที่สัมผัสกับกระบวนการ: ตามผู้จัดจำหน่าย
- ของเหลวที่บรรจุไว้ในไดอะแฟรม: ซิลิโคน
- แหล่งจ่ายไฟ: 2 Wire 24 VDC Loop Powered
- สัญญาณเอาต์พุต: 4 - 20 mA ทำงานร่วมกับ HART โปรโตคอล
- ประเภทของการป้องกันการระเบิด: EExd ตามข้อกำหนดของโครงการ
- ระดับการป้องกันน้ำกันฝุ่น: IP65 ตามข้อกำหนดของโครงการ
- ความเที่ยงตรงของทรานส์มิเตอร์: ± 0.065 % of Span
- การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเชื่อมต่อสำหรับแหล่งจ่ายไฟกับทรานส์มิเตอร์: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับ
กระบวนการ การด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว

2.4 ข้อมูลของไดอะแฟรมซีล จะต้องเลือกให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของโครงการ และข้อมูลในข้อ
1.2 ดังนี้

- ส่วนที่เชื่อมกับกระบวนการด้านความดันสูง: 3 นิ้ว
- ส่วนที่เชื่อมกับกระบวนการด้านความดันต่ำ: 3 นิ้ว
- การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: ANSI 300lb RF หมายถึง อัตราการทนต่อความดัน 300
ปอนด์ต่อตารางนิ้ว รูปแบบของผิวหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ทั้งด้าน
ความดันสูงและความดันต่ำ
- วัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรม: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 ทั้งด้านความดันสูงและความดันต่ำ
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์: เหล็กกล้าไร้สนิม
- ของเหลวที่บรรจุไว้ในไดอะแฟรม: ซิลิโคนที่ได้รับการรับรอง (FDA approved Silicone)
หมายถึง ซิลิโคนจะต้องไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี หรือมีส่วนผสมของสารกัมมันตรังสี
ยกตัวอย่างเช่น ตะกั่ว เป็นต้น
- วัสดุที่ใช้ทำท่อแคปิลารี: เหล็กกล้าไร้สนิม
- ชนิดของท่อแคปิลารี: เป็นแบบเกลียวล้อมรอบ (Spiral Wound Armor)
- ความยาวของเอกซ์เทนชันไดอะแฟรม (Extension Diaphragm): 230 มิลลิเมตร

2.5 ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- หน้าจอแสดงผลแบบแอลซีดี (LCD Display): Digital Indicator หน้าจอแสดงผลเป็น
แบบดิจิทัล
- การทดสอบด้วยแรงดันน้ำ (Hydrostatic Test): Include หมายถึง ต้องมีการทดสอบด้วย
แรงดันน้ำ
- การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protection):
Internal หมายถึง อุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหาย
เนื่องจากแรงดันสูงชั่วขณะ
- วาล์วmaniโฟลต: ทรานส์มิเตอร์ติดตั้งร่วมกับวาล์วmaniโฟลต 3 ทาง
- วัสดุที่ใช้ทำวาล์วmaniโฟลต: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วาล์วmaniโฟลตเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการ
ด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว
- การติดตั้งอุปกรณ์ท้าวแขวน (Mounting Bracket): 2" Pipe Mounting Bracket
หมายถึง ติดตั้งท่อท้าวแขวนสำหรับตัวทรานส์มิเตอร์ขนาด 2 นิ้ว
- ไบร่รับรองคุณภาพ: ต้องมีไบร่รับรองวัสดุ, ไบร่รับรองการสอบเทียบ, ไบร่รับรองค่าความเป็น
ฉนวน และไบร่ทดสอบการป้องกันการระเบิด

- การตรวจสอบความผิดพลาดของระบบ: NAMUR NE43 เป็นสัญญาณที่ใช้ในการกำหนดระบบ ปฏิบัติการ AO-LL (Analog Output - Lower Limit) และ AO-UL (Analog Output - Upper Limit) ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้มากกว่าสัญญาณมาตรฐานเดิม (4 – 20 mA) เล็กน้อย โดยจะส่งสัญญาณ 3.6 mA หรือ 21.6 mA (ขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้) ไปที่ตัวควบคุมในกรณีที่เกิดการผิดพลาดของระบบ
- เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง แสดงดังรูปที่ 4.7

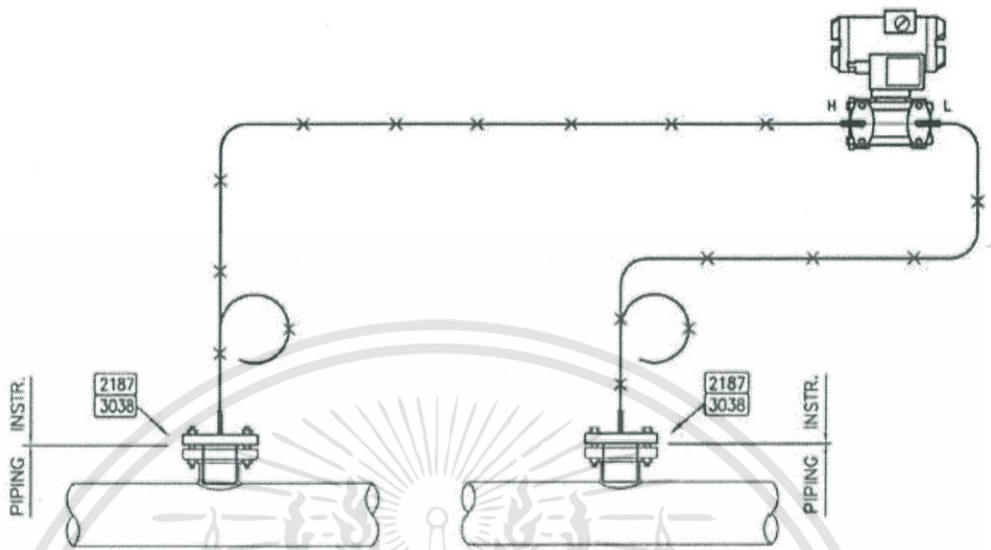


GENERAL	1	Tag Number	40-PDT -4000		
	2	Service	Cycle Gas		
	3	P&ID No.	LL1-001-PID-4000		
	4	Area Classification	Location	Zone 2, IIC, T3	Field
	5	Line No.	Line Size	schedule	40-1 1/2"-E-XXXX-XX
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material	Stainless Steel	
	7	Equipment No.	Nozzle No.	-	
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase	Cycle Gas	Gas/Vapor
	9			Minimum	Normal
	10	Flow			Maximum
	11	Temperature			Units
	12	Pressure (DP for Diff Pressure Transmitter)	60	83.5	112
	13	Density		29.57	
	14	Viscosity		0.014	
15	Design Pressure	Design Temperature	31.70	kgf/cm ² -g	-10 150 °C
TRANSMITTER	17	Instrument Range : Min.	Max.	kgf/cm ² -g	kgf/cm ² -g
	18	Calibration Range : Min.	Max.	0	3
	19	Housing Material	Aluminum with painting		
	20	Element Type	Element Material	Diaphragm	316 SS as minimum
	21	Body Material	Body Rating	316 SS as minimum	Manufacturer's Standard
	22	Process Flanges Material	Vent Valve Material	316 SS as minimum	316 SS as minimum
	23	Wetted O-Rings Material	By Vendor		
	24	Fill Fluid	Silicone		
	25	Power Supply	Output	2 Wire 24 V DC, Loop Powered	4-20mA with HART Protocol
	26	Explosion Protection	Enclosure	EExd (IEC Ex)	IP65 as minimum
27	System Accuracy	±0.065% of span			
28	Process Connection	Electrical Connection	1/2" NPT(F)	1/2" NPT(F)	
DIAPHRAGM SEAL	30	Process Connection : Hi Side	Lo Side	3"	3"
	31	Rating	Hi Side	Lo Side	ANSI 300lb RF
	32	Diaphragm Material :	Hi Side	Lo Side	316 SS as minimum
	33	Housing Material :	Hi Side	Lo Side	Stainless Steel
	34	Fill Fluid	Flushing Connection	FDA approved Silicone	-
	35	Capillary Material	Stainless Steel		
	36	Capillary Type	Spiral Wound Armor		
	37	Capillary Length	Hi Side	Lo Side	-
OPTIONS	38	Extension Length	230 mm		
	39	LCD Display	Junction Box Housing	Digital Indicator	-
	40	Remote LCD Display	Distance to Trans.	-	-
	41	Hydrostatic Testing	Included		
	42	Cleaning	-		
	43	Surge Protection	Internal		
	44	Manifold Valve	Material	Process Connection	3 Ways Manifold
45	Mounting Bracket	2" Pipe Mounting Bracket			
PURCHASE	46	Manufacturer	Model		
	47	Detail Model			
	48	Purchase Order No.	Requisition No.		
ADDITIONAL FEATURES	49	Serial Number			
	50	Drawing No.			
	51	Certification	Material, Calibration, Insulation Resistance, Ex proof		
52	Crippled Mode Detection	Compliance NAMUR NE 43			
53	Purge set or Blowback block				
Notes: See notes					

รูปที่ 4.7 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง



รูปที่ 4.8 การติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง

หมายเหตุ: หมายเลข 2187 คือ Gasket หรือปะเก็น

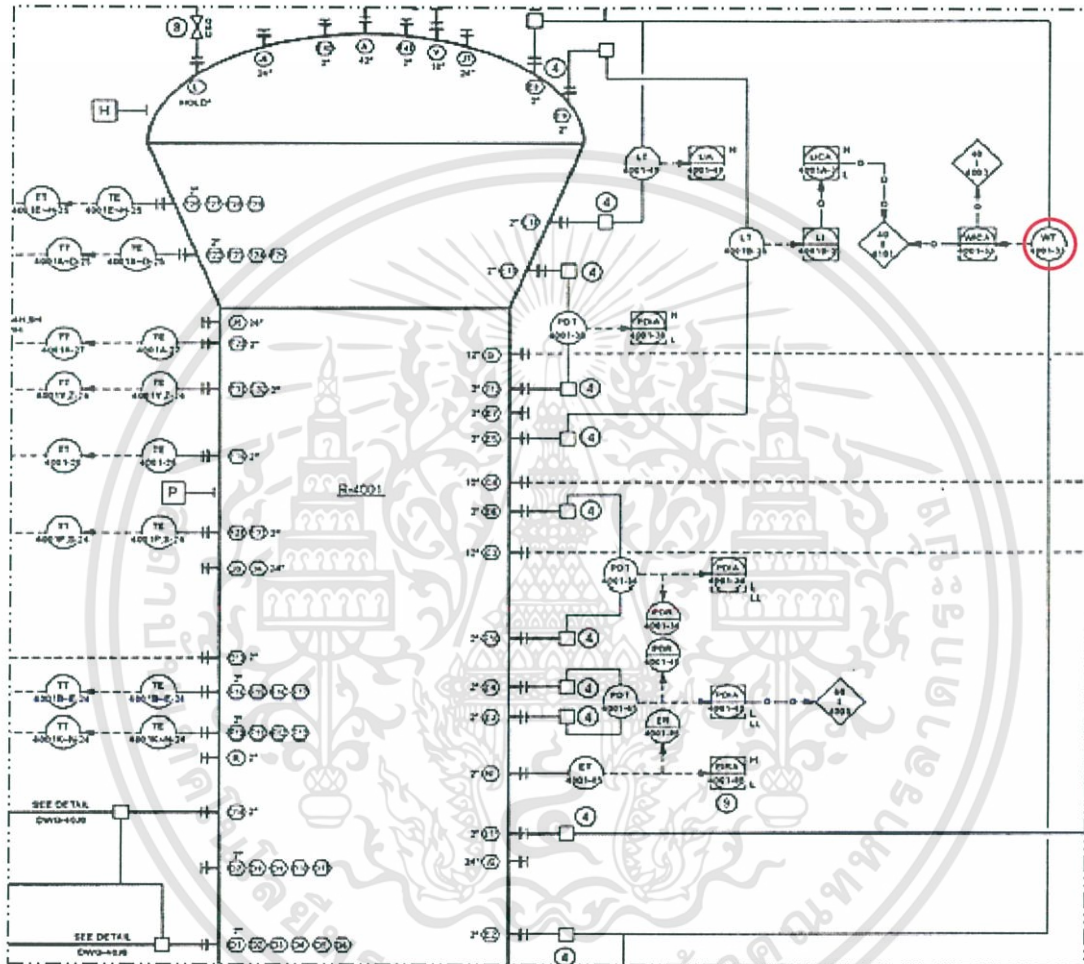
หมายเลข 3038 คือ S.Bolt/Nut หรือสลักเกลียวและน็อต

ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างถูกติดตั้งอยู่ในกระบวนการ โดยเป็นการติดตั้งแบบรีโมท (Remote Type) หมายถึงอุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ถูกติดตั้งห่างจากกระบวนการ ซึ่งสามารถวัดความดันได้โดยความดันจากกระบวนการทั้งด้านความดันสูงและความดันต่ำจะถูกส่งผ่านทาง Capillary เข้าสู่ตัวทรานส์มิเตอร์ โดยจะติดตั้งเอกซ์เทนชันไดอะแฟรม (Extension Diaphragm) ขนาด 3 นิ้ว ยาว 230 มิลลิเมตร ประกอบเข้าไปในนอทเชิล (Nozzle) เพื่อป้องกันการอุดตันภายในนอทเชิล (Nozzle) โดยใช้สลักเกลียวน็อต (S.Bolt/Nut) และปะเก็น (Gasket) ทำหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

4.2.3 ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง (Weight Transmitter with Differential Pressure)

เนื่องจากของไหลในกระบวนการเป็นแบบกักต่อนและมีสถานะเป็นของแข็ง ซึ่งสามารถอุดตันที่หัววัดของทรานส์มิเตอร์ได้ ดังนั้นทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง (Weight Transmitter with Pressure Transmitter) หรือทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง โดยนำค่าความดันแตกต่างที่ได้มาคำนวณเพื่อหาน้ำหนักของเรซินในถังปฏิกรณ์ โดยทรานส์มิเตอร์วัด

ความดันแตกต่างที่ใช้จึงเลือกใช้ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Differential Pressure Transmitter) เพื่อป้องกันการอุดตันของตัวทรานส์มิเตอร์ ซึ่งส่งผลให้ค่าที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแบบไดอะแฟรมยังมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม และมี्यानการวัดที่เหมาะสม



รูปที่ 4.9 ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักร่วมด้วยหลักการความดันแตกต่างที่ติดตั้งอยู่ในระบบถังปฏิกรณ์

จากข้อกำหนดของโครงการดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 สามารถแสดงเอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักร่วมด้วยหลักการความดันแตกต่างได้ ดังนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไปของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังนี้

- เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: 40-WT-4000
- อุปกรณ์หรือสถานที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์: ถังปฏิกรณ์
- เลขที่หน้าเอกสาร: LL1- 001- PID - 4000
- พื้นที่เสี่ยงอันตราย และบริเวณที่ติดตั้ง: Zone 2, IIA, T3 ติดตั้งที่ Field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 82 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขนาดท่อ: 1 1/2 นิ้ว
- วัสดุที่ใช้ทำท่อ: เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)
- ตำแหน่งของนอทเชิล (Nozzle): E2, E8 ขนาดของนอทเชิล (Nozzle Size): 2 นิ้ว

3.2 ข้อมูลด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกระบวนการ ดังนี้

- ชนิดของของไหลและสถานะของของไหล: โพลีเอทิลีน (Polyethylene) สถานะ: ของแข็งมีลักษณะคล้ายผงแป้ง
- อุณหภูมิต่ำสุด: 80 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิขณะทำงาน: 85 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสูงสุด: 112 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นของของไหล: 237 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- ความดันออกแบบสูงสุด: 39.10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- อุณหภูมิออกแบบต่ำสุด: -10 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิออกแบบสูงสุด: 170 องศาเซลเซียส

3.3 ข้อมูลด้านเซนเซอร์และทรานส์มิเตอร์ จะต้องเลือกให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของโครงการและข้อมูลในข้อ 1.2 ดังนี้

- ชนิดของทรานส์มิเตอร์: ไดอะแฟรมทรานส์มิเตอร์
- วัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรม: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- ย่านการวัดที่ใช้งานต่ำสุด: 0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
ย่านการวัดที่ใช้งานสูงสุด: 0.681 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิเตอร์: อลูมิเนียม
- วัสดุที่ใช้ทำตัวทรานส์มิเตอร์: เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำวาล์วระบาย: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วัสดุที่ใช้ทำ O-Rings ที่สัมผัสกับกระบวนการ: ตามผู้จัดจำหน่าย
- ของเหลวที่บรรจุไว้ในไดอะแฟรม: ซิลิโคน
- แหล่งจ่ายไฟ: 2 Wire 24 VDC Loop Powered
- สัญญาณเอาต์พุต: 4 – 20 mA ทำงานร่วมกับ HART โพรโตคอล
- ประเภทของการป้องกันการระเบิด: EExd ตามข้อกำหนดของโครงการ
- ระดับการป้องกันน้ำกันฝุ่น : IP65 ตามข้อกำหนดของโครงการ
- ความเที่ยงตรงของทรานส์มิเตอร์: ± 0.065 % of Span
- การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว

- การเชื่อมต่อสำหรับแหล่งจ่ายไฟกับทรานส์มิเตอร์: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว

3.4 ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- หน้าจอแสดงผลแบบแอลซีดี (LCD Display): Digital Indicator หน้าจอแสดงผลเป็นแบบดิจิทัล
- การทดสอบด้วยแรงดันน้ำ (Hydrostatic Test): Include หมายถึง ต้องมีการทดสอบด้วยแรงดันน้ำ
- การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protection): Internal หมายถึง อุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงดันสูงชั่วขณะ
- วาล์วmaniโฟลด์: ทรานส์มิเตอร์ติดตั้งร่วมกับวาล์วmaniโฟลด์ 3 ทาง
- วัสดุที่ใช้ทำวาล์วmaniโฟลด์: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วาล์วmaniโฟลด์เชื่อมต่อกับกระบวนการ: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียว ตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว
- การติดตั้งอุปกรณ์ท้าวแขวน (Mounting Bracket): 2" Pipe Mounting Bracket หมายถึง ติดตั้งท่อท้าวแขวนสำหรับตัวทรานส์มิเตอร์ขนาด 2 นิ้ว
- ใบรับรองคุณภาพ: ต้องมีใบรับรองวัสดุ, ใบรับรองการสอบเทียบ, ใบรับรองค่าความเป็นฉนวน และใบทดสอบการป้องกันการระเบิด
- การตรวจสอบความผิดพลาดของระบบ: NAMUR NE43 เป็นสัญญาณที่ใช้ในการกำหนดระบบ ปฏิบัติการ AO-LL (Analog Output- Lower Limit) และ AO-UL (Analog Output-Upper Limit) ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้มากกว่าสัญญาณมาตรฐานเดิม (4 – 20 mA) เล็กน้อย โดยจะส่งสัญญาณ 3.6 mA หรือ 21.6 mA (ขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้) ไปที่ตัวควบคุมในกรณีที่เกิดการผิดพลาดของระบบ
- ชุดกำจัดสารที่อาจมาติดที่ตัวทรานส์มิเตอร์ (Purge set or Blowback purge): Provide Blowback Purge หมายถึง ต้องเตรียมชุด Blowback Purge สำหรับทรานส์มิเตอร์ด้วย

3.5 หมายเหตุ

- สถานะของของไหล (Fluid Condition): ฟลูอิดไดซ์โซลิด (Fluidize Solid) หมายถึง ของแข็งที่มีอนุภาคเล็กมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยอาศัยแก๊สเป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่
- สูตรการคำนวณเพื่อเปลี่ยนค่าความดันแตกต่างที่วัดได้เป็นน้ำหนักของเรซิน
น้ำหนักเรซิน (กิโลกรัม) = [ค่าความดันแตกต่างที่ระหว่างนอทเซล 2 และ 8 (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)] * [พื้นที่หน้าตัดของถังปฏิกรณ์ (ตารางเซนติเมตร)]

เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักร่วมด้วยหลักการความดันแตกต่าง
แสดงดังรูปที่ 4.10

GENERAL	1	Tag Number	40-WT -4000			
	2	Service	Reactor			
	3	P&ID No.	LL1-001-PID-4000			
	4	Area Classification	Location	Zone 2, IIA, T3	Field	
	5	Line No.	Line Size	schedule	40-1 1/2"-E-XXXX-XX	
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material	Stainless Steel		
	7	Equipment No.	Nozzle No.	Reactor	E2, E8	
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase	Polyethylene	Solid/Power	
	9		Minimum	Normal	Maximum	
	10	Flow			Units	
	11	Temperature	80	85	112	
	12	Pressure (DP for Diff Pressure Transmitter)			kgf/cm ² -g	
	13	Density		237	kg/m ³	
	14	Viscosity			cP	
	15	Design Pressure	Design Temperature	39.10	kgf/cm ² -g	-10
TRANSMITTER	16		170	°C		
	17	Instrument Range : Min.	Max.	kgf/cm ² -g	kgf/cm ² -g	
	18	Calibration Range : Min.	Max.	0	kgf/cm ² -g	0.68t
	19	Housing Material	Aluminum with painting			
	20	Element Type	Element Material	Diaphragm	316 SS as minimum	
	21	Body Material	Body Rating	316 SS as minimum	Manufacturer's Standard	
	22	Process Flanges Material	Vent Valve Material	316 SS as minimum	316 SS as minimum	
	23	Wetted O-Rings Material	By Vendor			
	24	Fill Fluid	Silicone			
	25	Power Supply	Output	2 Wire 24 V DC. Loop Powered	4-20mA with HART Protocol	
DIAPHRAGM SEAL	26	Explosion Protection	Enclosure	EExd (IEC Ex)	IP65 as minimum	
	27	System Accuracy	±0.085% of span			
	28	Process Connection	Electrical Connection	1/2" NPT(F)	1/2" NPT(F)	
	29					
	30	Process Connection :	Hi Side	Lo Side	-	
	31	Rating	Hi Side	Lo Side	-	
	32	Diaphragm Material :	Hi Side	Lo Side	-	
	33	Housing Material :	Hi Side	Lo Side	-	
	34	Fill Fluid	Flushing Connection			
	35	Capillary Material	-			
OPTIONS	36	Capillary Type	-			
	37	Capillary Length	Hi Side	Lo Side	-	
	38	Extension Length	-			
	39	LCD Display	Junction Box Housing	Digital Indicator	-	
	40	Remote LCD Display	Distance to Trans.	-	-	
	41	Hydrostatic Testing	Included			
	42	Cleaning	-			
	43	Surge Protection	Internal			
44	Manifold Valve	Material	Process Connection	3 Ways Manifold		
PURCHASE	45	Mounting Bracket	2" Pipe Mounting Bracket			
	46	Manufacturer	Model			
	47	Detail Model				
	48	Purchase Order No.	Requisition No.			
ADDITIONAL FEATURES	49	Serial Number				
	50	Drawing No.	-			
	51	Certification	Material, Calibration, Insulation Resistance, Ex proof			
52	Crippled Mode Detection	Compliance NAMUR NE 43				
53	Purge set or Blowback block	As per detail "G" on P&ID-4000.				
Notes: See notes						

รูปที่ 4.10 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักร่วมด้วยหลักการความดันแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tag Number : 40-WT -4000

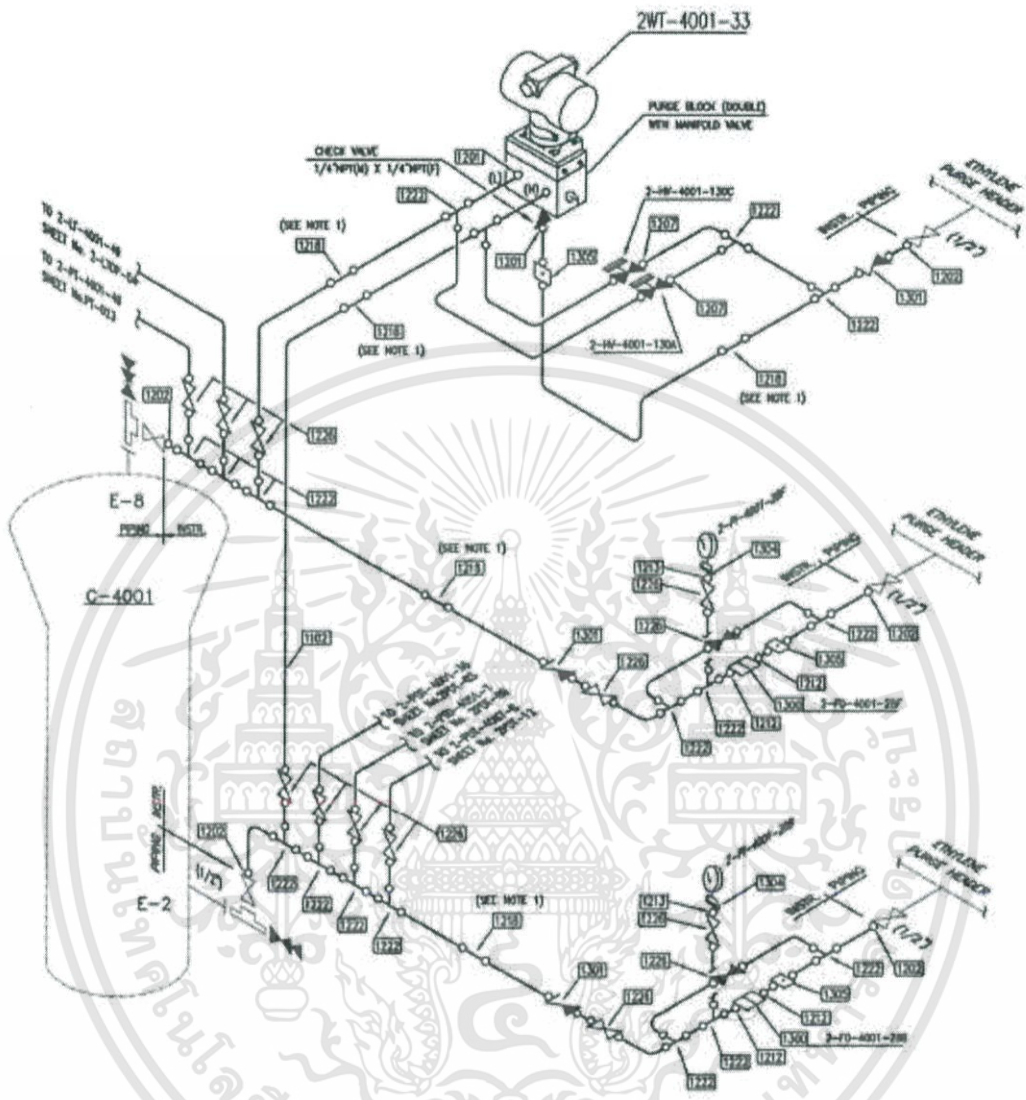
1. Line 8 : "Fluid Condition" is Fluidize Solid.
2. Bed weight is calculated by taking the measured pressure differential between nozzels E2 to E8 and multiplying this dP by the bed cross section area.
Bed weight (kg) = [Pressure drop from E2 to E8 (kg/cm²) * Reactor cross sectional area (m² * 10000)]



รูปที่ 4.10 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง



รูปที่ 4.11 การติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักด้วยหลักการความดันแตกต่าง

หมายเหตุ: หมายเลข 1102 คือ Tube หรือท่อขนาดเล็ก

หมายเลข 1201 คือ Male Connector หรือเกลียวตัวผู้

หมายเลข 1202 คือ Male Connector หรือเกลียวตัวผู้

หมายเลข 1207 คือ Reducer หรืออุปกรณ์ลดขนาดท่อ

หมายเลข 1212 คือ Female Connector หรือเกลียวตัวเมีย

หมายเลข 1213 คือ Female Connector หรือเกลียวตัวเมีย

หมายเลข 1218 คือ Union หรือข้อต่อระหว่าง Tube

หมายเลข 1222 คือ Union Tee หรือข้อต่อสามทางระหว่าง Tube

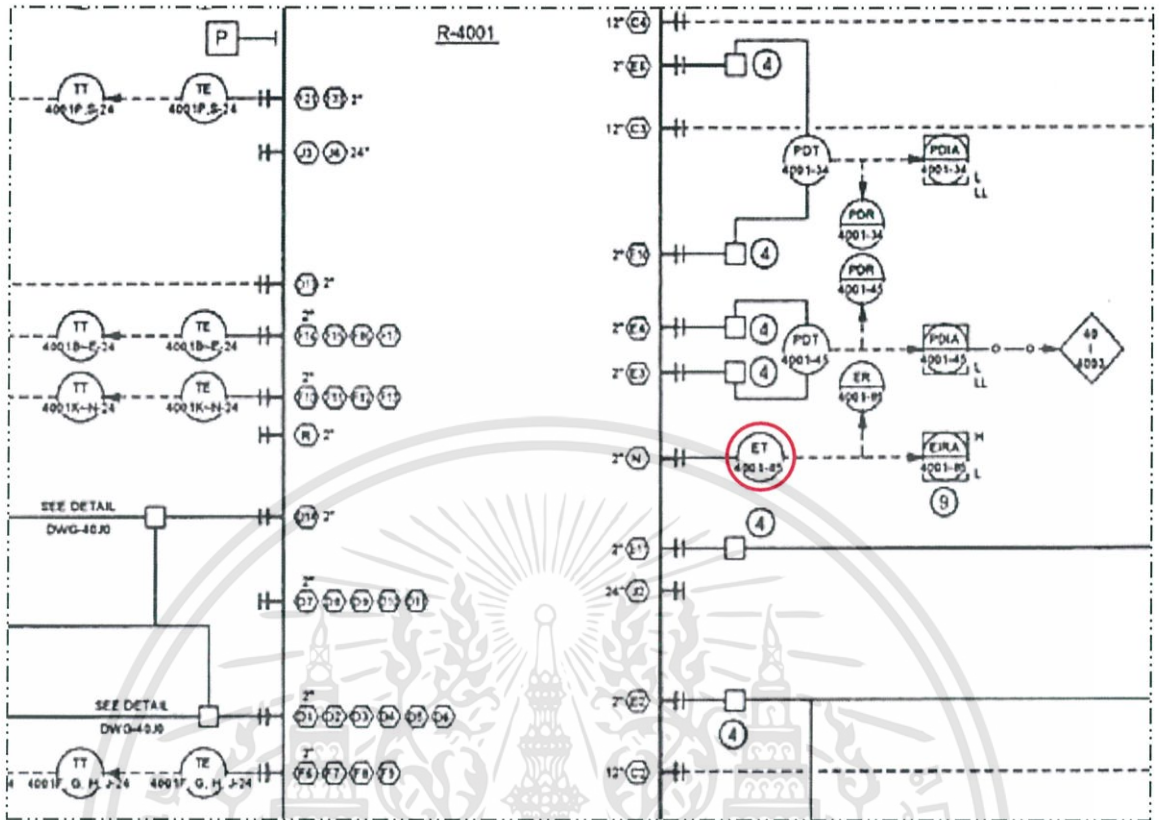
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 1226 คือ Ball Valve W/Union หรือวาล์วระบายและข้อต่อระหว่าง Tube
หมายเลข 1301 คือ Check Valve W/Union หรือวาล์วกันกลับและข้อต่อระหว่าง Tube
หมายเลข 1300 คือ Orifice Nipple หรือนิพเปิลออริฟิส
หมายเลข 1304 คือ Gauge Connector หรือเกลียวเชื่อมต่อเกจ
หมายเลข 1305 คือ 5 Micron Filter หรือตัวกรองขนาด 5 ไมครอน

ทรานส์มิเตอร์วัดน้ำหนักร่วมด้วยหลักการความดันแตกต่างถูกติดตั้งอยู่ในกระบวนการ โดยเป็นการติดตั้งแบบรีโมท (Remote Type) หมายถึงอุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ถูกติดตั้งห่างจากกระบวนการ ซึ่งสามารถวัดความดันได้โดยวัดความดันระหว่างท่อนอเทซีล (Nozzle) ที่ 2 และ 8 ที่ยื่นออกมาจากถังปฏิกรณ์ โดยความดันภายในถังปฏิกรณ์จะถูกส่งผ่าน Tube เข้าสู่ตัวทรานส์มิเตอร์ นอกจากนี้ก่อนถึงทรานส์มิเตอร์มีการติดตั้ง Blowback Purge เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกหรือของไหลที่อาจติดมาในกระบวนการไม่ให้ไปอุดตันที่ตัวทรานส์มิเตอร์ โดย Blowback Purge จะใช้เอทิลีน (Ethylene) ในการกำจัดสิ่งสกปรก ซึ่งจะถูกซัพพลาย (Supplied) จากทางด้านล่างของตัว Blowback Purge และมีฟิลเตอร์ (Filter) กรองสิ่งสกปรกออกจากเอทิลีนก่อนเข้าสู่ตัว Blowback Purge และวาล์วมานิโพลด์ 2 ทางเพื่อปรับความดันให้เหมาะสมก่อนเข้าสู่ตัวทรานส์มิเตอร์

4.2.4 ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ (Electrostatic Probe)

เนื่องจากต้องการให้ค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์มีค่าเป็นกลาง เพราะว่าถ้าค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์มีค่าสูงหรือต่ำเกินไปจะส่งผลให้เกิดความร้อนสะสมที่บริเวณตัวถังปฏิกรณ์ ซึ่งความร้อนเหล่านี้จะทำให้เรซินละลายจับตัวเป็นก้อนซึ่งส่งผลเสียต่อกระบวนการ จึงต้องมีอุปกรณ์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ เพื่อตรวจสอบค่าความเป็นประจุว่ามีค่าเป็นบวกหรือลบ โดยมีการแจ้งเตือนต่อผู้ปฏิบัติการผ่านระบบ DCS เมื่อค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์มีค่าสูงหรือต่ำเกินไป นอกจากนี้ยังมีหน้าจอแสดงผลแบบดิจิตอล (Digital Indicator) และมีการส่งสัญญาณไปที่ห้องควบคุม (Control Room) นอกจากนี้ยังมีการส่งสัญญาณไปที่ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุ (Reaction Static Control Unit) เพื่อควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ให้คงที่อีกด้วย



รูปที่ 4.12 ทหรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์

จากข้อกำหนดของโครงการดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 สามารถแสดงเอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ได้ ดังนี้

4.1 ข้อมูลทั่วไปของทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังนี้

- เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: 40-ET-4000
- อุปกรณ์หรือสถานที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์: ถังปฏิกรณ์
- เลขที่หน้าเอกสาร: LL1- 001- PID - 4000
- พื้นที่เสี่ยงอันตราย และบริเวณที่ติดตั้ง: Zone 2, IIB, T3 ติดตั้งที่ Field
- ตำแหน่งของนอทเชิล (Nozzle): N ขนาดของนอทเชิล (Nozzle Size): 2 นิ้ว

4.2 ข้อมูลด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกระบวนการ ดังนี้

- ชนิดของของไหลและสถานะของของไหล: โพลีเอทิลีน (Polyethylene) สถานะ: ของแข็งมีลักษณะคล้ายผงแป้ง
- ความดันออกแบบสูงสุด: 29.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- อุณหภูมิออกแบบต่ำสุด: -10 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิออกแบบสูงสุด: 170 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุณหภูมิโดยรอบ: 40 องศาเซลเซียส
- ค่าความชื้นสัมพัทธ์: 85.2 %

4.3 ข้อมูลหัววัด ได้มาจากผู้จัดจำหน่าย ดังนี้

- ขนาดของหัววัด (Probe)
ขนาดของหัววัดที่อยู่ด้านนอกถึงปฏิกรณ์ (Body) : 247.7 มิลลิเมตร
ขนาดของหัววัดที่อยู่ด้านในถึงปฏิกรณ์ (Tip): 38.1 ± 3.2 มิลลิเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกของหัววัด (OD.): 52.6 ± 3.2 มิลลิเมตร
- หน้าแปลนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: 2" ANSI 300lb หมายถึง มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 2 นิ้ว มีอัตราการทนความดัน 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: ตามผู้จัดจำหน่าย
- ความเที่ยงตรงของทรานส์มิเตอร์: ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย

4.4 ข้อมูลด้านเซนเซอร์และทรานส์มิเตอร์ จะต้องเลือกให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของโครงการและข้อมูลในข้อ 4.2 ดังนี้

- ชนิดของทรานส์มิเตอร์: แบบอินทิกรัล (Integral Type) หมายถึงตัวเซนเซอร์และทรานส์มิเตอร์อยู่ด้วยกัน
- สัญญาณอินพุท: +3000 V ถึง -3000 V
- สัญญาณเอาต์พุท: 4 – 20 mA
- แหล่งจ่ายไฟ: 220 VAC
- ประเภทของการป้องกันการระเบิด: EExp
- ระดับการป้องกันน้ำกันฝุ่น: IP65 ตามข้อกำหนดของโครงการ
- การเชื่อมต่อสำหรับแหล่งจ่ายไฟกับทรานส์มิเตอร์: 1/2" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว
- ความเที่ยงตรงของทรานส์มิเตอร์: ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย
- การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protection): Internal หมายถึง อุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงดันสูงชั่วขณะ
- การสอบเทียบทรานส์มิเตอร์ (Calibration Point) +3000 V: 4 mA
0 V: 12 mA
-3000 V: 20 mA

4.5 อุปกรณ์ห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- ขนาดของอุปกรณ์ห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์: ตามผู้ผลิต
- แก๊สที่ใช้ในการไล่สารที่ก่อให้เกิดการระเบิด: 0.32 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (Nm³/h) ไนโตรเจน หมายถึงกระบวนการป้องกันการระเบิดที่ใช้กับทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุเป็นแบบ EExp ซึ่งก็คือการอัดแก๊สไนโตรเจนด้วยอัตรา 0.32 ลูกบาศก์เมตรต่อ ชั่วโมงเข้าไปในอุปกรณ์ห่อหุ้มเพื่อป้องกันการสะสมของสารที่ก่อให้เกิดการระเบิด

- วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์: เหล็กกล้าไร้สนิม
- การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์กับท่ออัดแก๊สไล่สารที่ก่อให้เกิดการระเบิด: 1/4" OD หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกของท่อมีขนาด 1/4 นิ้ว

4.6 ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- ใบรับรองคุณภาพ: ต้องมีใบรับรองวัสดุ, ใบรับรองการสอบเทียบ และใบทดสอบการป้องกันการระเบิด
- การตรวจสอบความผิดพลาดของระบบ: NAMUR NE43 เป็นสัญญาณที่ใช้ในการกำหนดระบบ ปฏิบัติการ AO-LL (Analog Output-Lower Limit) และ AO-UL (Analog Output-Upper Limit) ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้มากกว่า สัญญาณมาตรฐานเดิม (4 – 20 mA) เล็กน้อย โดยจะส่งสัญญาณ 3.6 mA หรือ 21.6 mA (ขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้) ไปที่ตัวควบคุมในกรณีที่เกิดการผิดพลาดของระบบ

4.7 หมายเหตุ

- ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุจะต้องมีการติดตั้งสายดิน
- ทรานส์มิเตอร์จะต้องมีการรับรอง SIL 2 หมายถึง ค่าระดับความปลอดภัยหรือค่าจำนวนความผิดพลาดในการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งจะถูกกำหนดในระหว่างการวิเคราะห์ความอันตรายของกระบวนการผลิต โดยค่า SIL 2 จะได้มาจากการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตราย
- ความยาวของนอทเชิล N: 222.3 มิลลิเมตร
- การป้องกันแรงดันเกิน: 7.5 กิโลโวลต์

เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์แสดง ดังรูปที่ 4.14

GENERAL	1	Tag Number	40-ET -4000		
	2	Service	Reactor Electrostatic Probe		
	3	P&ID No.	LL1-001-PID-4000		
	4	Area Classification	Location	Zone 2, IIB, T3	Field
	5	Equipment Number	Nozzle Number	Reactor	N
OPERATING CONDITION	6	Fluid Name	Fluid Phase	Polyethylene	Solid/Powder
	7		Minimum	Maximum	Units
	8	Design Temperature :	-10	170	°C
	9	Design Pressure :		29.7	kgf/cm ² -g
	10	Density			kg/m ³
	11	Ambient Temperature	40	°C	
	12	Relative Humidity	85.2	%	
PROBE	14		Body	247.7 mm	
	15	Dimension	Tip	38.1 +/- 3.2 mm	
	16		OD.	52.6 +/- 3.2 mm	
	17	Mounting Flange	Material	2" ANSI 300 lb	By Vendor
	18	Accuracy	Manufacturer's Standard		
TRANSMITTER	19	Type	Integral Type		
	20	Input Range	+3000 V to -3000 V		
	21	Output	4-20 mA		
	22	Power Supply	220 VAC		
	23	Explosion Protection	EExp (IEC Ex)		
	24	Enclosure	IP65 as minimum		
	25	Electrical Connection	1/2" NPT(F)		
	26	System Accuracy	Manufacturer's Standard		
	27	Surge Protection	Integral		
	28		3000 V	4 mA	
ELECTRONIC HOUSING	31	Dimension (L x H x W)	By Vendor		
	32	Housing Purge Gas	0.32 Nm ³ /h Nitrogen		
	33	Material of Construction	Stainless Steel		
PURCHASE	34	Painting	-		
	35	Purge connection	1/4" OD		
	36				
	37				
	38	Manufacturer			
ADDITIONAL FEATURES	39	Model			
	40	Purchase Order No.	Requisition No.		
	41	Serial Number			
ADDITIONAL FEATURES	42	Drawing No.	-		
	43	Certification	Material, Calibration, Ex. proof.		
	44	Cripple Mode Detection	Compliance NAMUR NE 43		
	45	Other	-		
Notes: See notes					

รูปที่ 4.13 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tag Number : 40-ET -4000

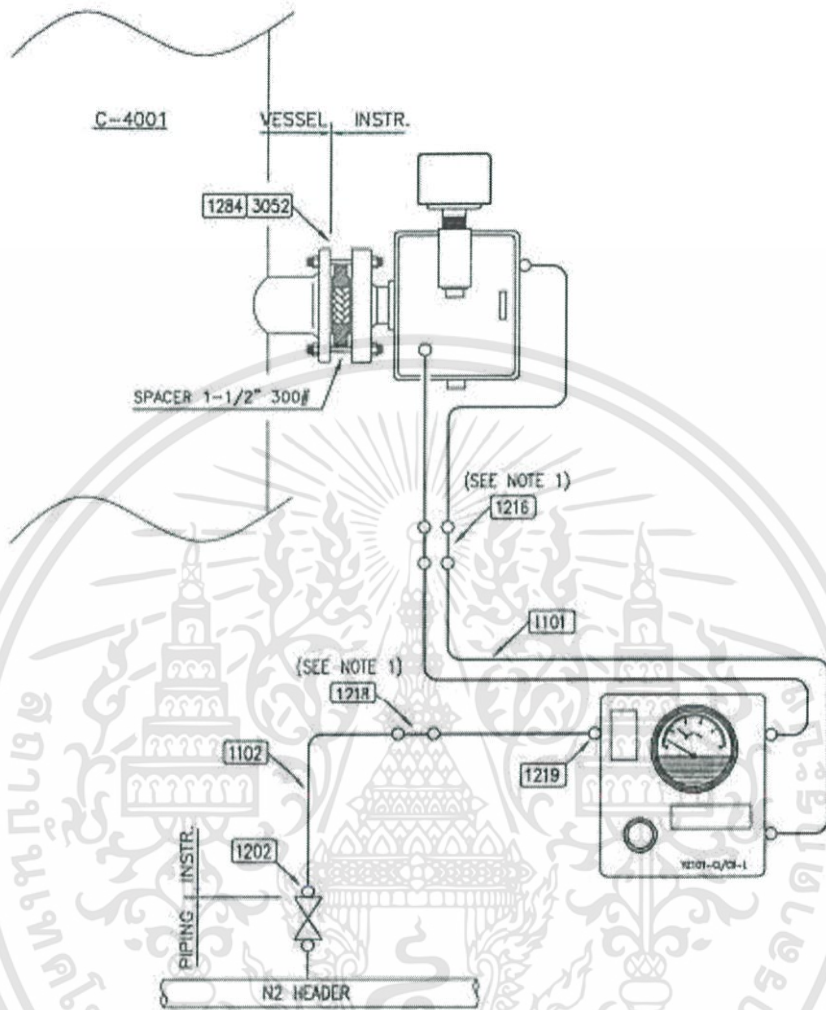
1. Electrostatic probe to be grounded to the structure.
2. Instrument will be certified SIL 2 as minimum.
3. Nozzle N, Length : 222.3 mm, ID : xx mm (TBC)
4. Over-Voltage Protection : 7.5 kV spark gap. (TBC)



รูปที่ 4.13 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์



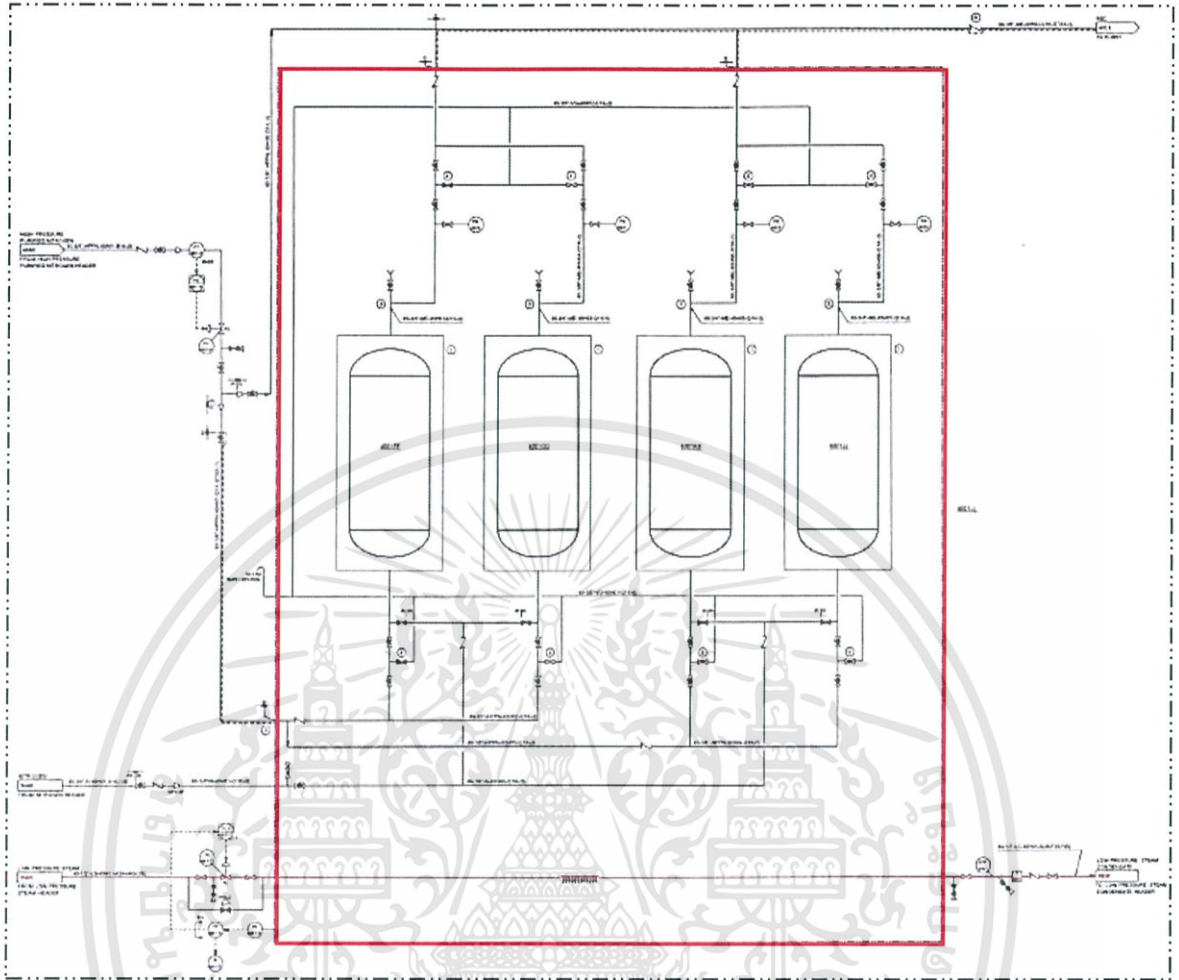
รูปที่ 4.14 การติดตั้งทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์

- หมายเหตุ หมายเลข 1101 คือ Tube หรือท่อขนาดเล็ก
- หมายเลข 1102 คือ Tube หรือท่อขนาดเล็ก
- หมายเลข 1202 คือ Male Connector หรือเกลียวตัวผู้
- หมายเลข 1216 คือ Union หรือข้อต่อระหว่าง Tube
- หมายเลข 1218 คือ Union หรือข้อต่อระหว่าง Tube
- หมายเลข 1219 คือ Reducer หรืออุปกรณ์ลดขนาดท่อ
- หมายเลข 1284 คือ Male Connector หรือเกลียวตัวผู้
- หมายเลข 3052 คือ S.Bolt/Nut หรือล็กเกลียวและน็อต

ทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุถูกติดตั้งอยู่ในกระบวนการ โดยเป็นการติดตั้งแบบอินทิกรัล (Integral Type) หมายถึงอุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์และเซนเซอร์ถูกติดตั้งอยู่ด้วยกัน ซึ่งสามารถวัดค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ผ่านทางนอตเซล N และส่งค่าไปแสดงผลที่หน้าจอแสดงผลผ่าน Tube นอกจากนี้ยังมีกระบวนการป้องกันการระเบิดแบบ EExp โดยใช้แก๊สไนโตรเจน ซึ่งแก๊สไนโตรเจนจะถูกซัพพลาย (Supplied) ผ่านไนโตรเจนเฮดเดอร์ (Nitrogen Header) และอัดเข้าสู่อุปกรณ์ห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์ผ่าน Tube เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของสารที่ก่อให้เกิดการระเบิดภายในอุปกรณ์

4.2.5 ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ (Reaction Static Control Cabinet)

เนื่องจากต้องการให้ค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์มีค่าเป็นกลาง เพราะว่าถ้าค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์มีค่าสูงหรือต่ำเกินไปจะส่งผลให้เกิดความร้อนสะสมที่บริเวณตัวถังปฏิกรณ์ หลังจากได้รับค่าความเป็นประจุจากทรานส์มิเตอร์วัดค่าความเป็นประจุแล้ว ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุมีหน้าที่ในการรักษาค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ให้มีค่าเป็นกลาง โดยถ้าค่าความเป็นประจุมีค่าสูงหรือมีค่าเป็นลบมากเกินไป ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุจะฟีด (Feed) น้ำสู่ถังปฏิกรณ์ เพื่อควบคุมประจุบวก แต่ถ้าค่าความเป็นประจุในถังปฏิกรณ์มีค่าต่ำหรือเป็นลบมากเกินไปจะมีการฟีด (Feed) แอลกอฮอล์เข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อความคุมประจุลบ



รูปที่ 4.15 ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์

จากข้อกำหนดของโครงการดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 สามารถแสดงเอกสารรายละเอียดประจำตัวของตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ได้ ดังนี้

5.1 ข้อมูลทั่วไปตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังนี้

- เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: 40-4001LL
- อุปกรณ์หรือสถานที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์: ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุ
- เลขที่หน้าเอกสาร: LL1-2G43-40H0-4000
- พื้นที่เสี่ยงอันตราย และบริเวณที่ติดตั้ง: Zone 2, IIB, T3 ติดตั้งที่ Field

5.2 ข้อมูลด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกระบวนการ ดังนี้

- อุณหภูมิขณะทำงาน: 40 ± 5 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิสูงสุด: 60 องศาเซลเซียส
- ความดันขณะทำงาน: 1 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อมูลผู้ควบคุมค่าความเป็นประจุ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- ข้อมูลด้านกระบวนการ (Process)
ขนาดของท่อที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: Tubing 3/8" หมายถึง ท่อขนาด 3/8 นิ้ว
หมายเลขท่อที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: 40-3/8" - HPPN - 40H01- Q1K- STXX(I)
- ข้อมูลของไอน้ำ (Steam)
ขนาดของท่อไอน้ำ: Tubing 1/2" หมายถึง ท่อขนาด 1/2 นิ้ว
หมายเลขท่อไอน้ำ: 40-1/2"- LS - 40H01 - A3A - H40 - (VII)
- ข้อมูลของไอน้ำที่เกิดการควบแน่น (Steam Condensate)
ขนาดของท่อไอน้ำควบแน่น: Tubing 1/2" หมายถึง ท่อขนาด 1/2 นิ้ว
หมายเลขท่อไอน้ำควบแน่น: 40-1/2"- LS - 40H01 - A3A - H40 - (VII)
- ข้อมูลของไนโตรเจน (Nitrogen)
ขนาดของท่อไนโตรเจน: Tubing 3/4" หมายถึง ท่อขนาด 3/4 นิ้ว
หมายเลขท่อไนโตรเจน: 40-3/4" - N - 40H01 - A1A - (VII)
- ข้อมูลของท่อระบาย (Vent/Drain)
ขนาดของท่อระบาย: Tubing 3/8" หมายถึง ท่อขนาด 3/8 นิ้ว
หมายเลขของท่อระบาย: 40-3/8" - VG - 40H02 - Q1K - (I)
- ขนาดของตู้ (Dimension): 2140 x 1350 x 710 มิลลิเมตร
- น้ำหนักของตู้: ตามผู้จัดจำหน่าย
- หน้าต่าง (Window): Shatter – Proof หมายถึง ทำมาจากกระจกที่มีความแข็งแรง ไม่แตกง่าย
- แหล่งความร้อน (Heat Source): ไอน้ำ
- วัสดุที่ใช้ในการทำตู้: ตามผู้จัดจำหน่าย
- สีที่ใช้ทำตู้: ตามผู้จัดจำหน่าย

5.4 ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- ใบบรรองคุณภาพ: ต้องมีใบบรรองวัสดุ

5.5 หมายเหตุ

- อุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อนจะต้องไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส
- ความดันภายในตู้ขณะทำงานจะต้องมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ
- ขนาดของตู้จะต้องเหมาะสมกับอุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ด้านในตู้
- จะต้องมึระบบที่ใช้ในการระบายไนโตรเจน เพราะว่าหากระบบล้มเหลวจะได้ไม่เกิดการสะสมแก๊สไนโตรเจนภายในตู้
- ตัวตู้จะต้องมีหน้าต่างที่แข็งแรง ไม่แตกง่าย และไม่สะท้อนแสงสามารถมองเห็นเลเวลเกจ (Level Gauge) ที่อยู่ภายในตู้ได้ชัดเจน

เอกสารรายละเอียดประจำตัวของตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ แสดงดังรูปที่

4.18

GENERAL	1	Tag Number	40-4001LL			
	2	Service	Heated Instrument Enclosure			
	3	P&ID No.	LL1-2G43-40H0-4000			
	4	Area Classification	Location	Zone2, IIB, T3	Field	
	5	Line No.	Line Size	Schedule	-	-
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material	-		
	7	Equipment No.	Nozzle No.	-		
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase	-		
	9			Minimum	Normal	Maximum
	10	Temperature			40 ± 5	60
	11	Pressure			0	
	12	Specific Gravity				
	13	Viscosity				
	14	Design Temperature				°C
15	Design Pressure				kg/cm ² -g	
ENCLOSURE	16	Process	Connection Size	Tubing 3/8"		
	17		Line No.	40-3/8"-HPPN-40H01-Q1K-STXX(I)		
	18	Steam	Connection Size	Tubing 1/2"		
	19		Line No.	40-1/2"-LS-40H01-A3A-H40 (VII)		
	20	Steam Condensate	Connection Size	Tubing 1/2"		
	21		Line No.	40-1/2"-LC-40H01-A3A-P30 (VII)		
	22	Nitrogen	Connection Size	Tubing 3/4"		
	23		Line No.	40-3/4"-N-40H01-A1A-(VII)		
	24	Vent / Drain	Connection Size	Tubing 3/8"		
	25		Line No.	40-3/8"-VG-40H02-Q1K-(I)		
	26	Dimension		2140 x 1350 x 710		mm
	27	Weight		By Vendor		kg
	28	Window		Shatter-Proof		
29	Heat Source		Steam			
30	Material of Construction		By Vendor			
31	Painting		By Vendor			
PURCHASE	32	Manufacturer	Model			
	33	Detailed Model				
	34	Purchase Order No.	Requisition No.			
	35	Serial Number				
ADDITIONAL	36	Drawing No.				
	37	Certification		Material		
	38	Information Drawing No.				
<p>NOTES:</p> <ol style="list-style-type: none"> Heat source and temperature control to be determined by client but maximum temperature not to exceed 90°C. Operating pressure is atmospheric; the enclosure is not air tight. Dimensions are typical. Client to ensure equipment will fit within enclosure but dimensions must be insufficient for personnel entry. (to prevent nitrogen asphyxiation concern.) A nitrogen vent and purge system shall be provided to insure that process line failure does not result in enclosure overpressure. The enclosure shall be provided with a shatter-proof window to allow viewing of gage glasses (40-LG-4001FF/4001GG/4001HH/4001JJ). 						

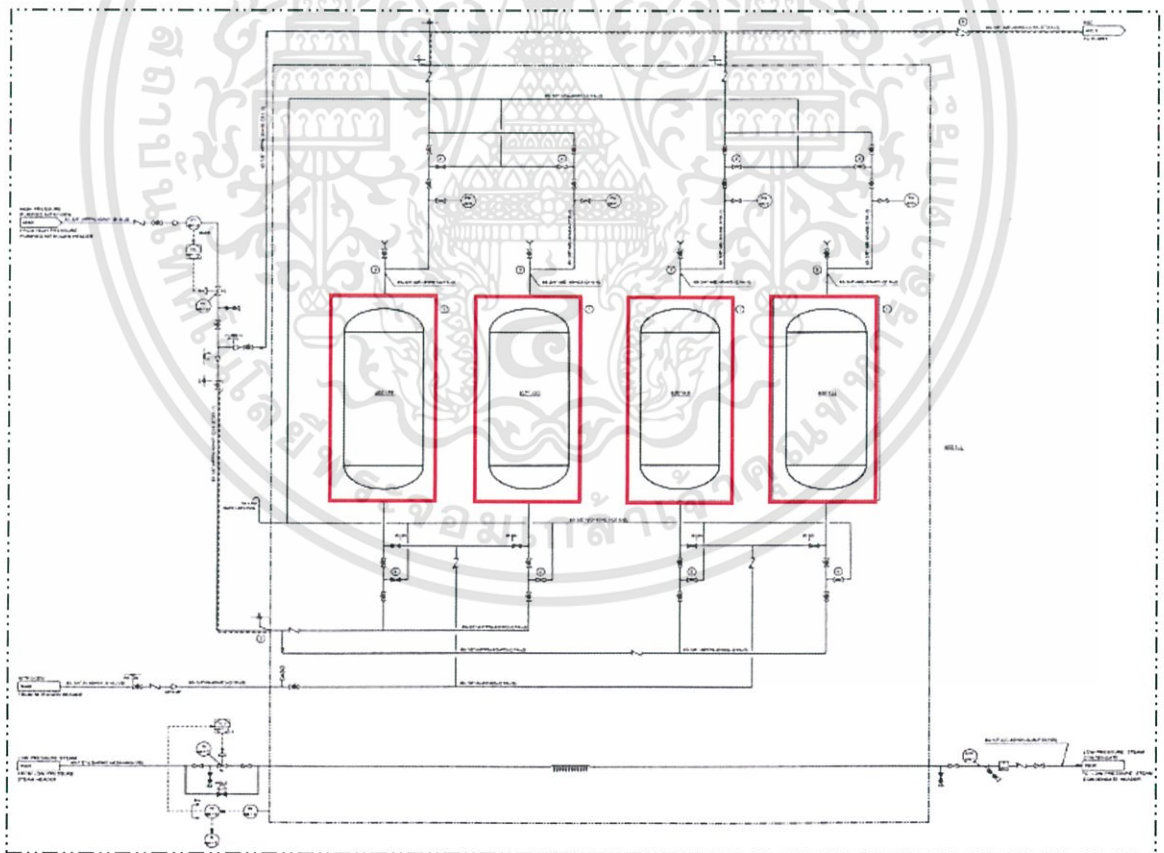
รูปที่ 4.16 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ ภายในตู้จะประกอบด้วยเลเวลเกจ (Level Gauge) หรืออุปกรณ์วัดระดับจำนวน 4 อัน แบ่งเป็น 2 ชุด ชุดละ 2 อัน ไว้ใช้สำหรับการสลับการทำงาน โดยที่ขณะที่อันแรกทำงานอยู่ หรือกำลังถูกฟีด (Feed) เข้าสู่ถังปฏิกรณ์อีกอันก็จะถูกเติมไว้เตรียมพร้อมสำหรับการใช้งานเลเวลเกจ (Level Gauge) 2 ชุด ชุดแรกประกอบด้วยน้ำ และอีกหนึ่งชุดจะประกอบด้วยแอลกอฮอล์ อุณหภูมิภายในตู้ควรรักษาไว้ที่ 40 ± 5 องศาเซลเซียส สูงสุดไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส และจะมีการแจ้งเตือนอุณหภูมิต่ำที่ 30 องศาเซลเซียส

4.2.6 อุปกรณ์วัดระดับของของเหลวที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ (Level Gauge)

อุปกรณ์วัดระดับของของเหลว หรือเลเวลเกจภายในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุ ประกอบด้วยเลเวลเกจ (Level Gauge) ทั้งหมด 4 อัน สองอันแรกจะประกอบไปด้วยน้ำ และอีกสองอันหลังจะประกอบด้วยแอลกอฮอล์ ซึ่งน้ำและแอลกอฮอล์มีหน้าที่ในการปรับสมดุลค่าความเป็นประจุในถังปฏิกรณ์ให้มีค่าเป็นกลาง โดยที่น้ำจะควบคุมประจุบวก และแอลกอฮอล์ควบคุมประจุลบ



รูปที่ 4.17 อุปกรณ์วัดระดับของของเหลวที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 99 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อกำหนดของโครงการดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 สามารถแสดงเอกสารรายละเอียดประจำตัวของอุปกรณ์วัดระดับของของเหลวที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ได้ ดังนี้

6.1 ข้อมูลทั่วไปของอุปกรณ์วัดระดับของของเหลว สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังนี้

- เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: 40 - LG - 4000
- อุปกรณ์หรือสถานที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์: ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุ
- เลขที่หน้าเอกสาร: LL1- 001- PID - 4000
- พื้นที่เสี่ยงอันตราย และบริเวณที่ติดตั้ง: Zone 2, IIB, T3 ติดตั้งที่ Field
- ขนาดของท่อ: 1 1/2 นิ้ว
- วัสดุที่ใช้ทำท่อ: เหล็กกล้าไร้สนิม

6.2 ข้อมูลด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกระบวนการ ดังนี้

- ชนิดของของไหล และสถานะของของไหล: น้ำ หรือ แอลกอฮอล์ สถานะ: ของเหลว
- อุณหภูมิต่ำสุด: -10 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิออกแบบ: 90 องศาเซลเซียส
- ความดันออกแบบ: 51.6 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

6.3 ข้อมูลอุปกรณ์วัดระดับ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- ชนิดของอุปกรณ์วัดระดับ: หลอดแก้วโปร่งแสง
- ความยาวของหลอดแก้ว: ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย
- การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 3/4" NPT(F) หมายถึง เชื่อมต่อกับกระบวนการด้วยเกลียวตัวเมียแบบเทเปอร์ ขนาด 3/4 นิ้ว
- วัสดุที่ใช้ทำส่วนเชื่อมต่อกับกระบวนการ: เหล็กกล้าไร้สนิม
- วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์วัดระดับ: เหล็กกล้าไร้สนิม
- ส่วนแสดงผล: หลอดแก้วชนิดทนความร้อน
- อื่นๆ: หมายเหตุ

6.4 หมายเหตุ

- หลอดแก้วที่ใช้กับอุปกรณ์วัดระดับของของเหลวที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุจะต้องไม่สะท้อนแสงและผู้ปฏิบัติการจะต้องสามารถมองเห็นระดับของของเหลวได้ชัดเจน
- ใช้สถานะความดัน และอุณหภูมิออกแบบ ในการเลือกใช้หลอดแก้ว
- ความดันออกแบบของหลอดแก้วจะต้องมีค่าเป็นสองเท่าของความดันออกแบบของท่อ
- แรงดันทดสอบที่ใช้ในการทดสอบด้วยแรงดันน้ำ (Hydrostatic Test) จะต้องมีค่าเป็น 1.5 เท่าของแรงดันออกแบบของหลอดแก้ว: $[2 * (38.7 \text{ กิโลกรัมต่อตารางเมตร } / 1.5)]$ หรือมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 51.6 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
- ส่วนประกอบต่างๆของอุปกรณ์วัดระดับจะต้องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้ความดัน 38.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ที่ 90 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 100% เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับภายในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุ จะต้องติดตั้งให้สามารถมองเห็นระดับของของเหลวได้ชัดเจนอย่างน้อย 75% ของความยาวของหลอดแก้วทั้งหมด และเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดแก้วจะต้องมีค่ามากกว่า 50 มิลลิเมตรหรือ 2 นิ้ว เอกสารรายละเอียดประจำตัวของอุปกรณ์วัดระดับที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์ แสดงดังรูปที่ 4.20



GENERAL	1	Tag Number			40-LG -4000		
	2	Service			Reactor Static Control Unit		
	3	P&ID No.			LL1-001-PID-4000		
	4	Area Classification	Location		Zone 2, IIB, T3	Field	
	5	Line No.	Line Size	schedule	40-1 1/2"-E-XXXX-XX	1 1/2	in
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		Stainless Steel		
	7	Equipment No.	Nozzle No.				
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase		RSC	Liquid	
	9		Minimum	Normal	Maximum	Units	
	10	Temperature	-10				°C
	11	Pressure					kg/cm ² -g
	12	Specific Gravity					
	13	Viscosity					cP
	14	Design Temperature	Design Pressure	90	°C	51.6	kg/cm ² -g
15	Specific Gravity@Base 20 °C						
GAUGE	16						
	17	Connection Size	Type & Rating		3/4"	NPT(F)	
	18	Connection Materials			SS		
	19	Type			Transparent Flat Glass Liquid Level Gauge		
	20	C to C Range	Visible Length		See Note	Manufacturer Standard	
	21	Connection Location			Both Ends (Top & Bottom)		
	22	Body Material			SS		
VENT / DRAIN	23	Float Material	Min. Float Density				
	24	Indication Type			Tempered Glass		
	25	Other			See Note		
	26	Drain Connection	Size	Rating			
	27	Description					
	28	Vent Connection	Size	Rating			
	29	Description					
SPOOL PIECES	30	Top Connection	Size	Rating			
	31	Description					
	32	Bottom Connection	Size	Rating			
	33	Description					
	34						
TRANSMITTER / SWITCH	35						
	36	Mounting					
	37	Control Mode					
	38	Power Supply	Electrical Connection				
	39	Output					
	40	Calibration Min.	Max.				
	41	Alarm Contact	No.	Form	Voltage		
42	Rating	Action	Current				
PURCHASE	43	Explosion Protection		Enclosure			
	44						
	45	Manufacturer	Model				
	46	Detailed Model					
ADDITIONAL FEATURES	47	Purchase Order No.	Requisition No.				
	48	Serial Number					
	49	Drawing No.			See Note		
	50	Certification					
	51	Information Drawing No.					
	52						
Notes: See notes							

รูปที่ 4.18 เอกสารรายละเอียดประจำตัวของอุปกรณ์วัดระดับที่อยู่ในตู้ควบคุม
ค่าความเป็นประจุภายในถังปฏิกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 102 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Do NOT substitute a reflex type gauge glass in this service, due to operational considerations which dictate the operator must be able to see the liquid itself and / or bubbles in it.
2. Use stated design conditions to specify the glass.
Design pressure reflects two times the associated piping design pressure, evaluated at the gauge glass hydrotest pressure.
Glass hydrotest pressure is assumed to be 1.5 times the glass design pressure : $[2 \times (38.7 \text{ kg/cm}^2 / 1.5)]$ is less than or equal to 51.6 kg/cm^2
This criteria should be evaluated against local codes. Determine other components based on 38.7 kg/cm^2 at 90 C
3. The gauge glass selected should allow seeing inside the tube for at least 75% of its total length. Tube diameters $> 50 \text{ mm}$ (2 in) are acceptable.



รูปที่ 4.18 (ต่อ)

อุปกรณ์วัดระดับของของเหลวที่อยู่ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในถึงปฏิกรณ์ ซึ่งมีทั้งหมด 4 อัน การติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับภายใต้ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุ จะต้องติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถเห็นระดับของของเหลวได้ชัดเจนอย่างน้อย 75% ของระดับของของเหลวทั้งหมด และอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์วัดระดับจะต้องสามารถทนความร้อนได้อย่างต่ำ 90 องศาเซลเซียส และความดัน 38.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตรเป็นอย่างน้อย

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปจากการดำเนินงานทั้งหมด ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานรวมไปถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆที่พบ เพื่อให้ดำเนินงานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานที่ผ่านมาทำให้มีความเข้าใจในการวัดและควบคุมภายในระบบถึงปฏิกรณัม รวมถึงทฤษฎีและหลักการการทำงานของเครื่องมือวัดต่างๆที่รวมอยู่ในระบบ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือวัดความดันและความดันแตกต่าง เครื่องมือวัดระดับ เครื่องมือวัดน้ำหนัก เครื่องมือวัดค่าความเป็นประจุ และตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุภายในปฏิกรณัม โดยเครื่องมือวัดที่ได้รับมอบหมายได้แก่ เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดความดันแตกต่าง เครื่องมือวัดน้ำหนัก เครื่องมือวัดระดับ เครื่องมือวัดค่าความเป็นประจุ และตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์เสริมต่างๆที่ประกอบกับเครื่องมือวัด เพื่อให้ค่าที่ทำการวัดมีความเที่ยงตรง และป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดกับอุปกรณ์ เช่น Blowback Purge เป็นต้น พร้อมทั้งวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้เครื่องมือวัดทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้งานได้ระยะเวลายาวนาน

เครื่องมือวัดที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบ ประกอบด้วย เครื่องมือวัดความดันจำนวน 2 ตัว เครื่องมือวัดความดันแตกต่างจำนวน 4 ตัว เครื่องมือวัดน้ำหนักจำนวน 1 ตัว เครื่องมือวัดค่าความเป็นประจุจำนวน 1 ตัว ตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุจำนวน 1 ตู้ และเครื่องมือวัดระดับที่อยู่ในตู้ควบคุมค่าความเป็นประจุจำนวน 4 ตัว โดยเครื่องมือวัดดังกล่าวได้มีการออกเอกสารรายละเอียดประจำตัวของเครื่องมือวัด และแผนการวิธีการติดตั้งของเครื่องมือวัดแต่ละตัวเรียบร้อยแล้ว แต่ยังไม่ได้ส่งเอกสารให้กับผู้จัดจำหน่าย เนื่องจากช่วงที่เริ่มไปปฏิบัติการสหกิจโครงการนี้ได้เริ่มปฏิบัติการไปแล้วบางส่วน ทำให้ส่วนที่รับผิดชอบมีความล่าช้าเนื่องจากความไม่ชำนาญ จึงต้องส่งเอกสารรายละเอียดประจำตัวของเครื่องมือวัดดังกล่าวให้กับผู้จัดจำหน่ายหลังจากที่กลับจากสหกิจ แต่ได้จัดทำเอกสารต่างๆไว้เรียบร้อยแล้ว

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ตารางเวลางานของโครงการที่ได้รับมอบหมายไม่สอดคล้องกับเวลาปฏิบัติการสหกิจศึกษา 4 เดือน ทำให้การทำงานมีความล่าช้า
2. โครงการที่ได้รับมอบหมายตรงกับสาขาที่เรียนมาแต่เป็นเรื่องที่ไม่เคยศึกษาในสถาบันมาก่อน
3. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการวัดและการทำงานของอุปกรณ์วัดต่างๆไม่มากพอ

4. ไม่มีประสบการณ์ในการวางแผนเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
5. ไม่มีประสบการณ์ในการจัดทำ และจัดเตรียมเอกสารต่างๆ ส่งผลให้เกิดความผิดพลาด
6. ไม่มีประสบการณ์ในการทำงานเชิงขาดทักษะต่างๆ เช่น การติดต่อสื่อสารกับแผนกอื่นๆ ในบริษัทกับผู้จัดการ

5.3 แนวทางการแก้ไข

1. ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการงานของอุปกรณ์วัดต่างๆ ให้มากขึ้น
2. สอบถามผู้นิเทศงานให้เข้าใจถึงกระบวนการต่างๆ และลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน
3. ศึกษาการจัดทำเอกสารจากงานที่ดำเนินการจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว พร้อมทั้งศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเอกสาร และโปรแกรมที่ใช้เพื่อให้การจัดทำเอกสารรวดเร็วยิ่งขึ้น
4. ติดตามผู้นิเทศงานไปด้วย ในกรณีที่ผู้จัดการมาขอพบเพื่อเรียนรู้วิธีการเจรจาพูดคุยกับผู้จัดการ
5. ศึกษาและทำความเข้าใจเอกสารทั้งหมดที่เจ้าของโครงการส่งมาให้ เพื่อเข้าใจถึงความต้องการของเจ้าของโครงการและเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการปฏิบัติงาน

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ - นามสกุล : นางสาวนินาถ จันทรวิเชียร
- วัน เดือน ปีเกิด : 9 กรกฎาคม พ.ศ.2539
- ภูมิลำเนา : 229/41 ซ.ร่มเกล้า 15 ถ.ร่มเกล้า แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510
- อีเมล : iew.chaninat@gmail.com
- ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมตอนต้น โรงเรียนนวมินทราชินูทิศเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร
: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)
: ระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ประวัติการทำงาน : มิถุนายน - กรกฎาคม 2561
นักศึกษาฝึกงาน แผนกโรงซ่อมหม้อแปลง
โรงซ่อมหม้อแปลงการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ฝ่ายบำรุงรักษาระบบส่งสถานีไฟฟ้าแรงสูงบางพลี
: สิงหาคม - พฤศจิกายน 2561
นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนก Instrument
บริษัท ทีพีซีแอล จำกัด (มหาชน)