



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คู่มือ

การตรวจสอบ ติดตั้งระบบ และอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่มี

ไอระเหยของสารไวไฟ



คู่มือ การตรวจสอบ ติดตั้งระบบ และอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่มีไอระเหยของสารไวไฟ



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
75/6 ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0-2202-4217 โทรสาร 0-2354-3061

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

www.diw.go.th

คำนำ

ด้วยการเกิดอุบัติเหตุ อุบัติภัยจากโรงงานอุตสาหกรรมในหลายครั้ง พบว่าระบบไฟฟ้าเป็นสาเหตุสำคัญ หากการติดตั้ง การใช้งานระบบไฟฟ้าไม่ถูกต้อง เหมาะสมตามหลักวิชาการ โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่การผลิต การใช้ และจัดเก็บสารเคมีที่มีไอระเหยไวไฟ ก็ยิ่งจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ ความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้น ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ หรือมาตรฐานการติดตั้ง และการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าจะเป็นส่วนช่วยให้การปฏิบัติงาน พัฒนางานด้านความปลอดภัยของโรงงานได้เป็นอย่างดี ที่จะสามารถส่งผลให้ลดการเกิดอุบัติเหตุ อุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรม และลดผลกระทบต่อประชาชน ชุมชน และสิ่งแวดล้อมจากการประกอบกิจการโรงงานได้มากยิ่งขึ้นด้วย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม มีภาระหน้าที่ ความรับผิดชอบในการกำกับดูแล ส่งเสริม สนับสนุนผู้ประกอบการธุรกิจอุตสาหกรรมให้สามารถแข่งขันได้ มีความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงาน จึงได้จัดทำคู่มือในการตรวจสอบ ติดตั้ง ระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่การผลิต การใช้ และจัดเก็บสารเคมีที่มีไอระเหยไวไฟ ซึ่งนำเสนอเนื้อหาของมาตรฐานการติดตั้ง การใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า ตามหลักวิชาการ มาตรฐานของทั้งในประเทศ ไทยและต่างประเทศ อย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้ประกอบการโรงงานนำไปเรียนรู้ สร้างความเข้าใจ และปฏิบัติงานให้เกิดความปลอดภัย จากระบบไฟฟ้าในโรงงานได้ด้วยตนเอง

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

มิถุนายน 2548

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานของมาตรฐานพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1	1-1
1.1 หลักการและเหตุผลในการแบ่งประเภทพื้นที่อันตราย	1-1
1.2 มาตรฐานการจัดแบ่งพื้นที่อันตรายของยุโรปและอเมริกาเหนือ	1-2
1.3 ความหมายของพื้นที่อันตราย	1-3
1.4 ความรู้พื้นฐานการป้องกันการระเบิด	1-5
1.5 วิธีการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส	1-8
1.6 การแบ่งกลุ่มสารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหยตามมาตรฐาน NEC	1-10
1.7 เอกสารข้อมูลการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย (Material Safety Data Sheet: MSDS)	1-13
บทที่ 2 หลักการของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดป้องกันการระเบิด	
2.1 สาเหตุที่อาจทำให้เกิดการจุดระเบิด	2-1
2.2 เทคนิคพื้นฐานในการป้องกันการระเบิด	2-2
2.3 มาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด	2-4
2.4 การรับรองมาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด	2-9
2.5 สัญลักษณ์ของมาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด	2-11
บทที่ 3 การปรับปรุงสภาพการทำงานในพื้นที่อันตราย	
3.1 การระบายอากาศ	3-2
3.2 การคำนวณการระบายอากาศของห้อง	3-2
3.3 การจัดตำแหน่งระบบระบายอากาศ	3-3
3.4 การทำงานแบบวงจรปิด	3-4
3.5 ห้องความดันอากาศสูง	3-5
3.6 แบบใช้ก๊าซเฉื่อย	3-5
3.7 การดูดจากแหล่งที่มา	3-6
3.8 รูปแบบการระบายอากาศเพื่อลดพื้นที่อันตรายจากไอระเหยของสารไวไฟ	3-7

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 เทคนิคการติดตั้งระบบไฟฟ้าในพื้นที่อันตราย	
4.1 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่อันตรายแบบปลอดภัยอย่างแท้จริง	4-1
4.2 การเดินสายไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าที่มีความปลอดภัยจากการจุดระเบิดอย่างแท้จริง	4-2
4.3 การเดินสายไฟฟ้าบริเวณพื้นที่อันตราย	4-3
4.4 ตัวอย่างลักษณะอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดป้องกันการระเบิด	4-18
บทที่ 5 การป้องกันการจุดระเบิดจากไฟฟ้าสถิตย์	
5.1 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการจุดติดระเบิดเนื่องจากไฟฟ้าสถิตย์	5-1
5.2 องค์ประกอบที่ทำให้เกิดสภาพการณ์ที่เป็นอันตราย	5-2
5.3 การป้องกันการสปาร์ก	5-4
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก กรณีศึกษา	ก-1
ภาคผนวก ข การแบ่งพื้นที่อันตรายและแบบฟอร์ม Checklist	ข-1
เอกสารอ้างอิง	ค-1

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบมาตรฐานการจัดแบ่งประเภทของพื้นที่ที่มีสารไวไฟ ของยุโรปและอเมริกา	1-2
ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบมาตรฐานการจัดแบ่งกลุ่มสารไวไฟของยุโรปและอเมริกา	1-3
ตารางที่ 1.3 แสดงตัวอย่างค่า LEL และ UEL ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ	1-6
ตารางที่ 1.4 แสดงตัวอย่างค่า Flash Point ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ	1-7
ตารางที่ 1.5 แสดงตัวอย่างค่า Auto-Ignition Temperature ของแก๊สหรือ ไอระเหยของสารไวไฟ	1-8
ตารางที่ 1.6 แสดงตัวอย่างค่า Vapor Density ของแก๊สหรือไอระเหยของ สารไวไฟเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของอากาศ	1-8
ตารางที่ 1.7 แสดงตัวอย่างแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเรียงลำดับตามอันตราย ของสารไวไฟ	1-9
ตารางที่ 1.8 การแบ่งกลุ่มสารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหย	1-10
ตารางที่ 2.1 แสดงรหัสมาตรฐานของ Temperature Classification ในมาตรฐาน IEC และ NEC	2-2
ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าตามรหัสมาตรฐานของ T-Classification กับสารไวไฟ	2-3
ตารางที่ 2.3 แสดงมาตรฐานการใช้เทคนิคป้องกันการระเบิดตามมาตรฐาน ของ IEC และ NEC	2-4
ตารางที่ 2.4 ตัวแทนผู้รับรองมาตรฐาน (Standard Agencies)	2-9
ตารางที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์สำหรับมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทป้องกันการ ระเบิดตามมาตรฐาน NEC 500	2-11
ตารางที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์สำหรับมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทป้องกันการ ระเบิดตามมาตรฐาน NEC 505	2-12
ตารางที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์สำหรับมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทป้องกันการ ระเบิดตามมาตรฐาน IEC และ CENELEC	2-13
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างลักษณะอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดป้องกันการระเบิด	4-18
ตารางที่ 5.1 ค่าพลังงานที่จุดติดไฟได้	5-4

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงเหตุการณ์ระเบิดที่โรงงาน Phillips Petroleum ในประเทศ สหรัฐอเมริกา	1-2
รูปที่ 1.2 แสดงองค์ประกอบ 3 อย่างที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟ	1-5
รูปที่ 2.1 Flameproof Type “d” Protection	2-4
รูปที่ 2.2 Intrinsic Safety Type “ia” Protection	2-5
รูปที่ 2.3 Pressurized Type “p” Protection	2-6
รูปที่ 2.4 Increased Safety Type “e” Protection	2-6
รูปที่ 2.5 Oil Immersion Type “o” Protection	2-7
รูปที่ 2.6 Explosive Atmosphere	2-7
รูปที่ 2.7 Encapsulation Type “m” Protection	2-8
รูปที่ 2.8 Nonincendive Type “n” Protection	2-8
รูปที่ 3.1 แสดงการฟุ้งกระจายของไอระเหยของสารที่มีน้ำหนักต่างกัน	3-1
รูปที่ 3.2 แสดงการจัดวางตำแหน่งเครื่องระบายอากาศสำหรับพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1	3-3
รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการลดระดับความเสี่ยงของพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 โดยการทำงานแบบวงจรปิด	3-4
รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการลดระดับความเสี่ยงของพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบห้องความดันสูง	3-5
รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการเจือจางออกซิเจนในบรรยากาศโดยใช้ก๊าซเฉื่อย	3-6
รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการดูดจากแหล่งที่มา	3-6
รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างของวิธีการระบายอากาศเพื่อช่วยลดพื้นที่อันตราย	3-7
รูปที่ 3.8 แสดงการระบายอากาศในกรณีที่ไอระเหยของสารไวไฟลอยสู่ที่สูง	3-7
รูปที่ 3.9 แสดงการระบายอากาศในกรณีที่ไอระเหยของสารไวไฟลอยสู่ที่ต่ำ และการแบ่งพื้นที่จัดเก็บแยกจากสถานที่ใช้สารไวไฟช่วยลดพื้นที่ อันตรายในโซน 1 ลง	3-8

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.10 แสดงการระบายอากาศอย่างเหมาะสม จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้อง สูดดมสารอันตราย	3-8
รูปที่ 3.11 แสดงการใช้ผนังป้องกันการฟุ้งกระจายของสารไวไฟทำให้การระบาย อากาศมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น	3-9
รูปที่ 4.1 แสดงระบบไฟฟ้าที่มีความปลอดภัยจากการจุดระเบิดอย่างแท้จริง	4-2
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะสายเคเบิลชนิด MI (Mineral Insulated Metal Sheathed Cable)	4-4
รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการปิดผนึกท่อร้อยสายและต่อเข้าอุปกรณ์	4-5
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะม้วนสายดินและการติดตั้งใช้งานบริเวณสถานีขนถ่าย	4-7
รูปที่ 4.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ปิดผนึก	4-9
รูปที่ 4.6 การเดินสายไฟฟ้าภายในพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานอเมริกาเหนือ	4-13
รูปที่ 4.7 การติดตั้งอุปกรณ์ข้อต่อซีล (Sealing fitting)	4-14
รูปที่ 4.8 การติดตั้ง Sealing fitting ระหว่างพื้นที่อันตรายและไม่อันตราย	4-14
รูปที่ 4.9 การเดินท่อร้อยสายโดยไม่มีการต่อท่อผ่านสถานที่อันตราย	4-15
รูปที่ 4.10 การติดตั้งสายไฟในประเทศในกลุ่มยุโรป	4-15
รูปที่ 4.11 การติดตั้งสายไฟในประเทศอังกฤษ	4-16
รูปที่ 4.12 ข้อต่อเคเบิล	4-17
รูปที่ 5.1 แสดงวัตถุที่มีประจุและไม่มีประจุที่แยกจากพื้นดิน	5-5
รูปที่ 5.2 แสดงการ Bonding ที่ทำให้วัตถุทั้งสองมีประจุไฟฟ้าสถิตเท่ากัน	5-5
รูปที่ 5.3 แสดงการทำ Grounding ให้วัตถุทั้งสองไม่มีประจุไฟฟ้าสถิต	5-5
รูปที่ 5.4 แสดงการ Bonding เพื่อทำให้ศักย์ไฟฟ้าของพื้นผิวต่างๆมีค่าเท่ากัน	5-6
รูปที่ 5.5 แสดงการต่อกราวด์ที่ถังบรรจุสารไวไฟและท่อนำสารเพื่อป้องกัน การสปาร์คจากไฟฟ้าสถิตย์	5-7
รูปที่ 5.6 แสดง Heavy Duty Clamp with Tungsten Carbide Contact เหมาะที่ จะใช้กับถังขนาดใหญ่	5-7
รูปที่ 5.7 แสดง Medium Duty Clamp เหมาะที่จะใช้กับถัง Stainless Steel	5-8
รูปที่ 5.8 แสดง Medium Duty Cast Aluminum Clamp เหมาะที่จะใช้กับ ถังโลหะเคลือบสี	5-8
รูปที่ 5.9 แสดง Clamp เหมาะที่จะใช้สำหรับคิบบถุง Type 'C' big bag	5-8

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.10 แสดง C-Clamp เหมาะที่จะใช้ทำ Bonding ระหว่างถังบรรจุกับ โครงโลหะแบบกึ่งถาวร	5-9
รูปที่ 5.11 แสดง Pipe Clamp เหมาะที่จะใช้กับท่อโลหะเพื่อทำ Bonding และ Grounding แบบกึ่งถาวร	5-9
รูปที่ 5.12 แสดง Screw down Clamp เหมาะที่จะใช้ต่อกราวด์กับโครงโลหะใน งานต่างๆ แบบกึ่งถาวร	5-10
รูปที่ 5.13 อุปกรณ์สายที่ใช้สำหรับการต่อคิบบาชนะที่มีการถ่ายเทสารไวไฟเพื่อ ให้ประจุที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายเทถูกนำลงสู่ดิน	5-10
รูปที่ 5.14 การต่อฝากและต่อลงดินของฐานรองรับภาชนะบรรจุก๊าซไวไฟขณะที่ทำ การแบ่งบรรจุเพื่อทำให้ประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นขณะทำการถ่ายเทไหล ลงสู่ดิน	5-11
รูปที่ 5.15 การต่อฝากระหว่างภาชนะบรรจุก๊าซไวไฟ	5-11

บทที่ 1

ความรู้พื้นฐานของมาตรฐานพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1

1.1 หลักการและเหตุผลในการแบ่งประเภทพื้นที่อันตราย



รูปที่ 1.1 แสดงเหตุการณ์ระเบิดที่โรงงาน Phillips Petroleum ในประเทศสหรัฐอเมริกา

ในต้นศตวรรษ 1900 เป็นยุคที่อุตสาหกรรมขยายตัวอย่างมากและเริ่มมีการใช้มาตรฐานการออกแบบและการติดตั้งระบบไฟฟ้าของ North American Codes โดยที่มาตรฐาน NEC (National Electric Code) ใช้สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาและมาตรฐาน CEC (Canadian Electric Code) ใช้สำหรับประเทศแคนาดา ในช่วงเวลาเดียวกันสถาบันมาตรฐานของยุโรปคือ International Electrotechnical Commission (IEC) ก็ถูกก่อตั้งขึ้นที่ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เพื่อเป็นสถาบันด้านมาตรฐานการออกแบบติดตั้งระบบไฟฟ้าสำหรับใช้ในประเทศสมาชิกสหภาพยุโรป นอกจากนี้ประเทศในสหภาพยุโรปยังร่วมกันสร้างมาตรฐานเพื่อใช้ในประเทศสมาชิกโดยเฉพาะคือ CENELEC (European Electrotechnical Committee for Standardization) ซึ่งเนื้อหาโดยรวมแล้วเหมือนกับมาตรฐานของ IEC

การกำเนิดรถยนต์และเครื่องบินในต้นทศวรรษที่ 1920 สร้างความต้องการใช้เชื้อเพลิงคุณภาพดีอย่างมาก ไอระเหยจากแก๊สโซลีนมีคุณสมบัติที่จุดติดไฟได้ง่าย ทำให้ต้องป้องกันการสปาร์กจากระบบไฟฟ้าไม่ให้อยู่ในบริเวณที่มีไอระเหย พื้นดังกล่าวจึงถูกกำหนดเป็น “Extra Hazardous Location” ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมที่สร้างขึ้นใหม่จะต้องออกแบบระบบไฟฟ้าให้เป็นประเภท Explosion proof ในพื้นที่ที่มีไอระเหยของสารไวไฟ ในปี ค.ศ.1931 มาตรฐาน NEC ก็แบ่งพื้นที่อันตราย ออกเป็น Class I สำหรับแก๊สและไอระเหย Class II สำหรับฝุ่นที่จุด

ติดไฟได้ และ Class III สำหรับเส้นใยที่จุดติดไฟได้ ต่อมาในปี ค.ศ.1935 ก็มีการแบ่งกลุ่มแก๊สและไอระเหยใน Class I ออกเป็นกลุ่ม A, B, C และ D ตามคุณสมบัติ 3 ประการ คือ (1) ความดันจากการระเบิด (Explosive Pressure) (2) การขยายตัวของเปลวไฟ (Flame Transmission) และ (3) อุณหภูมิการจุดระเบิด (Ignition Temperature)

ในปี ค.ศ.1956 แนวคิดเรื่องความปลอดภัยโดยแท้จริง (Intrinsic Safety) เกิดขึ้นและกำหนดอยู่ตามมาตรฐานของ North American Codes และในช่วงเวลาเดียวกันอุตสาหกรรมของอเมริกาเหนือขยายตัวเพิ่มมากขึ้น การติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบ Explosion proof ทั้งหมดในพื้นที่ที่มีสารอันตรายจะทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงมาก ดังนั้นมาตรฐานของ NEC จึงได้กำหนดพื้นที่อันตรายใน “Division 2” ซึ่งหมายถึงพื้นที่อันตรายที่ยอมให้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานการป้องกันการระเบิดที่ต่ำกว่าได้ โดยมีเงื่อนไขคือ เป็นบริเวณที่มีการจัดเก็บหรือใช้สารไวไฟซึ่งจะมีโอกาสรั่วไหลของสารไวไฟสู่บรรยากาศในสภาวะไม่ปกติเท่านั้น เช่น การเกิดอุบัติเหตุระหว่างการดำเนินงาน หรือการเกิดรอยแตกรั่วของถังบรรจุ เป็นต้น

1.2 มาตรฐานการจัดแบ่งพื้นที่อันตรายของยุโรปและอเมริกาเหนือ

พื้นที่อันตรายถูกจัดแบ่งประเภทตามคุณสมบัติของสารไวไฟที่อาจมีใช้หรือเก็บรักษาอยู่ในพื้นที่นั้นๆ แก๊สหรือไอระเหยที่ปนอยู่ในบรรยากาศจะทำให้เกิดส่วนผสมของเชื้อเพลิงและออกซิเจนที่เหมาะสม (Ignitable Concentration) ที่จะจุดติดไฟได้ ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งระบบไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่อันตราย แต่ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในทางปฏิบัติ ผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดพิเศษที่ได้มาตรฐานการป้องกันการระเบิดเพื่อใช้กับพื้นที่อันตรายที่มีการจัดแบ่งประเภทไว้ตามมาตรฐาน

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบมาตรฐานการจัดแบ่งประเภทของพื้นที่ที่มีสารไวไฟของยุโรปและอเมริกา

มาตรฐาน	มีแก๊สไวไฟ อยู่เป็นประจำ	มีแก๊สไวไฟ อยู่ในสภาวะปกติ	มีแก๊สไวไฟ อยู่ในสภาวะไม่ปกติ
IEC / CENELEC	Zone 0	Zone 1	Zone 2
NEC 500	Class I: Division 1		Class I: Division 2
NEC 505	Zone 0	Zone 1	Zone 2

ที่มา : มาตรฐาน IEC, NEC และ CENELEC

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบมาตรฐานการจัดแบ่งกลุ่มสารไวไฟของยุโรปและอเมริกา

Typical Material	มาตรฐาน IEC และ CENELEC	มาตรฐาน NEC 500 และ CEC
Acetylene	Group IIC	Class I / Group A
Hydrogen	Group IIC	Class I / Group B
Ethylene	Group IIB	Class I / Group C
Propane	Group IIA	Class I / Group D
Methane	Group I	Gaseous Mines
Metal Dust	-	Class II / Group E
Coal Dust	-	Class II / Group F
Grain Dust	-	Class II / Group G
Fibers	-	Class III

ที่มา : มาตรฐาน IEC, CENELEC, NEC และ CEC

1.3 ความหมายของพื้นที่อันตราย (Definition of Hazardous Locations)

Zone 0 Location (Class I: Division 1) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศด้วยความเข้มข้นเหมาะสมในการจุดติดไฟได้เป็นประจำหรือเป็นช่วงเวลานาน ตัวอย่างพื้นที่ลักษณะนี้จะพบได้ เช่น

- ภายในถังบรรจุสารไวไฟ
- พื้นที่ใกล้ช่องเปิดของถังบรรจุที่อาจทำให้แก๊สหรือไอระเหยรั่วกระจายออกมาสู่ภายนอกได้

พื้นที่ใน Zone 0 จะมีโอกาสสูงที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารอันตรายเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติ มากกว่า 1,000 ชั่วโมงต่อปี อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่ Zone 0 มักจะเป็นเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น เครื่องมือวัดระดับของเหลว และ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นต้น อุปกรณ์เครื่องวัดดังกล่าวจะต้องเป็นประเภท Intrinsically Safe เท่านั้น เพราะอุปกรณ์ประเภทนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าในระดับต่ำมาก ทำให้เมื่อมีการเกิดลัดวงจรในอุปกรณ์เครื่องมือวัดเหล่านี้ พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่มากพอให้แก๊สหรือไอระเหยไวไฟเกิดการจุดติดไฟได้

Zone 1 Location (Class I: Division 1) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศด้วยความเข้มข้นเหมาะสมในการจุดติดไฟได้ในระหว่างที่มีกระบวนการทำงานปกติ, ช่วงเวลาที่

มีการซ่อมบำรุง, ระหว่างที่มีความผิดพลาดในกระบวนการทำงานก็จะทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไวไฟขึ้นได้ รวมทั้งพื้นที่อยู่ติดกับพื้นที่ใน Zone 0 ด้วย ตัวอย่างของพื้นที่ในโซนนี้ คือ

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

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

Zone 2 Location (Class I: Division 2) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศด้วยความเข้มข้นเหมาะสมในการจุดติดไฟได้ในเวลาสั้นๆ ตัวอย่างของพื้นที่ในลักษณะนี้ เช่น

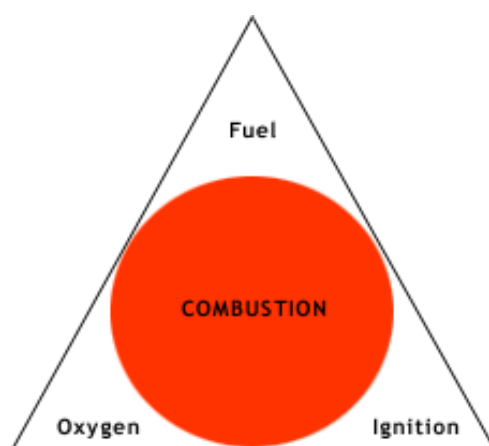
- พื้นที่ที่สามารถเกิดการรั่วไหลของแก๊สหรือสารไวไฟ เนื่องจากมีการเกิดอุบัติเหตุ
- พื้นที่เก็บถังบรรจุสารไวไฟและอาจเกิดมีรอยแตกรั่วของถังบรรจุ
- พื้นที่ที่มีการใช้สารไวไฟ แต่กระบวนการทำงานทุกขั้นตอนตามปกติจะไม่มีไอระเหยของสารไวไฟสามารถรั่วไหลออกมาได้
- พื้นที่ที่มีท่อ นำแก๊สหรือสารไวไฟและอาจเกิดการรั่วไหลเนื่องจากความบกพร่องของข้อต่อและวาล์ว
- พื้นที่ที่อยู่ติดกับพื้นที่ใน Zone 1

พื้นที่ใน Zone 2 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารอันตรายเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติ น้อยกว่า 10 ชั่วโมงต่อปี

พื้นที่ที่มีการใช้สารไวไฟ ซึ่งอาจมีการรั่วไหลเป็นบางครั้ง จัดว่าเป็นพื้นที่อันตรายใน Zone 1 แต่เมื่อมีการติดตั้งระบบระบายอากาศอย่างเหมาะสม จะช่วยให้สามารถลดขอบเขตของพื้นที่อันตรายใน Zone 1 ให้แคบลง โดยพื้นที่บางส่วนซึ่งเดิมเป็น Zone 1 จะกลายเป็นพื้นที่ใน Zone 2 เนื่องจากมีไอระเหยของสารไวไฟลดน้อยลง

1.4 ความรู้พื้นฐานการป้องกันการระเบิด (Basics of Explosion Protection)

มีตัวอย่างการเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้และการระเบิดในพื้นที่ที่มีการใช้สารอันตรายมากมายทั่วโลก หลายเหตุการณ์มีความรุนแรงจนทำให้เกิดการบาดเจ็บล้มตายหรือความเสียหายอย่างมาก ความเข้าใจในการใช้มาตรฐานการป้องกันในพื้นที่อันตรายอาจมีความผิดพลาดได้จากการตีความที่ผิดไปจากเจตนาของข้อกำหนดในมาตรฐาน ผู้มีหน้าที่ออกแบบ ติดตั้งระบบป้องกันจำนวนมากจะใช้ความรู้และประสบการณ์ส่วนตัวในการพิจารณา



รูปที่ 1.2 แสดงองค์ประกอบ 3 อย่างที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟ

พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) คือ บริเวณที่มีโอกาสจะเกิดจากอุบัติเหตุของการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ง่าย โดยสภาวะที่จะเกิดเหตุดังกล่าวจะต้องมีองค์ประกอบรวม 3 อย่าง คือ

1. มีสารไวไฟในปริมาณมากพอที่จะจุดติดไฟได้ (Flammable Material in Ignitable Quantities)
2. มีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการเผาไหม้ (ในอากาศปกติจะมีออกซิเจนประมาณ 21%)
3. มีแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่มากพอกับส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ ซึ่งการจุดติดไฟนี้สามารถเกิดได้จากสาเหตุต่างๆ เช่น เปลวไฟ, การสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า, ความร้อนสูงสะสม, และการถ่ายเทประจุจากไฟฟ้าสถิตย์ เป็นต้น

การระเบิดคือปฏิกิริยาเคมีของสารไวไฟกับออกซิเจนและปลดปล่อยพลังงานความร้อนสูงมาก ซึ่งสารไวไฟอาจอยู่ในรูปของ แก๊ส (Gas) หรือไอระเหย (Vapor) เนื่องจากเราไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้สารไวไฟได้ จึงจำเป็นต้องพยายามไม่ให้เกิดการรั่วไหลของสารไวไฟสู่บรรยากาศจนเกิดสภาวะที่จะเกิดระเบิดได้ อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่จะมีการใช้หรือถ่ายเทสารไวไฟอยู่เป็นประจำ การป้องกันการระเบิดจะทำได้โดยการสร้างระบบระบายอากาศ (Ventilation) อย่างเหมาะสม และมีการป้องกันไม่ให้มีแหล่งกำเนิดการจุดติดไฟขึ้นได้

สารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการจุดติดไฟต่างกัน ดังนั้น การมีออกซิเจน การจุดติดไฟ และสารไวไฟ ร่วมกันก็อาจจะไม่ทำให้เกิดการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ คุณสมบัติที่สำคัญของสารไวไฟที่ปนเปื้อนในอากาศและทำให้เกิดสภาพบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Explosive Atmosphere) มี 5 ประการ คือ

1. Lower Explosive Limit (LEL) คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแก๊สหรือไอระเหยขั้นต่ำที่ผสมกับอากาศ จนเกิดเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการระเบิดได้ (Explosive mixture) ถ้ามีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแก๊สไวไฟเจือปนในอากาศเข้มข้นน้อยกว่านี้จะไม่เพียงพอให้จุดติดไฟได้

ตารางที่ 1.3 แสดงตัวอย่างค่า LEL และ UEL ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ

ชื่อสารไวไฟ	Flammable Limits Percent by Volume		IEC Group	NEC Group
	LEL	UEL		
Acetaldehyde	4.0	60.0	IIB	C
Acetic Acid	4.0	19.9	IIA	D
Acetic Anhydride	2.7	10.3	IIA	D
Acetone	2.5	13.0	IIA	D
Acetone Cyanohydrin	2.2	12.0	IIA	D
Acetonitrile	3.0	16.0	IIA	D
Acetylene	2.5	100.0	IIC	A

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

2. Upper Explosive Limit (UEL) คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแก๊สหรือไอระเหยมากที่สุดที่ผสมกับอากาศ จนเกิดเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการระเบิดได้ (Explosive mixture) ถ้ามีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแก๊สไวไฟเจือปนในอากาศเข้มข้นมากกว่านี้จะไม่เพียงพอให้จุดติดไฟได้

3. Flash Point คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ทำให้สารไวไฟในสภาพของเหลว เกิดการระเหยจนกลายเป็นไอระเหยในปริมาณเพียงพอให้เกิดการจุดติดไฟได้เหนือของเหลวนั้น ของเหลวที่มีค่า Flash Point ต่ำกว่า 37.8°C (100°F) จะเรียกว่า “Flammable Liquid” ส่วนของเหลวที่มีค่า Flash Point สูงกว่า 37.8°C (100°F) จะเรียกว่า “Combustible Liquid” ถ้าเราจัดเก็บหรือใช้สารไวไฟในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าค่า Flash Point ก็จะไม่ทำให้เกิดสภาพของพื้นที่อันตรายขึ้นได้

ตารางที่ 1.4 แสดงตัวอย่างค่า Flash Point ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ

ชื่อสารไวไฟ	Flash Point Temperature		IEC	NEC
	$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$	Group	Group
Acetaldehyde	-38.0	-39.0	IIB	C
Acetic Acid	103.0	39.0	IIA	D
Acetic Anhydride	120.0	49.0	IIA	D
Acetone	-4.0	-20.0	IIA	D
Acetone Cyanohydrin	165.0	74.0	IIA	D
Acetonitrile	42.0	6.0	IIA	D
Acetylene	อยู่ในสภาพแก๊สเสมอ		IIC	A

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

4. Auto-Ignition Temperature คือ อุณหภูมิต่ำที่สุดที่ทำให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟซึ่งผสมอยู่ในบรรยากาศจะเกิดลุกติดไฟได้เองโดยไม่จำเป็นต้องมีประกายไฟ ในพื้นที่ที่มีการรั่วไหลของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ ถ้ามีการใช้งานเครื่องจักรกลหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดความร้อนสูงที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง (Hot Spot) โดยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้มีอุณหภูมิสูงกว่าค่า Auto-Ignition Temperature ของแก๊สหรือไอระเหยนั้นๆ อาจจะทำให้สารไวไฟในบรรยากาศเกิดการลุกติดไฟขึ้นเองได้

ตารางที่ 1.5 แสดงตัวอย่างค่า Auto-Ignition Temperature ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ

ชื่อสารไวไฟ	Auto-Ignition Temperature		IEC	NEC
	° F	° C	Group	Group
Acetaldehyde	347.0	75.0	IIB	C
Acetic Acid	867.0	464.0	IIA	D
Acetic Anhydride	600.0	316.0	IIA	D
Acetone	869.0	465.0	IIA	D
Acetone Cyanohydrin	1270.0	688.0	IIA	D
Acetonitrite	975.0	524.0	IIA	D
Acetylene	531.0	305.0	IIC	A

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

5. Vapor Density คือ ความหนาแน่นของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเมื่อเทียบกับอากาศ ถ้าค่าความหนาแน่นของแก๊สหรือไอมากกว่า 1.0 แสดงว่า แก๊สหรือไอนี้หนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดมีการรั่วไหล แก๊สหรือไอนี้จะลอยอยู่ในระดับต่ำ แต่ถ้าค่าความหนาแน่นของแก๊สหรือไอน้อยกว่า 1.0 แสดงว่าแก๊สหรือไอชนิดนี้เบากว่าอากาศ เมื่อเกิดมีการรั่วไหล แก๊สหรือไอนี้จะลอยขึ้นสูง

ตารางที่ 1.6 แสดงตัวอย่างค่า Vapor Density ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของอากาศ

ชื่อสารไวไฟ	Vapor Density	IEC	NEC
	[Air density = 1.0]	Group	Group
Acetaldehyde	1.5	IIB	C
Acetic Acid	2.1	IIA	D
Acetic Anhydride	3.5	IIA	D
Acetone	2.0	IIA	D
Acetone Cyanohydrin	2.9	IIA	D
Acetonitrite	1.4	IIA	D
Acetylene	0.9	IIC	A

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

1.5 วิธีการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping)

แก๊สและไอระเหยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เราจึงไม่สามารถออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ป้องกันการระเบิดสำหรับแก๊สแต่ละชนิดได้ วิธีการที่ดีที่สุดแนวทางปฏิบัติก็คือการแบ่งกลุ่มแก๊สไวไฟตามลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. Minimum Ignition Current (MIC) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดสปาร์กจนเกิดการลุกติดไฟของแก๊สหรือไอระเหย จากการทดสอบในห้องทดลอง ถ้าแก๊สชนิดหนึ่งมีค่า MIC น้อย แสดงว่าแก๊สนั้นสามารถติดไฟได้ง่าย ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่า MIC เพื่อติดตั้งในบริเวณที่มีแก๊สนี้เจือปนในบรรยากาศจะช่วยป้องกันการเกิดประกายไฟที่มีความร้อนสูงจนเกิดการจุดระเบิดขึ้นได้ แม้จะเกิดความบกพร่องในวงจรไฟฟ้าก็ตาม
2. Maximum Experimental Safe Gap (MESG) คือ ค่าความกว้างของช่องเปิดมากที่สุดที่สามารถป้องกันการแพร่ขยายของเปลวไฟที่เกิดจากการจุดระเบิดของแก๊สชนิดหนึ่งผ่านช่องเปิดนั้นไปสู่ภายนอกที่มีแก๊สชนิดเดียวกันเจือปนอยู่ ถ้าแก๊สชนิดใดมีค่า MESG มาก แสดงว่าสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันการระเบิด (Explosion proof) หรือ อุปกรณ์ป้องกันไฟ (Flameproof) ที่มีค่า MESG น้อยกว่าได้ เนื่องจากยิ่งช่องเปิดแคบลงเท่าไร ก็จะมีโอกาสน้อยลงที่เปลวไฟจากการระเบิดภายในเครื่องห่อหุ้มจะแทรกออกสู่ภายนอก

ตารางที่ 1.7 แสดงตัวอย่างแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเรียงลำดับตามอันตรายของสารไวไฟ

Typical Gas	NEC			IEC		
	Group	MESG (mm.)	MIC (mA)	Group	MESG (rel.)	MIC (rel.)
Acetylene	A	0.25	60	IIC	< 0.5	> 0.8
Hydrogen	B	0.28	75	IIC	< 0.5	> 0.8
Ethylene	C	0.65	108	IIB	0.5 - 0.9	0.45 - 0.8
Propane	D	0.97	146	IIA	> 0.9	< 0.45

หมายเหตุ ค่า rel. หมายถึง ค่าสัมพัทธ์ (Relative Value) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของแก๊สมีเทน

MESG (rel.) < 1.0 หมายถึง เปลวไฟของแก๊สนี้ผ่านช่องแคบได้ง่ายกว่าของแก๊สมีเทน

MIC (rel.) < 1.0 หมายถึง ใช้กระแสไฟฟ้าในการจุดระเบิดแก๊สนี้น้อยกว่าของแก๊สมีเทน

ที่มา : มาตรฐาน NEC และ IEC

จากตารางที่ 1.7 จะเห็นว่า แก๊ส Acetylene และ Hydrogen เป็นแก๊สที่มีอันตรายสูงมาก เพราะเมื่อมีการจุดติดไฟแล้วเปลวไฟสามารถลุกลามผ่านช่องเปิดแคบๆ ออกสู่ภายนอกได้ดีกว่า และจุดติดไฟได้ง่ายกว่าโดยใช้กระแสไฟฟ้าในการจุดติดไฟเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตามมาตรฐาน NEC จะมีการจัดกลุ่มแก๊ส (Gas) และไอระเหย (Vapor) ได้ดังนี้

Group A: คือแก๊ส Acetylene

Group B: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG Ratio ไม่เกิน 0.45 หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.4

Group C: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน 0.75 หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.4 แต่ไม่เกิน 0.8

Group D: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG Ratio มากกว่า 0.75 หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.8

ตามมาตรฐาน IEC จะมีการจัดกลุ่มแก๊ส (Gas) และไอระเหย (Vapor) ได้ดังนี้

Group IIC: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG ไม่เกิน 0.50 มม. หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.45

Group IIB: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG มากกว่า 0.50 มม. แต่ไม่เกิน 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน 0.8

Group IIA: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG มากกว่า 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.8

1.6 การแบ่งกลุ่มสารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหยตามมาตรฐาน NEC

ตารางที่ 1.8 การแบ่งกลุ่มสารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหย

ชื่อสารไวไฟ	กลุ่ม ตามการ จำแนกเป็น ประเภท-แบบ	อุณหภูมิจุด ระเบิด (°C)	%LFL	%UFL	กลุ่มตามการ จำแนกเป็น ประเภท-โซน
Acetaldehyde	D	175	4.0	60.0	IIA
Acetic Acid	D	464	4.0	19.9	IIA
Acetone	D	465	2.5	12.8	IIA
Acetonitrile	D	524	3.0	16.0	IIA
Acetylene	A	305	2.5	99.9	IIC
Acrolein (Inhibited)	B	235	2.8	31.0	IIB
Acrylonitrile	D	481	3.0	17.0	IIB

ชื่อสารไวไฟ	กลุ่ม ตามการ จำแนกเป็น ประเภท-แบบ	อุณหภูมิจุด ระเบิด (°C)	%LFL	%UFL	กลุ่มตามการ จำแนกเป็น ประเภท-โซน
Ammonia	D	498	15.0	28.0	IIA
Benzene	D	498	1.2	7.8	IIA
1, 3-Butadiene	B	420	2.0	12.0	IIB
1-Butano 1	D	343	1.4	11.2	IIA
2-Butano 1	D	405	1.7	9.8	IIA
n-Butyl Acetate	D	421	1.7	7.6	IIA
Crotonaldehyde	C	232	2.1	15.5	IIB
Cumene	D	424	0.9	6.5	IIA
Cyclohexane	D	245	1.3	8.0	IIA
Cyclohexanol	D	300	-	-	IIA
Cyclohexanone	D	245	1.1	9.4	IIA
Cyclopropane	D	503	2.4	10.4	IIB
p-Cymene	D	436	0.7	5.6	IIA
o-Dichlorobenzene	D	647	2.2	9.2	IIA
1, 2- Dichloroethylene	D	460	5.6	12.8	IIA
Diethylamine	C	312	1.8	10.1	IIA
Diethylaminoethanol	C	320	-	-	IIA
Diethyl Ether	C	160	1.9	36.0	IIB
Dimethylamine	C	400	2.8	14.4	IIA
1, 4-Dioxane	C	180	2.0	22.0	IIB
Ethane	D	472	3.0	12.5	IIA
Ethanol	D	363	3.3	19.0	IIA
Ethylene	C	450	2.7	36.0	IIB
Ethylene Oxide	B	429	3.0	99.9	IIB
Ethyl Acrylate (Inhibited)	D	372	1.4	14.0	IIA
Ethyl Formate	D	455	2.8	16.0	IIA
n-Heptane	D	204	1.0	6.7	IIA
n-Hexane	D	225	1.1	7.5	IIA

ชื่อสารไวไฟ	กลุ่ม ตามการ จำแนกเป็น ประเภท-แบบ	อุณหภูมิจุด ระเบิด (°C)	%LFL	%UFL	กลุ่มตามการ จำแนกเป็น ประเภท-โซน
Hydrogen	B	520	4.0	75.0	IIC
Hydrogen Cyanide	C	538	5.6	40.0	IIB
Kerosene	D	210	0.7	5.0	IIA
Methane	D	630	5.0	15.0	IIA
Methanol	D	385	6.0	36.0	IIA
Methyl Acetate	D	454	3.1	16.0	IIB
Methyl Methacrylate	D	422	1.7	8.2	IIA
Methylamine	D	430	4.9	20.7	IIA
Monoethanolamine	D	410	-	-	IIA
Naphtha (Coal Tar)	D	277	-	-	IIA
Naphtha (Petroleum)	D	288	1.1	5.9	IIA
Nitroethane	C	414	3.4	0.0	IIA
Nitromethane	C	418	7.3	0.0	IIA
n-Nonane	D	205	0.8	2.9	IIA
Nonyl Alcohol	D	0	0.8	6.1	IIA
n-Octane	D	206	1.0	6.5	IIA
n-Octyl Alcohol	D	0	0.0	0.0	IIA
1-Pentanol	D	300	1.2	10.0	IIA
1-Propanol	D	143	2.2	13.7	IIA
Pyridine	D	482	1.8	12.4	IIA
Styrene	D	490	0.9	6.8	IIA
Tetrahydrofuran	C	321	2.0	11.8	IIB
Toluene	D	480	1.1	7.1	IIA
Triethylamine	C	249	1.2	8.0	IIA
Vinyl Acetate	D	402	2.6	13.4	IIA
Xylene	D	464	0.9	7.0	IIA

ที่มา : มาตรฐาน NEC, Cooper Crouse-Hinds

1.7 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Material Safety Data Sheet: MSDS)

ในเอกสารแสดงข้อมูลการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยจากผู้ผลิตสารนั้นจะมีข้อมูลที่ผู้ใช้และผู้จัดเก็บสารเคมีนั้นควรศึกษาทำความเข้าใจและปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเหมาะสม ซึ่งในด้านของผู้ออกแบบติดตั้งระบบไฟฟ้าในสถานที่ที่มีการใช้หรือจัดเก็บสารนั้นควรพิจารณาข้อมูลในเอกสาร MSDS นั้นที่สำคัญ คือ

1. ข้อมูลส่วนประกอบของสารอันตราย (Hazardous Ingredient Information)
 - Chemical Identity คือ การแสดงชื่อทางเคมีของสาร และชื่อทางการค้าอื่นๆ
 - List of Hazardous Chemicals คือ รายการแสดงส่วนประกอบของสารเคมีอันตราย
 - Percent by Weight or Volume คือ อัตราส่วนของสารเคมีอันตรายโดยน้ำหนักหรือปริมาตร
2. ข้อมูลทางฟิสิกส์ของสาร (Physical Data)
 - Boiling Point คือ ค่าอุณหภูมิที่สารจะเปลี่ยนจากสภาพของเหลว (Liquid) ไปเป็นไอ (Vapor) ที่ความดันมาตรฐาน (1 บรรยากาศ) ถ้าอุณหภูมิในสถานที่ใช้หรือจัดเก็บสารสูงมาก ก็จะทำให้เกิดไอระเหยของสารฟุ้งกระจายมากด้วย
 - Vapor Pressure คือ ค่าความดันไอของสารที่ระเหยและลอยอยู่เหนือสารเหลวนั้น ภายในภาชนะปิด ค่าความดันไอนี้จะมีหน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถ้าค่าความดันไอนี้มากแสดงว่าถ้าเกิดรอยรั่วหรือช่องเปิดของถังบรรจุ ไอของสารจะฟุ้งกระจายออกมาภายนอกถังบรรจุได้มาก
 - Vapor Density คือ ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ หรือน้ำหนักของไอของสารนั้นเมื่อเทียบกับอากาศปกติในปริมาณที่เท่ากัน ค่านี้จะแสดงให้เห็นว่าไอระเหยของสารนั้นจะลอยขึ้นสูงหรือลงต่ำ
 - Percent Volume by Weight คือ ค่าร้อยละของปริมาตรเมื่อระเหยกลายเป็นไอทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์
 - Evaporation Rate คือ ค่าอัตราเร็วที่สารในสภาพของเหลวเปลี่ยนไปเป็นไอ ที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน
 - Appearance and Odor คือ สีและกลิ่นของไอระเหย เมื่อมีไอระเหยของสารอันตรายปนอยู่ในอากาศในปริมาณมาก ถ้าไอของสารนั้นไม่มีสีหรือกลิ่น ก็จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ตรวจจับ (Gas Detector) เพราะถ้าผู้ปฏิบัติงานไม่ทราบว่ามีการปนของสารอันตรายในบรรยากาศในปริมาณมากก็จะสูดดมไอของสารพิษเข้าไปโดยไม่รู้สึกรู้สียงอาจเกิดอันตรายได้ หรืออาจเกิดความประมาทในระหว่างการทำงานจนทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้

3. ข้อมูลการจุดติดไฟและการจุดระเบิดของสาร (Fire and Explosion Hazard Data)

- Flash Point คือ ค่าอุณหภูมิต่ำที่สุดที่สารเหลวจะเริ่มระเหยกลายเป็นไอที่มีความเข้มข้นมากเพียงพอให้เกิดการจุดติดไฟได้
- Flammable Limits คือ ช่วงร้อยละโดยปริมาตรของไอระเหยของสารในอากาศที่ทำให้สามารถจุดติดไฟได้ ค่าต่ำสุดคือ Lower Explosive Limit (LEL) และค่าสูงสุดคือ Upper Explosive Limit (UEL) ถ้าช่วงของการจุดติดไฟได้กว้างมาก แสดงว่าสารนี้มีอันตรายมาก
- Extinguishing Media คือ สารที่ใช้ในการดับไฟที่เกิดจากการลุกไหม้ของสารอันตรายนั้น

ตัวอย่างของ MSDS (อะซีโตน)

Material Safety Data Sheet

1. Identification of Substance

Product Name: **Acetone** ชื่อสารเคมี อะซีโตน
Application: Solvent
Supplier: SwanTek
Address: Mintsfeet Road South, Kendal, Cumbria, LA9 6ND
Contact: Tel: 01539 722247 Fax: 01539 740067
E-mail: service@swantek.com Web: www.swantek.com
Emergency health and safety information is available on line at www.swantek.com.

2. Composition/Information on Ingredients

Acetone (alternative names: 2-propanone, dimethyl ketone)
Chemical family name: Aliphatic ketone
CAS No.: 67-64-1
EINECS No.: 200-662-2

3. Hazards Identification

Physical/Chemical hazards: **Highly flammable** คุณสมบัติเป็นสารไวไฟมาก
Human health hazards: Irritating to eyes. Repeated exposure may cause skin dryness or cracking. Vapours may cause drowsiness and dizziness. May cause respiratory tract irritation.
Effects and symptoms:
Eyes: Causes eye irritation.
Skin: Prolonged or repeated contact can defat the skin and lead to irritation and/or dermatitis.
Inhalation: Inhalation causes headaches, dizziness, drowsiness and nausea and may lead to unconsciousness. May cause respiratory tract irritation. Symptoms similar to alcohol intoxication.
Ingestion: Ingestion may cause gastro-intestinal irritation and diarrhoea. Causes mild irritation of the mouth, throat and oesophagus. Ingestion may cause nausea, weakness and central nervous system effects.

4. First Aid Measures

General:

Inhalation: Remove from exposure. Never give anything by mouth to an unconscious person. Obtain medical attention immediately.

Ingestion: Do not induce vomiting unless directed to do so by medical personnel.

Eye Contact: In case of contact, immediately flush eyes with a copious amount of water for at least 15 minutes. Obtain medical attention immediately.

Skin Contact: Immediately wash exposed skin with soap and water. Remove contaminated clothing and shoes. Wash clothing before re-use. Clean shoes thoroughly before re-use. Get medical attention if irritation develops.

5. Fire Fighting Measures

Flash point: -20C (-4F) CC

Autoignition temperature: 465C (869F)

Extinguishing media: In case of fire use water spray (fog), foam, dry chemical, or CO₂.

Hazardous decomposition products: Carbon oxides (CO, CO₂).

Unusual fire/explosion hazards: This material is combustible/flammable and is sensitive to fire, heat and static discharge. Highly flammable liquid and vapour. Vapour may cause flash fire. Vapours may accumulate in low or confined areas, travel a considerable distance to a source of ignition and flash back. Runoff to sewer may create fire or explosion hazard.

Special fire fighting procedures: Do not fight fire when it reaches material.

Withdraw from fire and let it burn. Promptly isolate the scene by removing all persons from the vicinity of the incident if there is a fire. First move people out of line of sight of scene and away from windows. Cool closed containers exposed to fire with water.

Protection of fire fighters: Fire fighters should wear self contained positive pressure breathing apparatus (SCBA) and full turnout gear.

อุณหภูมิต่ำสุดที่เกิดการระเหยจนสามารถจุดติด

ไฟได้ คือ - 20 °C และลุกติดไฟได้เองที่ 465 °C

6. Accidental Release Measures

Large spill or leak: Immediately contact emergency personnel. Eliminate all ignition sources. Keep unnecessary personnel away. Use suitable protective equipment (Section 8). Follow all fire fighting procedures (Section 5). Do not touch or walk through spilled material. If emergency personnel unavailable, contain spilled material. For small spills add absorbent (soil may be used in the absence of other suitable materials) and use a non-sparking or explosion proof means to transfer material to a sealed, appropriate container for disposal. For large spills, dyke spilled material or otherwise contain material to ensure runoff does not reach a waterway. Place spilled material in an appropriate container for disposal. Minimize contact of spilled material with soils to prevent runoff to surface waterways. See Section 13 for waste disposal information.

Personal protection - large spill: Splash goggles, full suit, boots, gloves. A self contained breathing apparatus should be used to avoid inhalation of the product. Suggested protective clothing might not be sufficient. Consult a specialist before handling this product.

7. Handling and Storage

Handling: Avoid prolonged or repeated contact with skin. Avoid contact with eyes. Keep container closed. Use only with adequate ventilation. Keep away from heat, sparks and flame. To avoid fire or explosion, dissipate static electricity during transfer by earthing and bonding containers and equipment before transferring material. Use exploding proof electrical (ventilation, lighting and material

handling) equipment. Wash thoroughly after handling.

Storage: Store in a segregated and approved area. Keep container in a cool, well ventilated area. Keep container tightly closed and sealed until ready for use.

Avoid all possible sources of ignition (spark or flame). Store in original container.

8. Exposure Controls/Personal Protection

Engineering measures: Provide exhaust ventilation or other engineering controls to keep the airborne concentrations of vapours below their respective threshold limit values. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location. Wash hands after handling compounds and before eating, smoking, using the lavatory and at the end of the day.

Occupational exposure limits: STEL: 1500ppm (15 min). TWA 500ppm (8h).

Personal protection:

Respiratory system: Use only with adequate ventilation. Do not breathe vapour or mist. If ventilation is inadequate use certified respirator that will protect against organic vapour.

Skin and body: Avoid contact with skin. Wear clothing and footwear that cannot be penetrated by chemicals or oil.

Hands: Wear gloves that cannot be penetrated by chemicals or oil.

Eyes: Avoid contact with eyes. Wear chemical splash goggles.

9. Physical and Chemical Properties

Physical state	Liquid
Colour	Clear colourless
Odour	Pungent
Boiling point	56 C
Melting point	-95 C
Explosion limits	2.6% to 13%
Solubility in water	Easily soluble in cold water
Partition coefficient (log Pow)	-0.24
Vapour pressure	24.7 kPa at 20 C
Density	0.79 g/cm ³
Auto-flammability	465 C
Relative vapour density (air=1)	2
Evaporation rate	9.46 (compared to Butyl Acetate)

การอธิบายค่าต่างๆ ที่อ่านได้
- สารนี้มีช่วงการติดไฟตั้งแต่ 2.6% (LEL) ถึง 13% (UEL)
- ค่าความดันไอ ของสารที่ระเหย และลอยอยู่ในอากาศ แสดงถึงการฟุ้งกระจายของสารเมื่อเกิดการรั่วไหล
- ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ = 2 แสดงว่าสารนี้หนักกว่าอากาศ เมื่อรั่วไหลจะลอยต่ำลง

10. Stability and Reactivity

Avoid all possible sources of ignition (spark or flame). Avoid exposure to water or moisture. Product is highly reactive with oxidising agents. Hazardous polymerisation will not occur.

11. Toxicological Information

Acute toxicity: 1700-1070 mg/kg (rat). LC50 > 6700 mg/l 4h (rat). LD50 > 15688 mg/kg (rabbit).

Chronic toxicity:

Carcinogenic effects: No component of this product at a level greater than 0.1% is identified as a carcinogen by ACGIH, the International Agency for Research of Cancer (IARC) or the European Commission (EC). Classified A4 (Not classifiable for humans or animals) by ACGIH (Acetone).

Other effects: No component of this product at a level greater than 0.1% is

classified by established regulatory criteria as a mutagen, a reproductive toxin, teratogenic or embryotoxic.

12. Ecological Information



Ecotoxicity: Practically non-toxic to aquatic organisms. LC50 > 5500 mg/l 96h (fish). EC50 > 10022 mg/l (daphnia).

Persistence potential: This product is readily biodegradable. BOD5 is 38-56% ThOD. BOD20 is 76-84% ThOD.

Mobility: This product is likely to volatilise rapidly into the air because of its high vapour pressure. This product may move with surface or groundwater flows because it is 100% water soluble. The product is poorly absorbed onto soils or sediments.

Bioaccumulative potential: This product is not expected to bioaccumulate through food chains in the environment.

13. Disposal Considerations

Product disposal: Dispose of in accordance with all applicable national and local regulations. Avoid contact of spilled material and runoff with soil and surface waterways. Consult an environmental professional to determine if regulations would classify spilled or contaminated material as hazardous waste. Use only approved transporters, recyclers, treatment, storage or disposal facilities.

Container disposal: Labels should not be removed from containers until they have been cleaned. Empty containers may contain harmful, flammable/combustible or explosive residue or vapours. Do not cut, grind, drill, weld, reuse or dispose of containers unless adequate precautions are taken against these hazards. Do not incinerate closed containers.

14. Transport Information

UK Transport Information: UK Transport Emergency Action Code: 3(Y)E. UK Transport Class No. 3.

UN No: 1090

Proper shipping name: Acetone

ADR/RID Substance Identification No: 1090

ADR/RID Class: 3

ADR/RID Item No: 3(b)

ADR/RID Hazard Identification No: 33

IMDG Packing group: II

IMDG Class: 3.1

IMDG Marine pollutant: No

IMDG Ems No: 3-06

IMDG MFAG table no: 300

IATA Packaging Group: II

IATA Class: 3

Tremcard No. TEC(R): 30

15. Regulatory Information

Labelling Information: Highly flammable. Irritant.

EINECS No: 2006622

EC Annex No: 606-001-00-8

EC Annex 1 Classification: Highly flammable, Irritant

TSCA Listing: Yes

AICS/NICNAS Listing: Yes

DSL/NDSL (Canadian) Listing: DSL listed

INCI name: Acetone

Risk Phrases: R11: Highly flammable.

R36: Irritating to eyes.

R66: Repeated exposure may cause skin dryness or cracking.

R67: Vapours may cause drowsiness and dizziness.

Safety Phrases: S2: Keep out of reach of children.

S24: Avoid contact with skin.

S46: If swallowed seek medical advice immediately and show this container or label.

S51: Use only in well ventilated areas.

16. Other Information

Issue Date: 21 January 2005

The responsibility to ensure safe working conditions within the workplace remains with the user. The information contained within this Safety Data Sheet (SDS) is given as a guide to the precautions required to maintain a safe work environment.

This product is for professional use only. Not for sale or resale to the general public. This product is sold for the application or applications stated on this SDS. Use for other applications may give rise to risks not covered by the information on this SDS. The physical and chemical properties on this SDS are typical properties, not a specification.

All information and instructions provided in this SDS are based on SwanTek current scientific and technical knowledge at the date indicated on the present SDS. SwanTek shall not be held responsible for any defect in the product covered by the SDS, should the existence of such defect not be detectable considering the current state of scientific and technical knowledge. Please report any errors to safety@swantek.com.

บทที่ 2

หลักการของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดป้องกันการระเบิด

2.1 สาเหตุที่อาจทำให้เกิดการจุดระเบิด (Ignition Source)

ในการออกแบบระบบป้องกันการจุดระเบิดภายในบริเวณที่มีการใช้หรือจัดเก็บสารไวไฟนั้น ผู้ออกแบบจะต้องพยายามหลีกเลี่ยงการเกิดบรรยากาศที่มีสารไวไฟปนเปื้อนมากเพียงพอให้เกิดการจุดติดไฟได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีกระบวนการผลิตหรืองานบำรุงรักษาที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงสภาพบรรยากาศดังกล่าวได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามป้องกันมิให้เกิดการจุดระเบิดในสถานที่นั้น ซึ่งสิ่งที่ทำให้เกิดการจุดระเบิดที่สำคัญ มีดังนี้

- เปลวไฟ: Open Flame
- พื้นผิวที่มีความร้อนสูง: Hot Surfaces
- การอาร์ก และการสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า: Electrical Arcs and Sparks
- การถ่ายเทประจุของไฟฟ้าสถิตระหว่างวัตถุที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า: Electrostatic Discharge
- การเกิดฟ้าผ่า หรือการถ่ายเทประจุไฟฟ้าจาก บรรยากาศ ลงสู่พื้นดิน: Lightning (Atmospheric Discharge)
- การเกิดการเสียดสีของเครื่องจักรกล หรือการกระทบอย่างรุนแรงของโลหะ: Mechanical Friction or Impact Sparks
- การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความเข้มสูง: Electromagnetic Radiation
- การเกิดคลื่นอัลตราโซนิกที่มีพลังงานสูง: Ultrasonic
- คลื่นพลังงานกระแทกอย่างรุนแรง: Shock Waves (Adiabatic Compression)
- การแผ่คลื่นพลังงานจากปฏิกิริยาการแยกตัวของไอออน: Ionizing Radiation
- การแผ่คลื่นแสงที่มีความเข้มสูง: Optical Radiation
- ปฏิกิริยาเคมีอย่างรุนแรงและเกิดพลังงานความร้อนสูง: Chemical Reaction

2.2 เทคนิคพื้นฐานในการป้องกันการระเบิด (Technical Principle of Explosion Protections)

Temperature Classification

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะมีระดับอุณหภูมิสูงขึ้นไม่เท่ากันเมื่อใช้งานตามปกติ ถ้าการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ ทำให้เกิดความร้อนสูงจนถึงระดับอุณหภูมิที่ไอระเหยของสารไวไฟสามารถลุกติดไฟได้เอง (Auto-Ignition Temperature) อาจเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ ดังนั้นมาตรฐาน NEC และ IEC รวมทั้งมาตรฐานอื่นๆ จึงมีการแบ่งระดับอุณหภูมิสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นบนพื้นผิวของสิ่งห่อหุ้ม (Enclosure) อุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะที่ใช้งานตามปกติ ซึ่งเรียกว่า Temperature Class (T Class) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะไม่ทำให้เกิดความร้อนสูงจนแก่สหรือไอระเหยของสารไวไฟที่ผสมอยู่ในบรรยากาศลุกติดไฟได้เอง ดังนั้นเมื่อทราบว่าสารไวไฟที่ใช้มีค่า Auto-ignition Temperature เท่าใด ก็จะต้องเลือกระดับ T class ของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีค่าต่ำกว่าค่า Auto-Ignition Temperature ของสารไวไฟในพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์นั้น

ตารางที่ 2.1 แสดงรหัสมาตรฐานของ Temperature Classification ในมาตรฐาน IEC และ NEC

ระดับอุณหภูมิสูงสุด	มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
450° C	T1	T1
300° C	T2	T2
280° C		T2A
260° C		T2B
230° C		T2C
215° C		T2D
200° C	T3	T3
180° C		T3A
165° C		T3B
160° C		T3C
135° C	T4	T4
120° C		T4A
100° C	T5	T5
85° C	T6	T6

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าตามรหัสมาตรฐานของ T-Classification กับสารไวไฟ

สารไวไฟ	Ignition Temperature ($^{\circ}$ C)	T-Class	IEC group
Acetaldehyde	140	T4	IIA
Acetic Acid	485	T1	IIA
Acetic Anhydride	330	T2	IIA
Acetone	540	T1	IIA
Acetylene	305	T2	IIC
Ammonia	630	T1	IIA
Benzene	220	T3	IIA
Carbon Disulfide	95	T6	IIC
Diesel	220 – 300	T3	IIA
Ethane	515	T1	IIA
Ethylalcohol	425	T2	IIA
Ethylene	425	T2	IIB
Hydrogen	560	T1	IIC
Methane	595	T1	IIA
Methanol	455	T1	IIA
Naphthalene	520	T1	IIA
Propane	470	T1	IIA
Toluene	535	T1	IIA

ที่มา : มาตรฐาน IEC

จากตารางที่ 2.2 ถ้าเลือกใช้อุปกรณ์ต่อสายไฟฟ้า (Terminal Box) ที่มีระดับมาตรฐานระดับที่ดีที่สุดคือ T6 อุปกรณ์นั้นอาจทดสอบมาแล้วว่าอุณหภูมิสูงสุดในการใช้งานประมาณ 80° C ที่อุณหภูมิแวดล้อม 40° C การเลือกฉนวนของสายไฟที่ต่ออยู่ก็ต้องมีความเหมาะสมด้วย เช่น ฉนวนของสายไฟที่เป็น PVC จะสามารถทนความร้อนได้เพียง 70° C เท่านั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

2.3 มาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด (Explosion proof Protection)

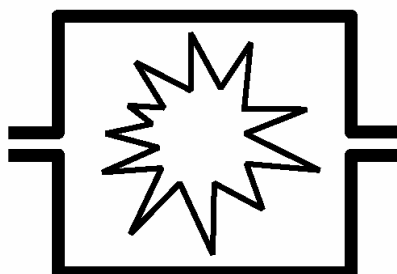
วิธีการออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าและส่วนประกอบในการติดตั้งระบบไฟฟ้าที่สามารถป้องกันการระเบิดเกิดจากแนวคิดพื้นฐานที่ว่า การเกิดเพลิงไหม้จะต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือสารไวไฟปริมาณมากพอ ออกซิเจน และแหล่งจุดติดไฟ ดังนั้นวิธีการป้องกันการระเบิดจึงใช้แนวคิดพื้นฐานในการป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสูงที่ผิวเครื่องห่อหุ้มหรือเกิดประกายไฟได้ แต่ถ้าเกิดมีประกายไฟขึ้นภายในเครื่องห่อหุ้มก็จะไม่ทำให้เกิดไฟไหม้ลุกลามออกนอกสู่ออกไป

ตารางที่ 2.3 แสดงมาตรฐานการใช้เทคนิคป้องกันการระเบิดตามมาตรฐานของ IEC และ NEC

เทคนิคการป้องกันการระเบิด	รหัสมาตรฐาน	พื้นที่อันตรายที่ใช้ได้	
		มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
Flameproof	d	Zone 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Intrinsically Safe	ia	Zone 0, 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Intrinsically Safe	ib	Zone 1 และ 2	Division 2
Purge or Pressurization	p	Zone 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Increased Safety	e	Zone 1 และ 2	Division 2
Immersed in Oil	o	Zone 1 และ 2	Division 2
Filled with Powder / Sand	q	Zone 1 และ 2	Division 2
Encapsulated / Molding	m	Zone 1 และ 2	Division 2
Non-Sparking / Nonincendive	n	Zone 2	Division 2

ที่มา : มาตรฐาน NEC และ IEC

Flameproof Type “d” Protection



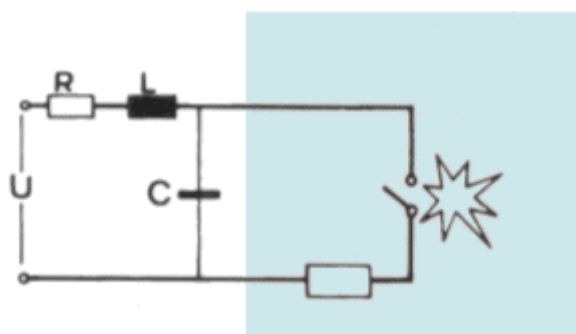
รูปที่ 2.1 Flameproof Type “d” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้สามารถเกิดการจุดระเบิดภายในส่วนเปลือกของอุปกรณ์ได้หากมีแก๊สหรือไอระเหยแทรกเข้าไปภายในและมีประกายไฟเกิดขึ้น แต่ความดัน

ที่เกิดขึ้นจากการระเบิดจะไม่สามารถทำความเสียหายกับเปลือกหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าจนทำให้เปลวไฟขยายออกสู่ภายนอกได้ เทคนิคการป้องกันแบบนี้มักใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มักทำให้เกิดอาร์กหรือสปาร์ก รวมทั้งเกิดความร้อนสูงขณะที่มีการใช้งานตามปกติ เช่น มอเตอร์, โคมไฟ, สวิตช์ควบคุม, เตารีด และ เต้าเสียบ เป็นต้น

Intrinsic Safety Type “ia” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับกระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าต่ำมากจนกระทั่งผลของการเกิดลัดวงจรภายในอุปกรณ์ดังกล่าวถึง 2 จุดในเวลาเดียวกันแล้วจะไม่ก่อให้เกิดพลังงานความร้อนมากเพียงพอให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดจุดติดไฟได้



รูปที่ 2.2 Intrinsic Safety Type “ia” และ “ib” Protection

Intrinsic Safety Type “ib” Protection

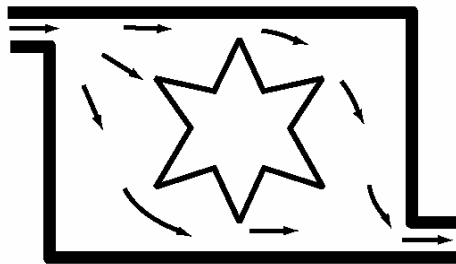
อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับกระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าต่ำมากจนกระทั่งผลของการเกิดลัดวงจรภายในอุปกรณ์ดังกล่าวเพียง 1 จุดก็ยังไม่ก่อให้เกิดพลังงานความร้อนมากเพียงพอให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดจุดติดไฟได้

เทคนิคการป้องกันแบบ Intrinsic Safety มักใช้กับ Thermocouple, Transducer, Transmitter, Proximity Switch, Flow Detector, และ Level Sensor เป็นต้น วงจรไฟฟ้าที่เป็นแบบ Intrinsically Safe มักจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- (1) อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor หรือ Instrument)
- (2) อุปกรณ์จำกัดพลังงาน (Energy-limiting Device) บางครั้งเรียกว่า “Barrier”
- (3) สายไฟฟ้าที่มีการป้องกันความเสียหายจากการกระแทกทางกลได้

เครื่องมือที่ใช้เป็น Barrier นี้จะทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า ที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ ใช้ Resistor ช่วยลดกระแสลัดวงจร, ใช้ Zener Diode ช่วยจำกัดแรงดันไฟฟ้าเกิน และใช้ Fuse ช่วยตัดวงจรที่เกิดกระแสลัดวงจรไฟฟ้า

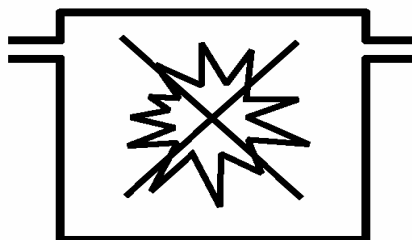
Pressurized Type “p” Protection



รูปที่ 2.3 Pressurized Type “p” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีการอัดอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในเครื่องห่อหุ้ม เพื่อไล่ไอระเหยของสารไวไฟออกนอกเครื่องห่อหุ้ม พร้อมกับรักษาระดับความดันอากาศภายในนั้นให้สูงกว่าภายนอกเล็กน้อยเพื่อป้องกันไอระเหยของสารอันตรายจากภายนอกแพร่เข้ามาในเครื่องห่อหุ้มที่มีส่วนประกอบวงจรไฟฟ้าซึ่งอาจเกิดการสปาร์กได้ โดยปกติจะออกแบบให้มีความดันอากาศแตกต่างกัน 0.5 mbar หรือ 50 Pa ในบางกรณีอาจจะใช้แก๊สเฉื่อยอัดเข้าไปในเปลือกหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าแทนที่จะใช้อากาศซึ่งมีออกซิเจนผสมอยู่ประมาณ 21% เพื่อป้องกันการระเบิดได้ดีมากขึ้น แก๊สเฉื่อยที่ใช้ เช่น แก๊สไนโตรเจน เพราะไม่เป็นอันตรายและมีอยู่ในอากาศทั่วไป

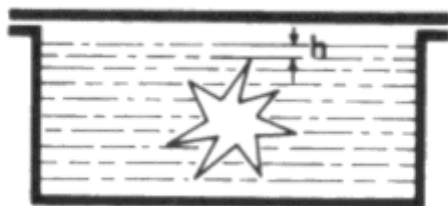
Increased Safety Type “e” Protection



รูปที่ 2.4 Increased Safety Type “e” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งตามปกติจะไม่มี การเกิดอาร์ก หรือสปาร์กขึ้นได้ นอกจากมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น ดังนั้นการเพิ่มระบบป้องกันเหตุไม่ปกติ ที่อาจเกิดขึ้นได้จึงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งจะไม่ปล่อยให้มีความร้อนสูงเกิดขึ้นที่อุปกรณ์นั้นๆ เทคนิคการป้องกันแบบนี้นิยมใช้กับอุปกรณ์การต่อสายไฟ, ระบบแสงสว่าง, มอเตอร์, และเครื่องมือวัด เป็นต้น ในกรณีของกล่องต่อสายไฟ แนวคิดของการป้องกันสามารถทำได้โดย ไม่ออกแบบให้มีการต่อสายหนาแน่นเกินไปภายในกล่องต่อสายเดียว, เลือกใช้อุปกรณ์ต่อสายที่มั่นคงไม่หลุดง่าย, ใช้ฉนวนไฟฟ้าที่ทนความร้อนสูงได้, และหลีกเลี่ยงการต่อสายไฟที่นำกระแสไฟฟ้ามาก ๆ มาไว้ในกล่องต่อสายเดียวกัน

Oil Immersion Type “o” Protection



รูปที่ 2.5 Oil Immersion Type “o” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีจุ่มแช่อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนที่มีการอาร์กหรือสปาร์กบ่อยครั้งและอาจจะรุนแรงด้วย ลงไปใน Mineral Oil เพื่อไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากประกายไฟสัมผัสกับเชื้อเพลิงโดยตรง นอกจากนี้ น้ำมันที่ใช่แช่ซึ่งมีการหมุนเวียนยังช่วยทำหน้าที่ระบายความร้อนในบริเวณที่เกิดอาร์คด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการอาร์ก จะทำให้มีน้ำมันบางส่วนเกิดปฏิกิริยาเคมีและได้แก๊ส Hydrogen และ Acetylene ออกมา นอกจากนี้หากเกิดการลัดวงจรอย่างรุนแรงน้ำมันนี้ก็จากติดไฟและทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ วิธีการป้องกันแบบนี้จึงไม่นิยมใช้ในพื้นที่อันตรายเพราะมีความเสี่ยงสูง เทคนิคการป้องกันแบบนี้นิยมใช้กับ สวิตช์เกียร์ และหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ เป็นต้น

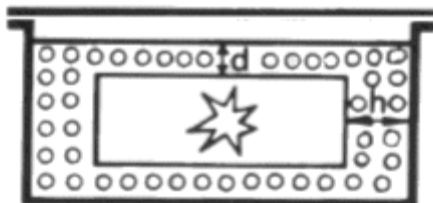
Powder Filled Type “q” Protection



รูปที่ 2.6 Explosive Atmosphere

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีเติมผงแก้วลงไปเพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากประกายไฟสัมผัสกับไอระเหยของสารไวไฟได้โดยตรง เทคนิคการป้องกันแบบนี้นิยมใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น คาปาซิเตอร์ และหม้อแปลงขนาดเล็ก เป็นต้น

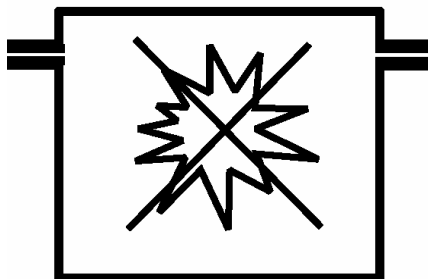
Encapsulation Type “m” Protection



รูปที่ 2.7 Encapsulation Type “m” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีการเคลือบปิดส่วนที่อาจมีการอาร์กหรือสปาร์กไว้ด้วยฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันมิให้มีไอระเหยของสารไวไฟแทรกเข้าไปสัมผัสกับความร้อนที่เกิดขึ้นได้โดยตรง ฉนวนปิดกั้นการอาร์กที่นิยมใช้ คือ Epoxy Resin, Thermoplastic, thermosetting และ Elastomeric Material เป็นต้น เทคนิคการป้องกันแบบนี้มักใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น Solenoid Valve, Rapid Starter, Resistor, Capacitor, Optoisolator และ Diode เป็นต้น

Nonincendive Type “n” Protection



รูปที่ 2.8 Nonincendive Type “n” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งตามปกติจะไม่มี การเกิดอาร์กหรือสปาร์กที่รุนแรง รวมทั้งจะไม่เกิดความร้อนที่เปลือกหุ้มอุปกรณ์สูงจนสามารถทำให้ เกิดการจุดติดไฟได้ โดยใช้เครื่องห่อหุ้มที่ปิดสนิทจนฝุ่น น้ำและแก๊สไม่สามารถผ่านเข้าออก ได้ตามเกณฑ์การทดสอบ เทคนิคการป้องกันแบบนี้ยังอาจถูกแบ่งเป็นวิธีการป้องกันได้อีก 3 ชนิด ดังนี้

- Non-Sparking “nA” คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดที่จะไม่มีการสปาร์กเกิดขึ้น
- Hermetically Sealed “nC” คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดที่มีเปลือกหุ้มปิดสนิทจนไม่มีอากาศเข้า ได้เลย

- Restricted Breathing “nR” คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดที่จะจำกัดอากาศไม่ให้เข้าหรือออกจากเปลือกหุ้มได้ ทำให้ภายในเปลือกหุ้มส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อาจเกิดสปาร์กไม่มีไอระเหยมากพอที่จะเกิดติดไฟได้

2.4 การรับรองมาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด

อุปกรณ์กันการระเบิดของผู้ผลิตทุกรายจะต้องผ่านการทดสอบและได้รับการรับรองมาตรฐานว่าได้ออกแบบเพื่อป้องกันการระเบิดด้วยวิธีต่างๆ ตามมาตรฐานอย่างถูกต้อง ซึ่งผู้ที่จะสามารถให้บริการทดสอบและให้การรับรอง มีดังนี้

ตารางที่ 2.4 ตัวแทนผู้รับรองมาตรฐาน (Standard Agencies)

ประเทศ	ผู้มีอำนาจในการรับรองมาตรฐาน
Australia	Quality Assurance Services
Australia	Safety in Mines Testing and Research Station (SIMTARS)
Austria	Technische Überwachungsverein Product Services (TUV)
Brazil	Centro de Pesquisas de Energia Eletrica (CEPEL)
Canada	Canada Standards Association (CSA)
Czech Republic	Fyzikalne Technicky Zkusebni Ustav (FTZU)
Denmark	DEMKO
Finland	Technical Research Centre of Finland (VTT)
France	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)
France	Laboratoire Central des Industries Electriques (LCIE)
Germany	Forschungsgesellschaft für Angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin mbH (FSA)
Germany	DMT-Gesellschaft für forschung und Prufung mbH Fachstelle für Sicherheit elektrischer Betriebsmittel Bergbau-Versuchsstrecke (BVS)
Germany	Institut für Sicherheitstechnik GmbH Institut an der Bergakademie Freiberg (IBExU)
Germany	Technische Überwachungsverein (TUV)

ประเทศ	ผู้มีอำนาจในการรับรองมาตรฐาน
Germany	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
Hungary	Hungarian Testing Authority for Explosion-proof Electrical Apparatus (BKI)
Italy	Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI)
Japan	The Technical Institution of Industrial Safety (TIIS)
Luxemburg	Service de l'Energie de l'Etat Luxembourgeois
Netherlands	Keuring van Elektrotechnische Materialen (KEMA)
Norway	NEMKO
Poland	Główny Instytut Górnictwa Kopalnia Doswiadczalna "BARBARA"
Republic Korea	Korea Industrial Safety Corp. (KISCO)
Republic of South Africa	South African Bureau of Standards (SABS)
Romania	Insemex Petrosani Equipment Ex. Certification Service
Russia	Test Centre for Explosion-proof Electrical Apparatus (VNIIEF)
Slovakia	Elektrotechnický Vyskumny a Projektový Ústav (EVPU)
Slovenia	Mr Igor Likar Slovenian of Quality and Metrology (SIQ)
Spain	Laboratorio Oficial Jose Maria Madariaga (LOM)
Sweden	Swedish National Testing and Research Institute (SP)
Switzerland	Eidgenössisches Starkstrominspektorat (ESTI)
Ukraine	Test and Certification Centre for Explosion-proof and frame-proof Electrical Apparatus (ISZVE)
United Kingdom	Electrical Equipment Certification Services (EECS)
United Kingdom	SIRA Certification Services (SCS)
United States	Factory Mutual Research Corporation (FM)
United States	Underwriters Laboratories, Inc. (UL)
Yugoslavia	Savezno Ministarstvoza Razvoj, Nauku i Zivotnu Sredinu Savezni Zavodza Standardizaciju (SZS)

2.5 สัญลักษณ์ของมาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด (Certification Code)

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถใช้ในงานติดตั้งในพื้นที่อันตรายจะต้องถูกออกแบบให้เหมาะสมในการใช้งานในแต่ละประเภทของพื้นที่อันตราย ซึ่งผู้ผลิตจะแสดงสัญลักษณ์ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานการออกแบบเพื่อป้องกันคุณสมบัติต่างๆ ตามตารางที่ 2.5 - 2.7

ตารางที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์สำหรับมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทป้องกันการระเบิด

ตามมาตรฐาน NEC 500

Permitted Class	Permitted Division	Permitted Group	Temperature Class
Class I: Gas	Division 1	Group A	T1: 450 °C
		Group B	T2: 300 °C
	Division 2	Group C	T2A: 280 °C
		Group D	T2B: 260 °C
			T2C: 230 °C
			T2D: 215 °C
			T3: 200 °C
			T3A: 180 °C
			T3B: 165 °C
			T3C: 160 °C
			T4: 135 °C
			T4A: 120 °C
		T5: 100 °C	
	T6: 85 °C		
ตัวอย่างสัญลักษณ์: Class I, Div 1, Group B, C, D, T4			

ที่มา : มาตรฐาน NEC

ตารางที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์สำหรับมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทป้องกันการระเบิด

ตามมาตรฐาน NEC 505

Permitted Class	Permitted Zone	AEx	Protection Method	Gas Group	Temperature Class
Class I: Gas	Zone 0		e: Increased Safety	Group IIC	T1: 450 °C
	Zone 1		d: Flameproof	Group IIB + H2	T2: 300 °C
	Zone 2		m: Encapsulation	Group IIB	T3: 200 °C
			nA: Nonsparking	Group IIA	T4: 135 °C
			nR: Restricted Breathing	Group I	T5: 100 °C
			nC: Hermetically Seal		T6: 85 °C
			[ia]: Intrinsically Safe		
	[ib]: Intrinsically Safe				
ตัวอย่างสัญลักษณ์: Class I, Zone 1, AEx d [ia] IIC T4					

ที่มา : มาตรฐาน NEC

ตารางที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์สำหรับมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทป้องกันการระเบิด

ตามมาตรฐาน IEC และ CENELEC

Standard	Protection Method	Gas Group	Temperature Class
Ex: IEC	e: Increased Safety	Group IIC	T1: 450 °C
EEx: CENELEC	d: Flameproof	Group IIB	T2: 300 °C
	m: Encapsulation	Group IIA	T3: 200 °C
	p: Pressurized		T4: 135 °C
	q: Powder-Filled		T5: 100 °C
	o: Oil Immersion		T6: 85 °C
	n: Nonincendive		
	ia: Intrinsically Safe		
	ib: Intrinsically Safe		
	s: Special Protection		
	me: Encapsulation and Increased Safety		
ตัวอย่างสัญลักษณ์ IEC: Ex d IIC T5			
ตัวอย่างสัญลักษณ์ CENELEC: EEx d IIC T5			

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ CENELEC

ตัวอย่างที่ 1 โรงงานแห่งหนึ่งมีการใช้สารไวไฟในปริมาณมากหลายชนิด คือ Acetone (อุณหภูมิจุดติดไฟ 465°C, temp-class T1, กลุ่มสาร IIA หรือ D), Ammonia (อุณหภูมิจุดติดไฟ 498°C, temp-class T1, กลุ่มสาร IIA หรือ D), Kerosene (อุณหภูมิจุดติดไฟ 210°C, temp-class T3, กลุ่มสาร IIA หรือ D), 3-Butadiene (อุณหภูมิจุดติดไฟ 420°C, temp-class T2, กลุ่มสาร IIB หรือ B) และ Methyl Acetate (อุณหภูมิจุดติดไฟ 454°C, temp-class T1, กลุ่มสาร IIB หรือ D) ให้พิจารณาเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้า ประเภทป้องกันการระเบิด

วิธีทำ จะเห็นว่าสารที่มีอุณหภูมิจุดติดไฟต่ำสุดคือ Kerosene ดังนั้นจึงเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีระดับอุณหภูมิที่ผิวระดับ T3 (หรือต่ำกว่า) และเมื่อพิจารณาการจัดกลุ่มสารไวไฟพบว่าสาร 3-Butadiene อยู่ในกลุ่ม B ที่มีอันตรายมากกว่าสารอื่น (จะเลือกใช้อุปกรณ์ที่ป้องกันสารไวไฟกลุ่มที่อันตรายมากกว่าได้) สำหรับพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 (Class I, Division 1) ดังนั้นเทคนิคการป้องกันการระเบิดที่ใช้ได้ในพื้นที่อันตรายที่ใช้ในพื้นที่ได้ คือ ia, d หรือ p (เลือกใช้เทคนิคแบบใดแบบหนึ่งหรือร่วมกันก็ได้) ดังนั้น อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เลือกใช้จะมีสัญลักษณ์ได้หลายแบบ เช่น

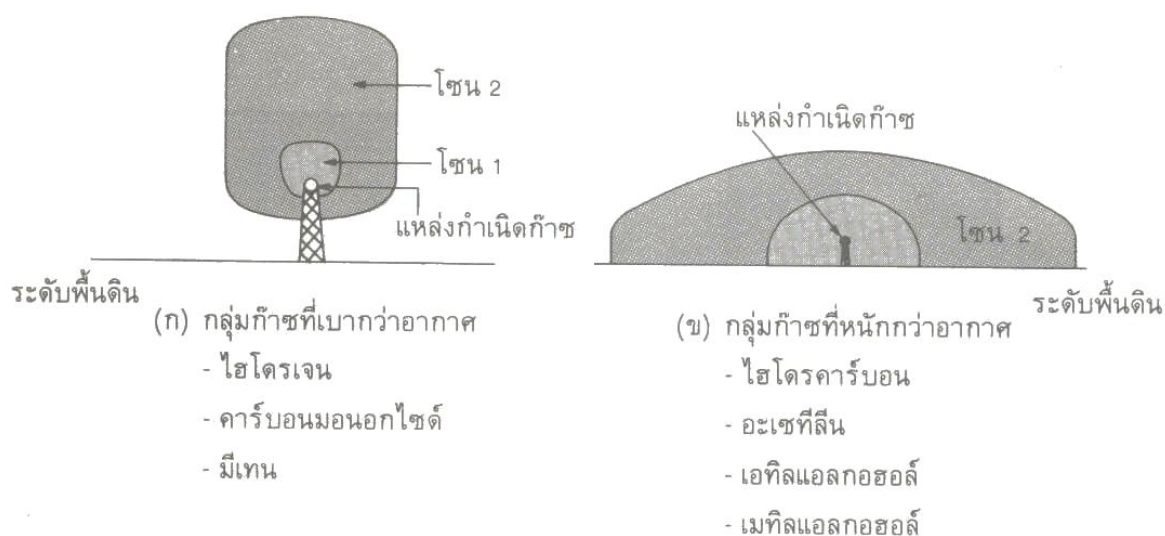
- ตัวอย่างสัญลักษณ์ CENELEC: EEx ia IIB T3
- ตัวอย่างสัญลักษณ์ IEC: Ex de IIB T2
- ตัวอย่างสัญลักษณ์ NEC 500: Class I, Div 1, Group A,B,C,D, T3
- ตัวอย่างสัญลักษณ์ NEC 505: Class I, Zone 1, AEx p IIB T2B

บทที่ 3

การปรับปรุงสภาพการทำงานในพื้นที่อันตราย

พื้นที่อันตรายคือพื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเจือปนในบรรยากาศโดยมีความความเข้มข้นของสารไวไฟมากจนทำให้สามารถจุดติดไฟได้ ดังนั้นวิธีการลดสภาพของพื้นที่อันตรายอย่างง่าย ๆ ก็คือการช่วยระบายไอระเหยของสารไวไฟออกไปสู่พื้นที่ภายนอกในบริเวณกว้างที่ไม่มีกิจกรรมใดๆ ที่จะทำให้เกิดการจุดระเบิดได้ แต่ถ้าการระบายไอระเหยของสารอันตรายนั้นทำให้เกิดความเดือดร้อนหรือเกิดอันตรายในพื้นที่ข้างเคียง ก็จะต้องมีกรรมวิธีการบำบัดสารอันตรายเสียก่อน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าความหนาแน่นหรือน้ำหนักของแก๊สหรือไอระเหยของสารแต่ละชนิดไม่เท่ากัน แก๊สที่เบากว่าอากาศจะลอยสู่ที่สูง ส่วนแก๊สที่มีน้ำหนักมากกว่าอากาศจะลอยสู่ที่ต่ำ ดังนั้นการออกแบบระบบระบายอากาศจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้เป็นสำคัญ



รูปที่ 3.1 แสดงการฟุ้งกระจายของไอระเหยของสารที่มีน้ำหนักต่างกัน

3.1 การระบายอากาศ

การระบายอากาศถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้พื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 ลดระดับความเสี่ยงลง หรือกลายเป็นพื้นที่ปกติที่ไม่มีอันตราย และยังทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกด้วย

การระบายอากาศ (Ventilation) มี 2 แบบ คือ

1. การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) จะเป็นการระบาย ถ่ายเทแก๊สหรือไอระเหยของสารออกจากสถานที่จัดเก็บออกสู่ภายนอกโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ทางกลอื่น ๆ มาช่วย ซึ่งการระบายอากาศชนิดนี้จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีการเคลื่อนไหวของอากาศโดยลมพัดและ/หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ อย่างเช่นอาคารที่เปิดโล่งการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสามารถลดระดับการกระจายของแก๊สหรือไอระเหยได้อย่างเพียงพอ แต่ถ้าภายในอาคารจะต้องมีการเปิดผนังและ/หรือหลังคาให้อากาศไหลผ่านได้อย่างสะดวก

2. การระบายอากาศโดยวิธีกล (Artificial Ventilation) ซึ่งจะเป็นการเคลื่อนไหวนิวของอากาศโดยใช้อุปกรณ์ เช่น พัดลมระบายอากาศ ซึ่งเหมาะกับการระบายอากาศภายในอาคารหรือพื้นที่ปิด นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีนี้กับพื้นที่การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติมีอุปสรรคหรือการระบายอากาศโดยธรรมชาติไม่เพียงพอ

3.2 การคำนวณการระบายอากาศของห้อง

การใช้พัดลมช่วยระบายอากาศจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งการติดตั้งพัดลมและช่องทางการถ่ายเทอากาศให้อยู่ด้านตรงข้ามกัน เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าแทนที่อากาศที่มีไอระเหยของสารไวไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางปฏิบัติห้องที่ต้องการระบายอากาศอาจมีผนังติดกับพื้นที่โล่งเพียงด้านเดียว การออกแบบจึงต้องใช้ท่อลมและพัดลมดูดอากาศช่วยนำอากาศสะอาดจากภายนอกมาอยู่ด้านตรงข้ามกับช่องทางระบายอากาศ หรือจะใช้พัดลมดูดอากาศภายในห้องซึ่งมีสารไวไฟผ่านท่อลมระบายสู่พื้นที่โล่งด้านนอกก็ได้ อย่างไรก็ตามวิธีการทั้งสองแบบจะต้องระวังมิให้อากาศที่ระบายออกสู่ภายนอกถูกดูดกลับเข้ามาภายในห้องอีก

ในการคำนวณใช้สูตร

ปริมาณลม (ลบ.ฟุต/นาที) = ปริมาตรห้อง (ลบ.ฟุต) x อัตราการถ่ายเทอากาศต่อชั่วโมง x 1/60

ตัวอย่างการคำนวณ

ห้องผสมสีมีขนาดห้องกว้าง 10 ฟุต ยาว 12 ฟุต สูง 8 ฟุต โดยกำหนดให้มีอัตราการถ่ายเทอากาศเท่ากับ 5 เท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง ให้หาอัตราความเร็วลมเพื่อใช้ในงานนี้

วิธีทำ

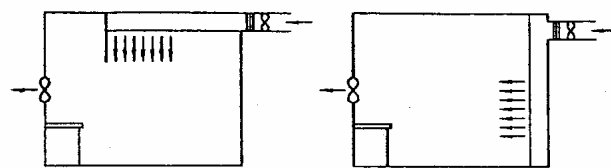
$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรของห้อง} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} \\
 &= 10 \times 12 \times 8 \\
 &= 960 \text{ ลบ.ฟุต}
 \end{aligned}$$

จากสูตรการคำนวณ

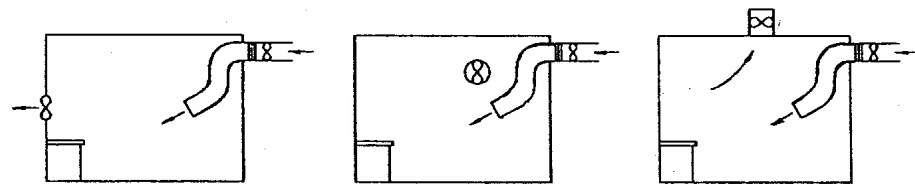
$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณลมที่ต้องการ} &= 960 \times 5 \times 1/60 \\
 &= 80 \text{ ลบ.ฟุต/นาที}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น เลือกพัดลมที่ให้ปริมาณลมในอัตราอย่างน้อย 80 ลบ.ฟุต/นาที

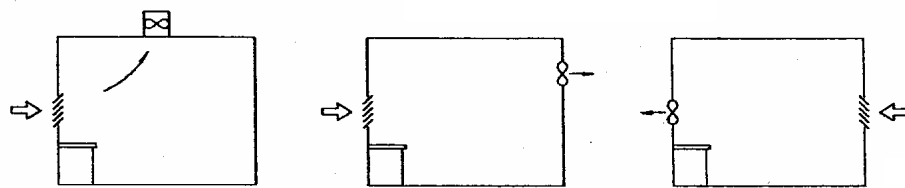
3.3 การจัดตำแหน่งระบบระบายอากาศ



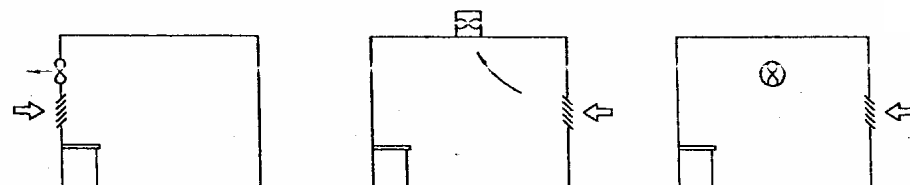
ได้ผลดีมาก



ได้ผลดี



ได้ผล



ได้ผลน้อย

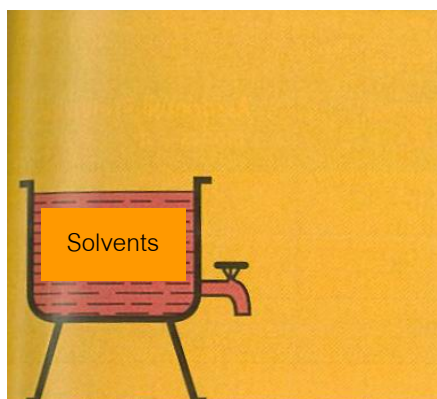
รูปที่ 3.2 แสดงการจัดวางตำแหน่งเครื่องระบายอากาศสำหรับพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1

พื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 (Class I) ที่ครอบคลุมพื้นที่ภายในอาคารบริเวณกระบวนการผลิตและจัดเก็บผลิตภัณฑ์ สามารถปรับปรุงลดขนาดพื้นที่และระดับความเข้มข้นของไอระเหยไวไฟลงได้ เพื่อให้เกิดความประหยัดการติดตั้งอุปกรณ์ทนการระเบิดชนิดที่มีราคาแพงได้ โดยวิธีการต่างๆ ดังนี้

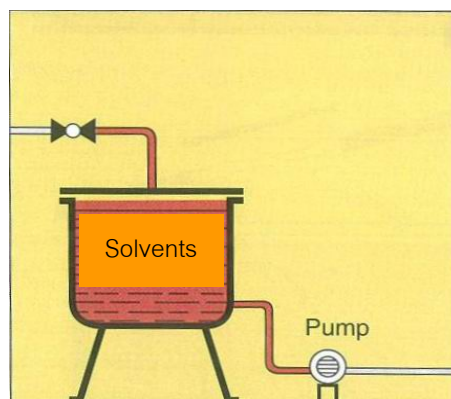
3.4 การทำงานแบบวงจรมัด (Closed Circuit Operation)

ระดับความเสี่ยงของพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 (Class I Division 1) สามารถลดระดับลงเป็นพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2 (Class I Division 2) โดยการติดตั้งกระบวนการผลิตแบบวงจรมัด เช่น การใช้ถังบรรจุสารที่มีฝาปิดมิดชิดไม่ให้ไอระเหยของสารรั่วไหลได้ ใช้ท่อนำสารและวาล์วเปิด/ปิด โดยอาจใช้ปั๊มเพื่อสูบสารไปใช้ในพื้นที่อื่นๆ ดังรูปที่ 3.3

ข้อดีของแบบนี้ คือ มีความปลอดภัยสูง แต่ต้องลงทุนติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมในช่วงแรกค่อนข้างสูง



ก่อนปรับปรุง

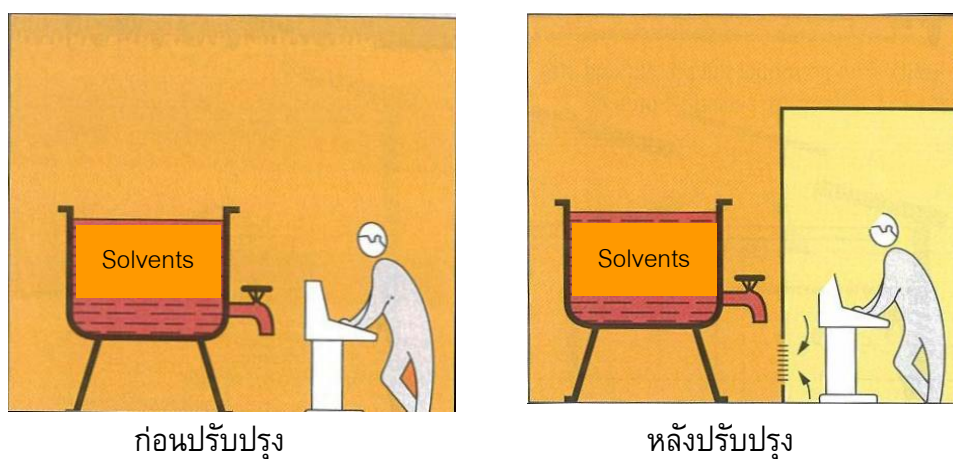


หลังปรับปรุง

รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการลดระดับความเสี่ยงของพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 โดยการทำงานแบบวงจรมัด

3.5 ห้องความดันอากาศสูง (Pressurized Room)

การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบทนการระเบิด (Explosion Proof) มีค่าใช้จ่ายสูงและอาจไม่มีความสะดวกในการทำงาน นอกจากนี้การทำงานในบรรยากาศที่มีไอระเหยของสารไวไฟยังเป็นผลเสียต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย ซึ่งสามารถแก้ไขปรับปรุงสภาพพื้นที่การทำงานได้โดยแบ่งพื้นที่ส่วนหนึ่งเป็นห้องปฏิบัติงานและใช้พัดลมดูดอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกมาไล่ไอระเหยสารไวไฟออกไปนอกห้องและยังรักษาระดับความดันบรรยากาศภายในห้องให้สูงกว่าบรรยากาศในพื้นที่อันตรายเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีไอระเหยของสารไวไฟแพร่เข้ามาภายในห้องได้ อากาศสะอาดบางส่วนจะไหลออกนอกห้องได้ แต่เมื่อความดันในห้องลดลงจะต้องดูดอากาศสะอาดเข้ามาเพิ่มเพื่อรักษาระดับความแตกต่างของความดันบรรยากาศของพื้นที่ทั้งสอง ดังรูปที่ 3.4

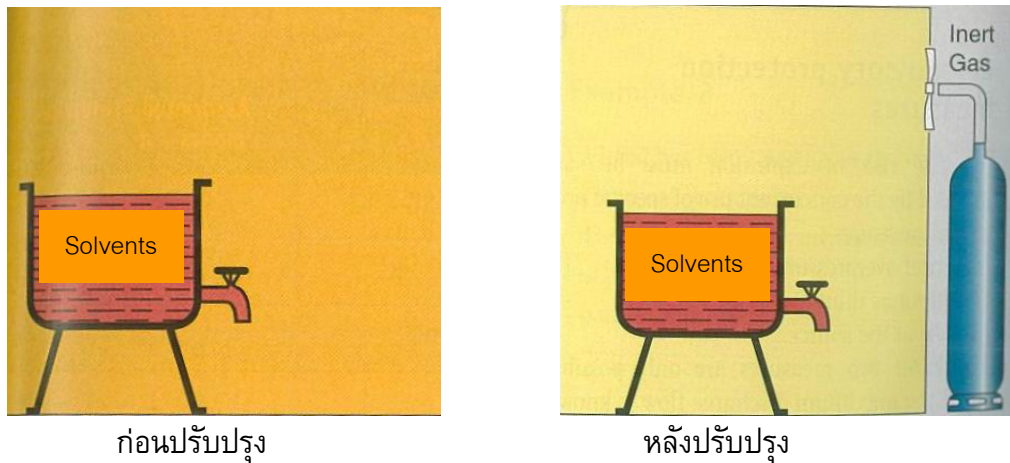


รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการลดระดับความเสี่ยงของพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบห้องความดันสูง

3.6 แบบใช้ก๊าซเฉื่อย (Inert Gas)

จากความรู้พื้นฐานการป้องกันการระเบิด ถ้าสามารถป้องกันมิให้องค์ประกอบเกิดการจุดติดไฟอยู่ครบทั้ง 3 อย่าง ก็จะทำให้เกิดสภาพพื้นที่ปลอดภัยได้ วิธีการหนึ่งที่ใช้ลดปริมาณออกซิเจนในพื้นที่ที่มีสารไวไฟ ก็คือการใช้ก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) ปลอ่ยเข้ามาในพื้นที่ปิดภายในห้อง เพื่อทำให้เจือจางส่วนผสมของออกซิเจนในอากาศลงจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย ปกติโดยทั่วไปมักใช้ก๊าซไนโตรเจน หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

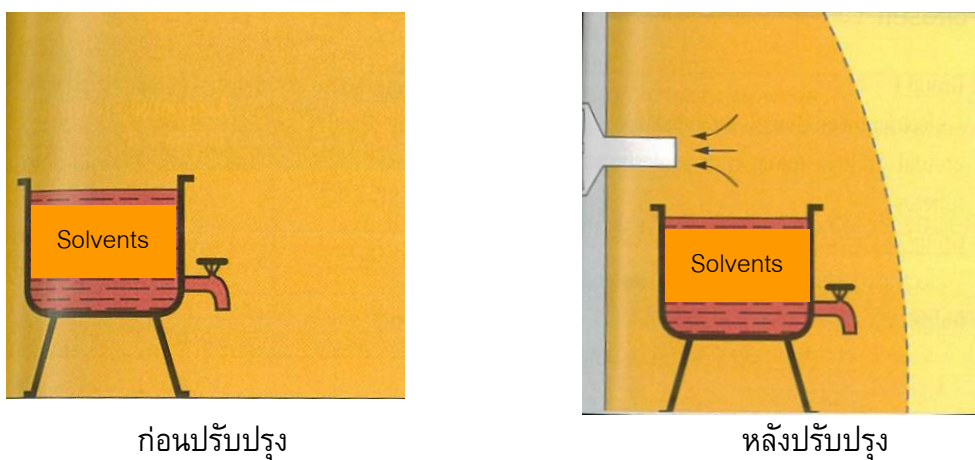
ข้อเสียของแบบนี้ คือ การควบคุมระดับความเข้มข้นของก๊าซเฉื่อยภายในห้องและมีค่าใช้จ่ายของทั้งระบบสูงกว่าการใช้ห้องความดันสูง และการลดสัดส่วนของออกซิเจนในอากาศทำให้เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานภายในห้องด้วย ดังนั้นควรใช้ในห้องควบคุมที่ไม่มีผู้ปฏิบัติงาน



รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการเจือจางออกซิเจนในบรรยากาศโดยใช้ก๊าซเฉื่อย

3.7 การดูดจากแหล่งที่มา (Suction at Source)

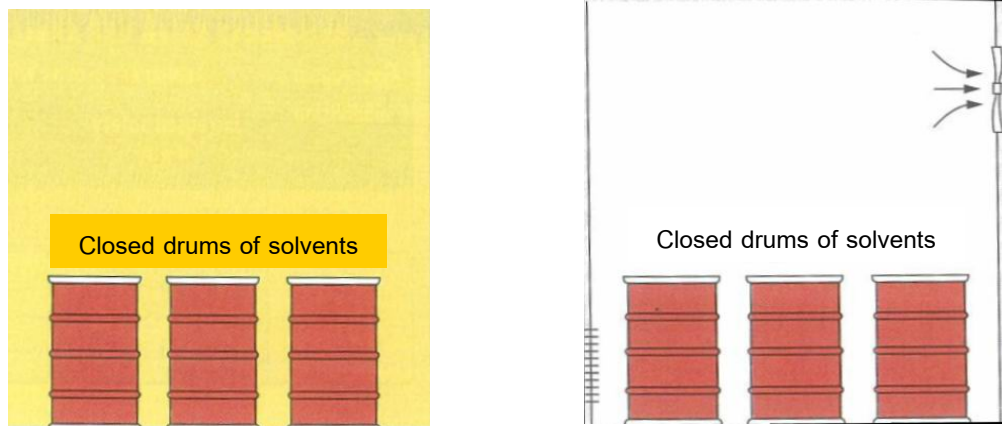
วิธีนี้จะใช้พัดลมดูดอากาศที่มีไอระเหยของสารไวไฟ ใกล้จุดที่มีการใช้สารและเกิดการรั่วไหลอย่างเข้มข้น แล้วปล่อยผ่านสู่ภายนอกโดยใช้ท่ออากาศ (Air Duct) ไปยังพื้นที่โล่งที่ไม่มีกิจกรรมการทำงานที่สามารถทำให้เกิดการจุดติดไฟได้ วิธีการนี้จะช่วยลดการฟุ้งกระจายไอระเหยของสารไวไฟ โดยการระบายอากาศทันทีที่เกิดการรั่วไหล ทำให้ขอบเขตพื้นที่อันตรายแคบลง ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการดูดจากแหล่งที่มา

3.8 รูปแบบการระบายอากาศเพื่อลดพื้นที่อันตรายจากไอระเหยของสารไวไฟ

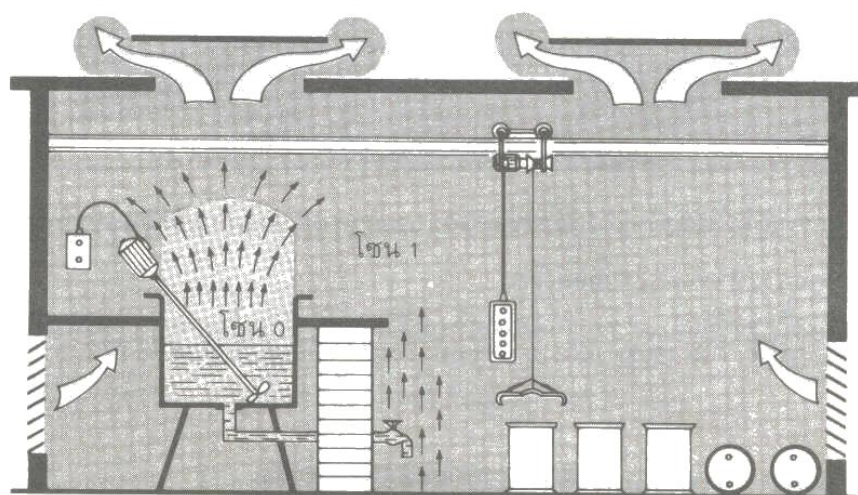
ในห้องที่ใช้เป็นสถานที่เก็บสารไวไฟโดยใช้ถังบรรจุปิดสนิท อาจมีการรั่วไหลของสารไวไฟได้แต่ไม่มากนัก จัดอยู่ในพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2 (Class I Division 2) ถ้ามีการใช้ระบบระบายอากาศที่เหมาะสมก็จะช่วยลดความเข้มข้นของสารไวไฟสู่ระดับที่ไม่สามารถจุดติดไฟได้ ทำให้ห้องดังกล่าวไม่จัดอยู่ในพื้นที่อันตราย และไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันการระเบิด



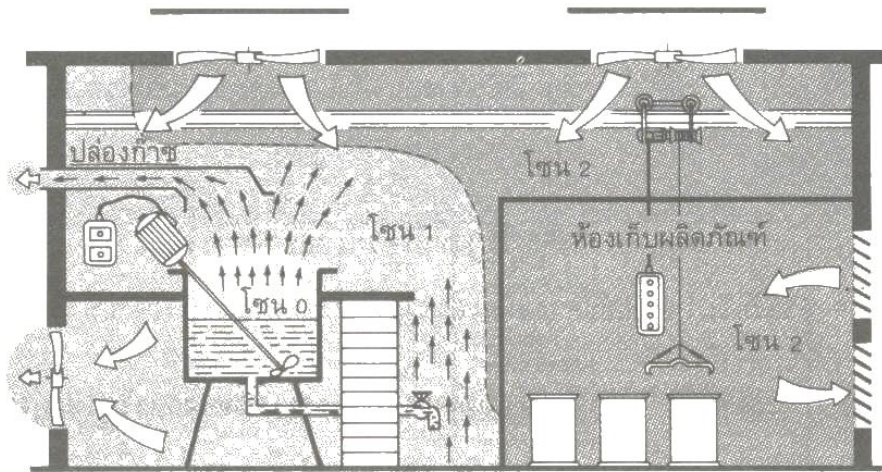
ก่อนปรับปรุง

หลังปรับปรุง

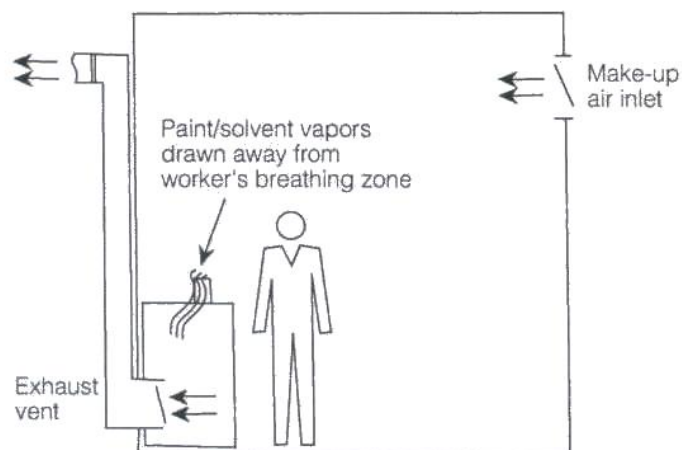
รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างของวิธีการระบายอากาศเพื่อช่วยลดพื้นที่อันตราย



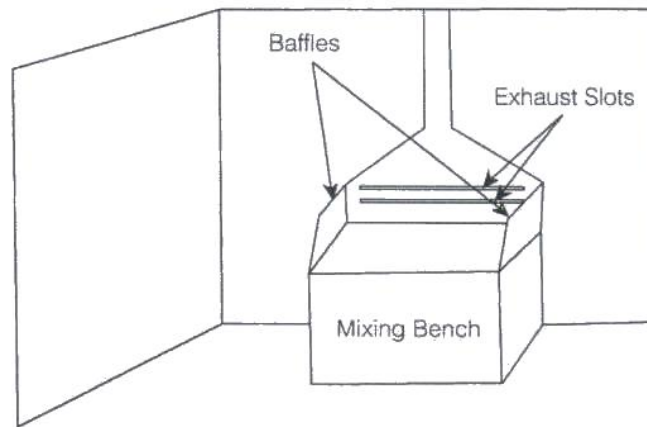
รูปที่ 3.8 แสดงการระบายอากาศในกรณีที่มีไอระเหยของสารไวไฟลอยสู่ที่สูง



รูปที่ 3.9 แสดงการระบายอากาศในกรณีที่ไอระเหยของสารไวไฟลอยสู่ที่ต่ำ และการแบ่งพื้นที่จัดเก็บแยกจากสถานที่ใช้สารไวไฟช่วยลดพื้นที่อันตรายในโซน 1 ลง



รูปที่ 3.10 แสดงการระบายอากาศอย่างเหมาะสมจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องสูดดมสารอันตราย



รูปที่ 3.11 แสดงการใช้ผนังป้องกันการฟุ้งกระจายของสารไวไฟทำให้การระบายอากาศมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 4

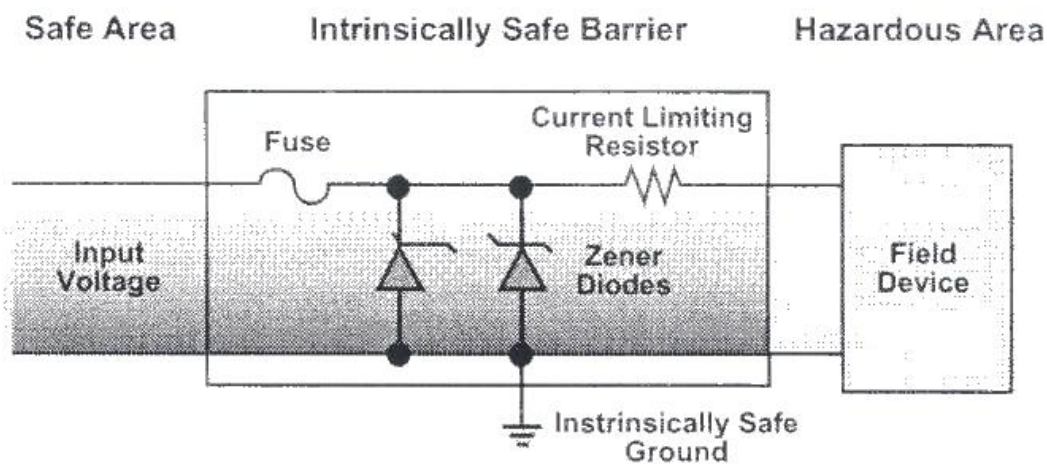
เทคนิคการติดตั้งระบบไฟฟ้าในพื้นที่อันตราย

เทคนิคการป้องกันการจุดระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละแบบจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าอย่างเหมาะสมกับแนวทางการป้องกันแต่ละแบบ เพื่อให้สามารถป้องกันการเกิดประกายไฟหรือความร้อนสูงขึ้น โดยการจุดระเบิดเนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดขึ้นได้ใน 3 กรณีที่สำคัญคือ

1. ในสภาวะการทำงานโดยปกติอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดสามารถก่อให้เกิดการจุดระเบิดได้ เช่น สวิตช์ เบรกเกอร์ การสตาร์ทมอเตอร์ คอนแทคเตอร์ ปลั๊กและเต้ารับไฟฟ้า เป็นต้น
2. อุปกรณ์ไฟฟ้าบางอย่างอาจทำให้เกิดการลุกไหม้ได้โดยไม่เกิดการอาร์คหรือสปาร์ก เช่น หลอดไฟที่มีความร้อนสูง สายไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านมากจนเกิดความร้อนสูง เป็นต้น
3. การเกิดไฟฟาลัดวงจรจนทำให้เกิดความร้อนสูงจนเกิดไฟลุกไหม้ หรือเกิดการอาร์คขึ้นระหว่างสายไฟฟ้ากับตัวนำไฟฟ้าอื่นๆ

4.1 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่อันตรายแบบปลอดภัยอย่างแท้จริง

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ Zone 0 จะต้องเป็นประเภท Intrinsically Safe [ia] เท่านั้น กล่าวคือ ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำมากจนไม่เกิดการจุดระเบิดแม้ว่าจะเกิดลัดวงจรถึงสองจุดในวงจรก็ตาม ซึ่งเงื่อนไขนี้จะเกิดขึ้นได้ ผู้ออกแบบจะต้องจำกัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ปลอดภัย โดยใช้เครื่องป้องกัน (Barrier) ซึ่งมีอยู่หลายแบบ ตามการออกแบบของวิศวกร รูปด้านล่างแสดงวิธีการใช้เครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินโดยใช้ตัวต้านทานไฟฟ้า และป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินโดยใช้ Zener Diode โดยมีฟิวส์ช่วยตัดวงจรเมื่อเกิดการลัดวงจรไฟฟ้า ทำให้ระบบจากเครื่องป้องกันไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่อันตรายเป็นระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริง



รูปที่ 4.1 แสดงระบบไฟฟ้าที่มีความปลอดภัยจากการจุดระเบิดอย่างแท้จริง

4.2 การเดินสายไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าที่มีความปลอดภัยจากการจุดระเบิดอย่างแท้จริง

เนื่องจากระบบนี้ถูกออกแบบให้มีพลังงานไฟฟ้าในระบบต่ำมากเพื่อป้องกันการจุดระเบิด แต่ถ้ามีการเหนี่ยวนำไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าอื่นที่มีพลังงานสูง อาจทำให้เกิดการอาร์กหรือสปาร์กขึ้นที่ท่อร้อยสายหรือเกราะป้องกันสายไฟฟ้าได้ ดังนั้น สายไฟฟ้าของระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงจะต้องติดตั้งแยกออกจากระบบไฟฟ้าอื่นๆ โดยมีหลักปฏิบัติดังนี้

1. ในการเดินสายเปิด ตัวนำและเคเบิลของวงจรที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงต้องแยกให้อยู่ห่างจากตัวนำและเคเบิลของวงจรทั่วไปอย่างน้อย 50 มม. นอกจากนี้ตัวนำของวงจรที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงเป็นเคเบิลชนิดเอ็มไอ หรือเอ็มซี หรือตัวนำของวงจรที่ไม่ปลอดภัยอย่างแท้จริงเดินในช่องเดินสายหรือเป็นเคเบิลชนิดเอ็มไอหรือเอ็มซี ซึ่งมีเปลือกหุ้มที่สามารถรับกระแสลัดวงจรลงดินได้

2. ตัวนำของวงจรที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงไม่ควรอยู่ในช่องเดินสาย รางเคเบิลหรือใช้สายเคเบิลร่วมกับตัวนำของวงจรทั่วไป แต่ถ้าจำเป็นต้องเดินรวมกัน ตัวนำของวงจรที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงต้องมีการจับยึดและแยกออกจากตัวนำของวงจรทั่วไปให้ห่างไม่น้อยกว่า 50 มม. หรือกันแยกด้วยผนังโลหะที่ต่อลงดินหรือผนังที่ทำด้วยฉนวน หรือตัวนำของวงจรที่ไม่ปลอดภัยอย่างแท้จริงเป็นเคเบิลชนิดเปลือกนอกโลหะหรือเคเบิลหุ้มด้วยโลหะ ซึ่งเปลือกหรือส่วนหุ้มที่เป็นโลหะต่อลงดินและสามารถรับกระแสลัดวงจรลงดินได้

3. เมื่ออยู่ในเครื่องห่อหุ้ม ตัวนำของวงจรที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงต้องแยกให้อยู่ห่างจากตัวนำของวงจรทั่วไปไม่น้อยกว่า 50 มม. และต้องจับยึดตัวนำให้แน่นเพื่อป้องกันปลายสายหลุดไปสัมผัสกับขั้วอื่น

4. การกั้นแยกจากตัวนำของวงจรที่มีความปลอดภัยอย่างแท้จริงอื่น ตัวนำของวงจรที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงแต่ละวงจรต้องมีการกั้นแยกออกจากกันโดยให้ตัวนำของแต่ละวงจรรออยู่ภายในเปลือกโลหะที่ต่อลงดินหรือใช้ตัวนำที่มีฉนวนหนาไม่น้อยกว่า 0.25 มิลลิเมตร

5. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือวัดคร่อมระหว่างเครื่องป้องกัน (Barrier) ในขณะที่มีการจ่ายไฟฟ้าในระบบ

6. การเดินสายสามารถใช้วิธีการเดินสายในสถานที่ทั่วไปได้ แต่ต้องมีการกั้นแยกตามทีกล่าวข้างต้นและมีการปิดผนึกทั้งท่อร้อยสายและเคเบิลเพื่อให้ก๊าซ ไอ หรือฝุ่น ผ่านได้น้อยที่สุดสำหรับเครื่องห่อหุ้มที่มีเพียงอุปกรณ์ที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงอยู่ไม่ต้องปิดผนึกก็ได้

7. การต่อลงกราวด์ในระบบไฟฟ้าที่มีความปลอดภัยจากการจุดระเบิดอย่างแท้จริงจะต้องมีเพียงจุดเดียวเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลย้อนในกรณีที่มีการลงกราวด์มากกว่าหนึ่งจุด

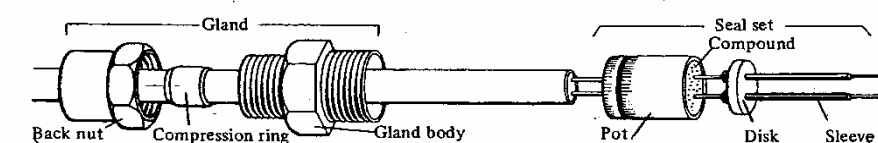
4.3 การเดินสายไฟฟ้าบริเวณพื้นที่อันตราย

4.3.1 สายไฟฟ้าในพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 (Class I Division I) ของประเภท-แบบ ต้องเป็นไปดังนี้

(1) วิธีเดินสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าต้องร้อยภายในท่อโลหะอย่างหนา หรืออย่างหนานกลางชนิดต่อด้วยเกลียว สายไฟฟ้าที่วางไว้ใต้ดินต้องใช้สายไฟชนิดสำหรับใช้ใต้ดินโดยเฉพาะ ยกเว้นสายเคเบิลชนิดที่ผลิตเพื่อใช้ในพื้นที่อันตรายเกี่ยวกับไอหรือก๊าซไม่ต้องร้อยภายในท่อดังกล่าว

ท่อโลหะที่ใช้ร้อยสายไฟฟ้าต้องได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หากยังไม่มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้ใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้าชนิดที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ANSI หรือ UL แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา

สายเคเบิลชนิดที่ผลิตเพื่อใช้ในพื้นที่อันตรายเกี่ยวกับไอหรือก๊าซต้องได้มาตรฐานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือใช้สายเคเบิลชนิด MI (Mineral Insulated Cable) สายเคเบิลดังกล่าวต้องมีเครื่องประกอบสายเคเบิลและต้องไม่ทำให้เกิดความเค้นแรงดึงที่เครื่องประกอบปลายสายเคเบิล



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการติดตั้งสายเคเบิลชนิด MI (Mineral Insulated Cable)

(2) กล่อง เครื่องประกอบการเดินท่อ ท่ออ่อนและข้อต่อท่อต้องเป็นชนิดที่มีเกลียวใน สำหรับต่อเข้ากับท่อร้อยสายไฟฟ้า หรือเครื่องประกอบปลายสายเคเบิลและต้องเป็นชนิดทนการระเบิด

ข้อต่อที่เป็นเกลียว ต้องกินเกลียวกันอย่างน้อย 5 เกลียว

(3) การปิดผนึกและการระบาย ต้องเป็นดังนี้

(ก) ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ต่อกับกล่องหุ้มของสวิตช์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟิวส์ รีเลย์ ตัวต้านทาน หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่อาจมีประกายไฟ หรือมีอุณหภูมิสูง ต้องติดตั้งข้อต่อปิดผนึกในตำแหน่งใกล้กับกล่องหุ้มมากที่สุดเท่าที่จะทำได้และต้องห่างจากกล่องหุ้มไม่เกิน 457 มม. (18 นิ้ว)

ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่มีขนาดระบุไม่เกิน 40 มม. (1 ½ นิ้ว) ต่อกับกล่องหุ้มชนิดทนการระเบิด ตามวรรคหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องติดตั้งข้อต่อปิดผนึก หากหน้าสัมผัสที่ตัดกระแสไฟฟ้าอยู่ภายในกล่องที่ปิดผนึกหรือจุ่มอยู่ในน้ำมัน

(ข) ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ต่อกับกล่องหุ้ม ซึ่งภายในบรรจุขั้วต่อสายเท่านั้น หากท่อดังกล่าวมีขนาดระบุตั้งแต่ 50 มม. (2 นิ้ว) ขึ้นไป ต้องติดตั้งข้อต่อปิดผนึกห่างจากกล่องหุ้มไม่เกิน 40 มม.

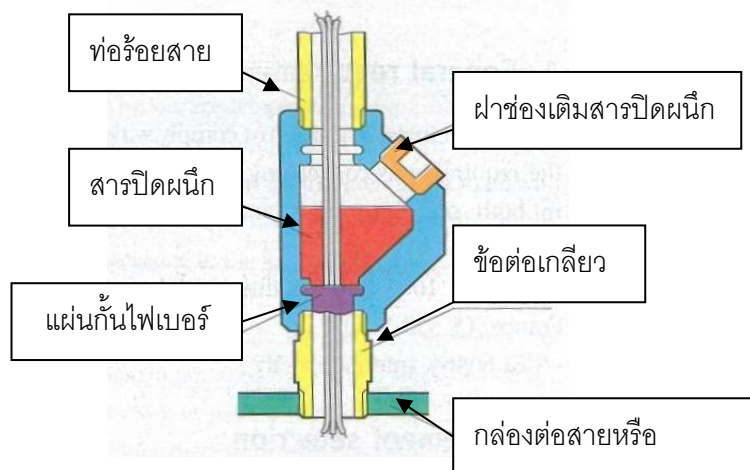
(ค) ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่วางจากพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ไปยังบริเวณที่ไม่อันตราย ต้องติดตั้งข้อต่อปิดผนึกไว้ที่ตำแหน่งสุดเขตของพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 1

ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่วางเดินผ่านพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 1 และไม่มีรอยต่อใดๆ ในพื้นที่อันตรายดังกล่าว รวมถึงระยะ 305 มม. (12 นิ้ว) จากเขตอันตรายออกไปทั้งสองข้างไม่ต้องติดตั้งข้อต่อปิดผนึกก็ได้ ถ้าปลายทั้งสองข้างของท่อดังกล่าวอยู่ในบริเวณไม่อันตราย

(ง) การปิดผนึกสายเคเบิล ถ้าสายเคเบิลเป็นชนิดที่ไอหรือก๊าซไม่สามารถไหลผ่านระหว่างแกนของเคเบิล การปิดผนึกสายเคเบิลต้องเป็นไปทำนองเดียวกับ (ก) ถ้าเป็นสายเคเบิลชนิดเปลือกนอกเป็นเนื้อเดียวต่อเนื่อง และไอหรือก๊าซไม่สามารถไหลผ่านเปลือกนอกได้ ถ้าไอหรือก๊าซไหลผ่านระหว่างแกนของเคเบิลได้ ต้องปิดผนึกสายเคเบิลโดยปลอกเปลือกนอกและสิ่งห่อหุ้มอื่นๆ ออก เพื่อให้สารปิดผนึกหุ้มรอบฉนวนของตัวละตัวนำเปลือกนอกด้วย

(จ) เครื่องควบคุมมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ติดตั้งในบริเวณซึ่งอาจทำให้ไอหรือก๊าซกลั่นตัวสะสมอยู่ในกล่องหุ้มของเครื่องควบคุมมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือที่จุดใดๆ ในระบบท่อร้อยสายไฟฟ้าต้องติดตั้งข้อต่อปิดผนึกชนิดระบายได้ หรืออุปกรณ์ที่สามารถระบายของเหลวออกได้

(ฉ) เครื่องสูบก๊าซ เครื่องวัดการไหลหรือแรงอัดที่ใช้ไฟฟ้าและมีลักษณะเป็นแผ่นไดอะแฟรมหรือข้อต่อปิดผนึก กั้นไม่ให้ไอหรือก๊าซไหลเข้าสู่ระบบท่อร้อยสายไฟฟ้าต้องมีการปิดผนึกอย่างน้อยสองชั้น และต้องมีอุปกรณ์ระบายของเหลวติดตั้งอยู่ระหว่างจุดปิดผนึกทั้งสองชั้นดังกล่าว โดยให้สามารถสังเกตเห็นการรั่วได้จากอุปกรณ์ระบายของเหลว



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการปิดผนึกท่อร้อยสายและต่อเข้าอุปกรณ์

(4) การปิดผนึกต้องเป็นดังนี้

(ก) ข้อต่อปิดผนึก ต้องติดตั้งในบริเวณที่เข้าถึงได้โดยสะดวก

(ข) สารปิดผนึก ต้องสามารถป้องกันการรั่วไหลของไอหรือก๊าซที่ข้อต่อปิดผนึกได้ ต้องทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ และมีจุดหลอมเหลวไม่ต่ำกว่า 93 องศาเซลเซียส

(ค) การใส่สารปิดผนึกลงในข้อต่อปิดผนึก ความหนาของสารปิดผนึกต้องไม่น้อยกว่าขนาดระบุของท่อร้อยสายไฟฟ้า และไม่ว่ากรณีใดๆ สารปิดผนึกต้องหนาไม่น้อยกว่า 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว)

(ง) ห้ามต่อสายภายในข้อต่อปิดผนึกและห้ามใช้สารปิดผนึกหุ้มขั้วต่อสายหรือขั้วต่อแยกสาย

(5) สายอ่อนที่ต่อจากจุดจ่ายไฟฟ้าประจำที่ไปยังคอมพิวเตอร์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบเคลื่อนย้ายได้ ต้องมีลักษณะดังนี้

(ก) เป็นชนิดที่ออกแบบไว้สำหรับใช้งานหนัก

(ข) มีแกนสำหรับสายดินรวมอยู่ด้วย ตลอดความยาวของสายอ่อน

(ค) สายอ่อนแต่ละเส้น ต้องไม่มีรอยต่อ

(ง) การต่อสายอ่อนเข้ากับขั้วต่อสายให้ใช้อุปกรณ์สำหรับต่อสายอ่อน

โดยเฉพาะ

(จ) มีอุปกรณ์จับยึดสายอ่อนที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเค้นแรงดึงที่ขั้วต่อสาย

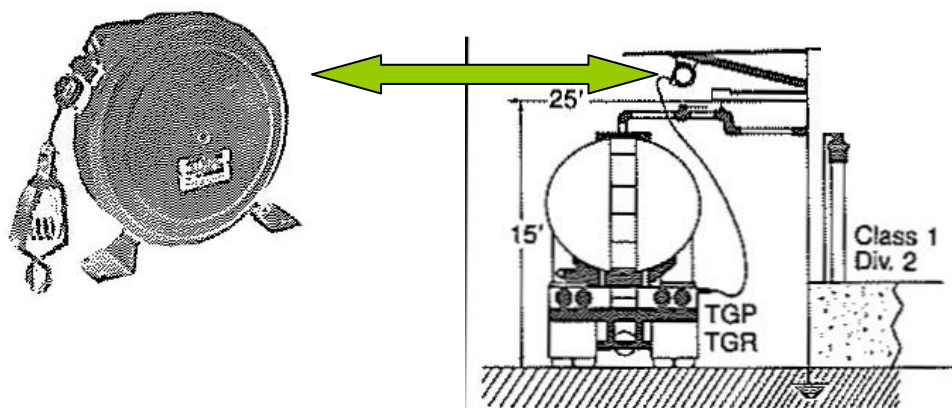
(ฉ) มีการปิดผนึก ตรงจุดที่สายอ่อนผ่านเข้าไปในกล่องเครื่องประกอบการติดตั้งหรือกล่องหุ้มชนิดทนการระเบิด

(6) สายเมนเส้นเฟสทุกเส้นที่ต่อเข้าไปในพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ต้องป้องกันด้วยเครื่องล่อฟ้า (Surge Arrester) ที่เหมาะสม การติดตั้งและการต่อลงดินของเครื่องล่อฟ้าให้เป็นไปตามข้อกำหนดไว้ในมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้า เรื่องการต่อลงดินตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545 เครื่องล่อฟ้าถ้าติดตั้งอยู่ในพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ต้องอยู่ภายในกล่องหุ้มชนิดทนการระเบิดหรือกล่องหุ้มชนิดอัดอากาศบริสุทธิ์และควบคุมแรงอัดภายใน (Purge and Pressurized)

(7) ระบบไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า ต้องต่อลงดิน รายละเอียดและวิธีการต่อลงดินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545

(8) ข้อกำหนดหลักเกณฑ์ของสายไฟฟ้า และวิธีการเดินสายไฟฟ้าทั่วไป ซึ่งไม่ได้ระบุไว้ในข้อกำหนดนี้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545

(9) การป้องกันการสะสมของไฟฟ้าสถิตย์ ให้ต่อสายดินกับถังเก็บแบบยึดติดกับที่ ถังที่ใช้ผสมซึ่งทำจากโลหะหรือท่อของน้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซ สารเคมีที่เป็นสารไวไฟ และการต่อสายดินกับรถแท้งค์ ในขณะที่มีการถ่ายเท รายละเอียดและวิธีการต่อลงดินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะม้วนสายดินและการติดตั้งใช้งานบริเวณสถานีขนถ่าย

สายไฟฟ้าในพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 2 (ของประเภท-แบบ) ต้องเป็นดังนี้

(1) ให้ใช้วิธีเดินสายไฟฟ้า

(ก) เป็นไปตามสายไฟฟ้าในพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 หรือ

(ข) เดินสายในรางเดินสายไฟฟ้าชนิดหุ้มมิดชิด มีประเก็น (Enclosed Glasketed Busway or Wireway)

(2) กล่อง เครื่องประกอบการเดินท่อ ข้อต่อท่อ ท่ออ่อนและเครื่องประกอบปลายสายเคเบิล ไม่จำเป็นต้องใช้ชนิดทนการระเบิด (ท่ออ่อนยอมให้ใช้ชนิดกันของเหลวได้) เว้นแต่เครื่องประกอบดังกล่าวติดตั้งอยู่ระหว่างกล่องหุ้มชนิดทนการระเบิดกับข้อต่อปิดผนึก

ข้อต่อที่เป็นเกลียวจะต้องกินเกลียวกันอย่างน้อย 5 เกลียว

(3) การปิดผนึกและการระบาย ต้องเป็นดังนี้

(ก) ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับกล่องหุ้มชนิดทนการระเบิด ต้องทำการปิดผนึกตามที่กำหนดไว้ในข้อ 4.3.1 (3) (ก) และ (ข) ท่อและเครื่องประกอบการเดินท่อที่อยู่ระหว่างข้อต่อปิดผนึกกับกล่องหุ้มชนิดทนการระเบิดต้องเป็นไปตาม (2)

(ข) ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่วางจากพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 2 ไปยังพื้นที่ไม่อันตราย ต้องมีการปิดผนึก ทำนองเดียวกับข้อ 4.3.1 (3) (ค)

(ค) สายเคเบิลที่ผ่านเข้าไปในกล่องหุ้มชนิดทนการระเบิด ต้องปิดผนึกสายเคเบิลในตำแหน่งที่ผ่านเข้าไปในกล่องหุ้ม ข้อต่อปิดผนึกต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน (ก) สายเคเบิลหลายแกนต้องมีการปิดผนึกตามข้อ 4.3.1 (3) (ง)

(ง) สายเคเบิลที่เปลือกนอกเป็นเนื้อเดียวต่อเนื่องและไอหรือก๊าซไม่สามารถซึมผ่านเปลือกนอกได้ ถ้าอากาศสามารถไหลผ่านไประหว่างแกนของสายเคเบิลได้ในอัตราไม่เกิน 198 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง ที่แรงอัด 1,493 ปาสคาล ไม่จำเป็นต้องมีการปิดผนึกเว้นแต่สายเคเบิลที่กำหนดไว้ (ค)

(จ) สายเคเบิลที่เปลือกนอกเป็นเนื้อเดียวต่อเนื่อง และไอหรือก๊าซไม่สามารถซึมผ่านเปลือกนอกได้ ถ้าไอหรือก๊าซสามารถไหลผ่านไประหว่างแกนของสายเคเบิลได้ต้องมีการปิดผนึกในตำแหน่งสุดเขตพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 2 เพื่อป้องกันไม่ให้ไอหรือก๊าซไหลผ่านสายเคเบิลเข้าไปในพื้นที่ไม่อันตราย

สายเคเบิลที่เปลือกนอกเป็นเนื้อเดียวต่อเนื่อง และไอหรือก๊าซไม่สามารถซึมผ่านเปลือกนอกได้ หากไม่มีรอยต่อหรือรอยแตก ให้วางผ่านพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 2 ได้โดยไม่มีการปิดผนึก

(ฉ) สายเคเบิลที่เปลือกนอกไม่สามารถป้องกันไอหรือก๊าซซึมผ่านเปลือกนอก ต้องมีการปิดผนึกในตำแหน่งสุดเขตพื้นที่อันตราย ประเภทที่ 1 แบบที่ 2 เพื่อป้องกันไอหรือก๊าซไม่ให้ไหลผ่านสายเคเบิลเข้าไปในพื้นที่ไม่อันตราย

(ช) การปิดผนึกและการระบายของเครื่องควบคุมมอเตอร์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เป็นไปตามข้อ 4.3.1 (3) (จ)

(ซ) การปิดผนึกและการระบายของเครื่องสูบก๊าซ เครื่องวัดการไหลหรือแรงอัดให้เป็นไปตามข้อ 4.3.1 (3) (ฉ)

(4) การปิดผนึก ให้เป็นไปตามข้อ 4.3.1 (4)

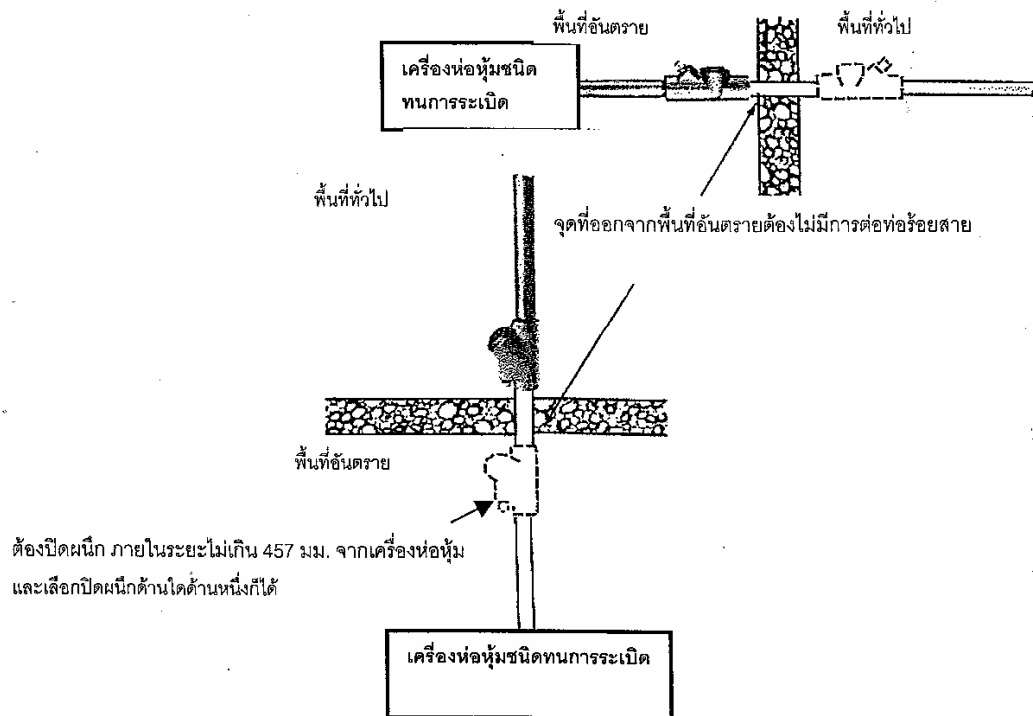
(5) สายอ่อน ให้เป็นไปตามข้อ 4.3.1 (5)

(6) เครื่องล่อฟ้า ให้เป็นไปตามข้อ 4.3.1 (6)

(7) การต่อลงดิน ให้เป็นไปตามข้อ 4.3.1 (7)

(8) ข้อกำหนดหลักเกณฑ์ของสายไฟฟ้า และวิธีเดินสายไฟฟ้าทั่วไป ให้เป็นไปตามข้อ 4.3.1 (8)

(9) การป้องกันการสะสมของไฟฟ้าสถิตย์ให้เป็นไปตามข้อ 4.3.1 (9)



รูปที่ 4.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ปิดผนึก

4.3.2 สายไฟฟ้าในพื้นที่อันตรายของประเภท-โซน (Zone) ต้องเป็นไปดังนี้

วิธีเดินสาย (ของประเภท-โซน)

บริเวณอันตรายที่จำแนกเป็นโซนสามารถแยกวิธีการเดินสายได้เป็น 2 แบบ คือ การเดินสายด้วยระบบท่อร้อยสายและระบบสายเคเบิล วิธีเดินสายต้องเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องการเดินสาย และห้ามใช้วิธีการเดินสายเปิดและการเดินสายบนผิว การเดินสายด้วยระบบท่อร้อยสายจะเหมือนกับที่กล่าวแล้วในการเดินสายของการจำแนกบริเวณเป็นประเภทและแบบ สำหรับการเดินสายด้วยระบบสายเคเบิลมีข้อกำหนดการเดินสาย ดังนี้

(1) ข้อกำหนดทั่วไป การเดินสายต้องเป็นไปตามที่กำหนดต่อไปนี้ และข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับแต่ละเทคนิคการป้องกัน

(ก) สายไฟฟ้าที่ใช้ห้ามใช้สายแกนเดี่ยวชนิดไม่มีเปลือก นอกจากจะเป็นการเดินร้อยท่อและในแผงสวิทช์ ปกติสายเคเบิลที่นิยมใช้จะเป็นชนิดมีเปลือกโลหะ

(ข) การเดินสายเข้าอุปกรณ์ การเดินสายเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องเป็นไปตามที่กำหนดในแต่ละแบบการป้องกัน (Type of Protection) ใช้อุปกรณ์การเข้าสายที่เหมาะสมกับแต่ละเทคนิคการป้องกัน ซึ่งจะระบุไว้ที่อุปกรณ์

(ค) ทางผ่านของเปลวเพลิง เครื่องหล่อหุ้มสาย ช่องเดินสาย ต้องมีการป้องกันไม่ให้สารไวไฟทั้งที่เป็นไอ ก๊าซ และของเหลวไหลผ่านจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง และป้องกันไม่ให้สารไวไฟดังกล่าวถูกเก็บขังอยู่ภายใน การป้องกันอาจทำได้โดยการปิดผนึก การระบายอากาศหรือเติมทรายให้เต็มช่องว่าง

(ง) การเดินสายผ่านบริเวณอันตราย สายไฟฟ้าที่เดินผ่านจากบริเวณทั่วไปเข้าหรือผ่านบริเวณอันตรายต้องมีการป้องกันที่เหมาะสมกับโซนนั้นๆ เช่น ปิดผนึก

(จ) การเดินสายผ่านผนัง การเดินสายไฟฟ้าผ่านผนังระหว่างบริเวณทั่วไปกับบริเวณอันตรายต้องมีการปิดผนึกที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารไวไฟจากบริเวณอันตรายไปยังบริเวณทั่วไป ในการเดินสายด้วยระบบสายเคเบิลต้องมีการปิดผนึกเคเบิลด้วย

(ฉ) การต่อสาย สายไฟฟ้าที่เดินในบริเวณอันตรายไม่ควรมีการต่อสาย กรณีที่จำเป็นต้องต่อสายต้องทำให้ถูกต้องตามวิธีการต่อสาย และใช้วิธีการต่อสายที่เหมาะสมกับแต่ละสถานที่ การต่อสายต้องทำในเครื่องหล่อหุ้มที่มีระดับการป้องกันเหมาะสมกับโซนนั้นๆ หรือจุดต่อสายมีการเติมให้เต็มด้วยสารอีพอกซี (Epoxy) หรือหลอดหดตัวด้วยความร้อน (Heat Shrinkable Tube) ตามกรรมวิธีที่ผู้ผลิตกำหนด และจุดต่อสายต้องไม่รับแรงทางกล

(2) การเดินสายสำหรับบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 โซน 0 ในทางปฏิบัติจะพยายามหลีกเลี่ยงการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในบริเวณโซน 0 กรณีที่จำเป็นการเดินสายต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ (1) และเพิ่มเติม ดังนี้

(ก) ชนิดของสายเคเบิลและการเดินสายต้องเป็นชนิดที่ใช้สำหรับการป้องกันแบบ “ia” (ระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริง) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ควรเป็นชนิดที่มีการกันแยกกระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงกับระบบอื่นเพื่อป้องกันกระแสรั่วถึงกัน

(ข) กรณีที่ต้องการต่อลงดิน การต่อลงดินต้องทำภายนอกโซน 0 โดยให้อยู่ไกลกับจุดที่จะเข้าโซน 0 ให้มากที่สุด

(ค) ถ้าชั้นส่วนของอุปกรณ์ในโซน 0 มีโอกาสเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เป็นอันตรายได้ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (Surge Protection) ระหว่างแต่ละสายเส้นที่ไม่ได้ต่อลงดิน (สายเส้นไฟ) กับโครงสร้างโลหะตรงจุดที่ใกล้ที่สุดเท่าที่จะทำได้ซึ่งไม่ควรเกิน 1.0 เมตร ก่อนทางเข้าโซน 0 การลดความเสี่ยงทำได้โดยการเดินสายใต้ดิน อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จต้องมีพิสัยกระแสไม่ต่ำกว่า 10 กิโลแอมแปร์ ใช้สายต่อลงดินขนาดไม่เล็กกว่า 4.0 ตารางเมตร

(ง) สายไฟฟ้าที่เดินระหว่างระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงกับอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จต้องมีการป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า

(3) การเดินสายสำหรับพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 โซน 1 และโซน 2 ชนิดของสายเคเบิลและการเดินสายให้เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับแต่ละเทคนิคการป้องกันและเป็นดังนี้

(ก) สายสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดติดตั้งถาวร สายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดมีเปลือกนอก เช่น สายตาม มอก.11-2531 ตารางที่ 6, 7, 8, 9, 14 และ 15 สายไฟฟ้าชนิด CV เป็นต้น นอกจากนี้จะเป็นการเดินสายด้วยระบบท่อร้อยสาย

(ข) สายสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดเคลื่อนที่ได้ สายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดมีเปลือกนอก กรณีเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน สายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดมีสายดินรวมอยู่ด้วย ขนาดสายไฟฟ้าต้องไม่เล็กกว่า 1.0 ตร.มม.

(4) ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับเทคนิคการป้องกันแบบ “d” (Flameproof Enclosure) ระบบการเดินสายต้องเป็นไปตามที่กำหนดข้างต้นและเพิ่มเติม ดังนี้

(ก) การเข้าสายเคเบิลต้องทำให้เหมาะสมกับมาตรฐานที่กำหนดของอุปกรณ์ อุปกรณ์เข้าสายเคเบิลต้องเป็นชนิดที่เหมาะสมกับสายเคเบิลที่ใช้งาน การเข้าสายต้องไม่ทำให้ระดับการป้องกันของอุปกรณ์ลดลง

(ข) ในที่ซึ่งกล่องต่อสายเป็นแบบ Ex “d” หรือการเดินสายเข้าอุปกรณ์ชนิดกันเปลวเพลิงเป็นการเดินสายเข้าโดยตรง ระบบการเดินสายเคเบิลเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดกันเปลวเพลิงต้องเดินโดยผ่านบุชซึ่งชนิดกันเปลวเพลิงซึ่งเป็นการเข้าสายโดยอ้อม

(ค) ในที่ซึ่งสายเคเบิลเดินเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดกันเปลวเพลิงโดยผ่านบุชซึ่งชนิดกันเปลวเพลิงซึ่งเป็นการเข้าสายโดยอ้อม บุชซึ่งที่อยู่นอกเครื่องห่อหุ้มชนิดกันเปลวเพลิงจะต้องมีการป้องกันที่เหมาะสม เช่น ให้ส่วนที่เปิดโล่งของบุชซึ่งอยู่ในกล่องต่อสาย กล่องต่อสายนี้อาจเป็นกล่องต่อสายชนิดกันเปลวเพลิงหรือมีการป้องกันแบบ “e”

(ง) ระบบการเข้าสายเคเบิล ต้องเป็นไปตามที่กำหนดข้อใดข้อหนึ่ง ดังนี้

- ใช้อุปกรณ์เข้าสายที่เหมาะสมกับเทคนิคการป้องกันที่ใช้
- ใช้สายเคเบิลชนิดมีเปลือกตามที่อนุญาต สายเคเบิลต้องเป็นสายกลมเท่านั้น
- ใช้สายเคเบิลชนิด เอ็มไอ ที่อาจมีเปลือกพลาสติกหรือไม่ก็ได้ ร่วมกับอุปกรณ์เข้าสายเคเบิลชนิดกันเปลวเพลิง
- อุปกรณ์ปิดผนึกชนิดกันเปลวเพลิง เช่น กล่องที่มีการปิดผนึกตามที่ผู้ผลิตอุปกรณ์ทนการระเบิดกำหนด หรือเป็นชนิดที่ได้รับการรับรองว่าใช้ได้กับสายเคเบิลที่ใช้ การปิดผนึกต้องใช้วัสดุที่เหมาะสมที่จะสามารถหุ้มสายได้โดยรอบ การปิดผนึกต้องทำตรงจุดที่สายเดินเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้า
- ใช้อุปกรณ์เข้าสายชนิดกันเปลวเพลิงที่มีการปิดผนึกที่เหมาะสมรอบๆ สายเคเบิล
- ใช้กรรมวิธีอื่นๆ ที่ไม่ทำให้ความสามารถในการกันเปลวเพลิงของเครื่องห่อหุ้มลดลง

(5) ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับเทคนิคการป้องกันแบบ “e” (Increased Safety) ระบบการเดินสายต้องเป็นไปตามที่กำหนดข้างต้นและเพิ่มเติม ดังนี้

(ก) การต่อสายเข้ากับอุปกรณ์ชนิด “e” ต้องใช้อุปกรณ์เข้าสายที่เหมาะสมกับสายเคเบิล การต่อสายต้องไม่ทำให้ความสามารถในการป้องกันลดลง และมีการปิดผนึกที่ทำให้กล่องต่อสายมีระดับการป้องกันไม่ต่ำกว่า IP54

หมายเหตุ

(1) การปิดผนึกกล่องต่อสายให้มีระดับการป้องกันไม่ต่ำกว่า IP54 อาจจำเป็นต้องมีการปิดผนึกระหว่างอุปกรณ์เข้าสายและเครื่องห่อหุ้ม เช่น ใช้แหวนปิดผนึกหรือปิดผนึกที่เกลียว

(2) เกลียวของอุปกรณ์เข้าสายที่ต่อกับเครื่องห่อหุ้มที่หนาไม่น้อยกว่า 6 มม. ไม่จำเป็นต้องมีการปิดผนึกเพิ่มเติมระหว่างอุปกรณ์เข้าสายกับเครื่องห่อหุ้มถ้าสายเคเบิลช่วงที่ต่อเข้าอุปกรณ์เข้าสายไม่โค้งงอ

(ข) การต่อสาย ขั้วต่อสายบางชนิด เช่น ชนิดที่เป็นร่องที่ยอมให้สายเข้าได้มากกว่าหนึ่งเส้นเมื่อมีสายเคเบิลมากกว่าหนึ่งเส้นต่อขั้วต่อสายเดียวกัน ต้องมีการจับยึดที่เหมาะสม สายไฟฟ้าที่มีขนาดต่างกันห้ามต่อเข้าขั้วต่อสายเดียวกัน ยกเว้นสายแต่ละเส้นต่อเข้าขั้วต่อสายชนิดบีบก่อน การต่อสายต้องมีการป้องกันการลัดวงจรที่ขั้วต่อสายโดยการหุ้มฉนวนสายแต่ละเส้นให้สูงถึงส่วนที่เป็นโลหะของกล่องต่อสาย

(6) ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับเทคนิคการป้องกันแบบ “I” (Intrinsic Safety) ระบบการเดินสายต้องเป็นไปตามที่กำหนดข้างต้นและเพิ่มเติม ดังนี้

(ก) วงจรการเดินสายต้องป้องกันผลจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือสนามไฟฟ้าจากภายนอกที่มีต่ออุปกรณ์ การป้องกันอาจทำได้โดยการใช้ Screen หรือสายตีเกลียว โดยมีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เพียงพอ

(ข) การเดินสายต้องมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพ และเพิ่มเติมตามข้อใดข้อหนึ่งที่กำหนด ดังนี้

- สายเคเบิลของวงจรระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริง แยกออกจากระบบอื่น หรือ
- การติดตั้งสายเคเบิลของวงจรระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริง มีการหลีกเลี่ยงจากความเสียหายทางกล หรือ
- สายเคเบิลของวงจรระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริง เป็นชนิดมีเปลือกโลหะหรือปกโลหะ

(ค) ตัวนำของวงจรระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงกับตัวนำของวงจรอื่น ห้ามอยู่ในสายเคเบิลเดียวกัน

(ง) เมื่อสายเคเบิลระบบปลอดภัยที่แท้จริงกับสายตัวนำอื่นเดินรวมในช่องเดินสายเดียวกันต้องมีการกั้นแยกด้วยวัสดุฉนวน หรือโลหะที่มีการต่อลงดิน ยกเว้นสายเคเบิลระบบที่ปลอดภัยอย่างแท้จริงหรือสายตัวนำอื่นใช้สายไฟฟ้าชนิดมีเปลือกโลหะหรือปกโลหะ

(7) ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับเทคนิคการป้องกันแบบ “p” (Pressurized Apparatus) ระบบการเดินสายต้องเป็นไปตามที่กำหนดข้างต้นและเพิ่มเติม ดังนี้

(ก) กรณีเดินสายไฟในช่องเดินสาย ช่องเดินสายและส่วนที่ต่อต้องสามารถทนแรงดันได้ ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่า ของแรงดันทำงานปกติที่กำหนดโดยผู้ผลิตอุปกรณ์และต้องสามารถทนแรงดันสูงสุดของระบบที่อาจเกิดได้เมื่อจุดต่อทั้งหมดถูกปิด แต่ต้องทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 200 ปาสคาล (2 มิลลิบาร์)

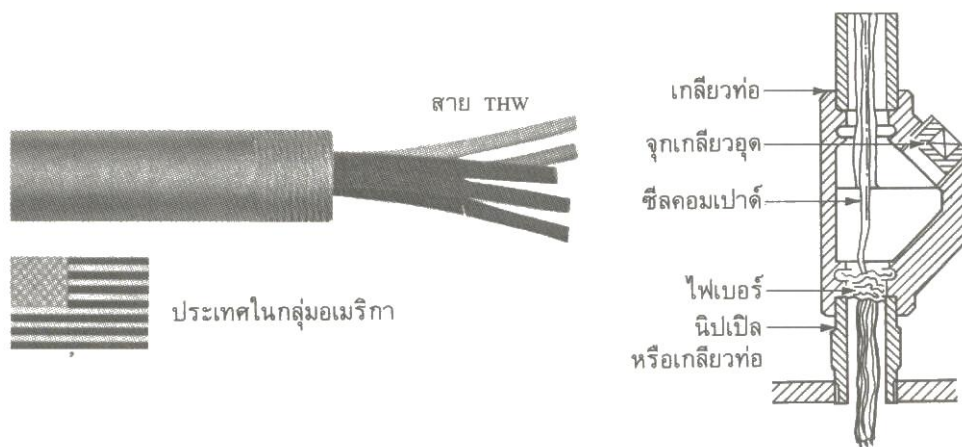
(ข) วัสดุที่ใช้ต้องเหมาะสมกับก๊าซป้องกัน (Protective Gas) และสารไวไฟที่มีในระบบ โดยไม่เกิดผลกระทบในทางที่ก่อให้เกิดความเสียหาย

(ค) จุดต่อต่างๆ ที่เป็นจุดจ่ายก๊าซป้องกันให้ช่องเดินสาย ต้องติดตั้งไว้นอกบริเวณอันตรายยกเว้นตัวท่อจ่ายก๊าซป้องกัน

(ง) ช่องเดินสายต้องพยายามติดตั้งนอกบริเวณอันตราย ให้มีระยะห่างมากที่สุดที่จะปฏิบัติได้ กรณีที่ช่องเดินสายเดินผ่านบริเวณอันตรายและก๊าซป้องกันมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ช่องเดินสายต้องไม่มีจุดที่ก๊าซรั่วได้

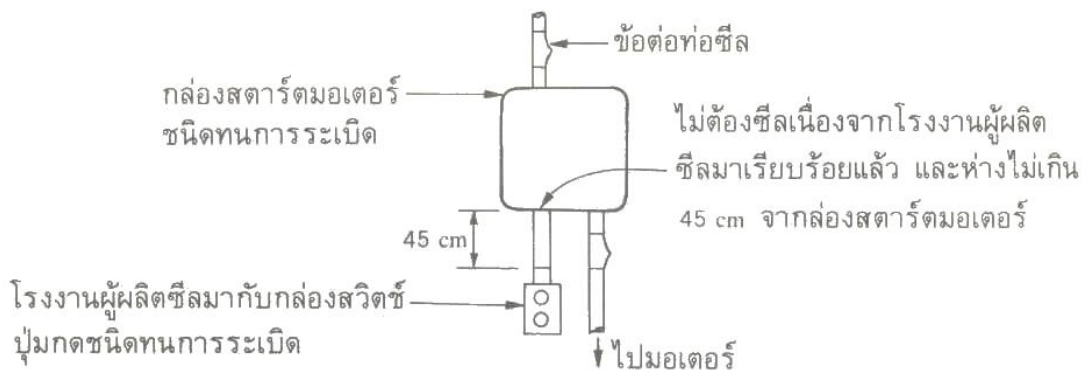
การเดินสายไฟฟ้าภายในพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานยุโรปและอเมริกาเหนือ มีความแตกต่างกัน ดังนี้

ประเทศในกลุ่มอเมริกาเหนือ เช่น สหรัฐอเมริกา และแคนาดา จะใช้มาตรฐาน NEC ซึ่งกำหนดให้มีการร้อยสายไฟฟ้าในท่อเหล็กที่มีความแข็งแรง และจะต้องมีการซีลด้วยสารประกอบที่สามารถป้องกันแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่ให้เข้าไปด้านในท่อได้ ข้อดีของการเดินสายไฟฟ้าแบบนี้ก็คือ สามารถป้องกันความเสียหายของสายไฟฟ้าจากการกระแทกหรือถูกสารเคมีจนจนวนเกิดความเสียหาย แต่มีข้อเสียคือค่าใช้จ่ายสูงและยุ่งยากในการติดตั้ง



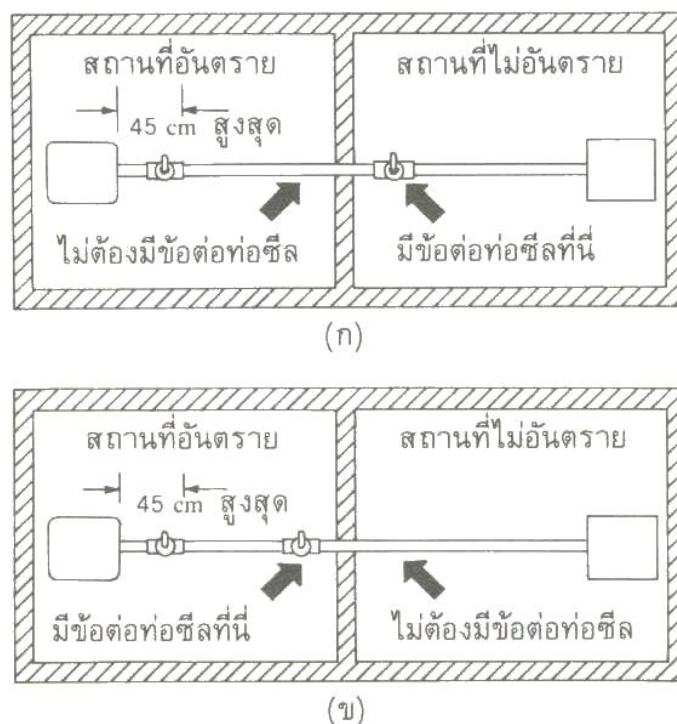
รูปที่ 4.6 การเดินสายไฟฟ้าภายในพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานอเมริกาเหนือ

ข้อต่อท่อที่มีการซีลป้องกันแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเข้าสู่เปลือกห่อหุ้มกันระเบิด จะต้องไม่ห่างจากเปลือกห่อหุ้มมากกว่า 45 เซนติเมตร และถ้าอุปกรณ์ป้องกันการระเบิดติดตั้งอยู่ห่างกันไม่เกิน 45 เซนติเมตร ก็ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อต่อท่อซีล



รูปที่ 4.7 การติดตั้งอุปกรณ์ข้อต่อท่อซีล (Sealing Fitting)

การเดินท่อร้อยสายไฟฟ้าต่อเนื่องระหว่างพื้นที่อันตรายและพื้นที่ปลอดภัย (Safety Area) จะต้องมีการติดตั้งข้อต่อท่อซีลกันระหว่างขอบเขตของพื้นที่ทั้งสอง เพื่อป้องกันมิให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟผ่านไปสู่ระบบไฟฟ้าประเภทที่ไม่มีการป้องกันการระเบิด

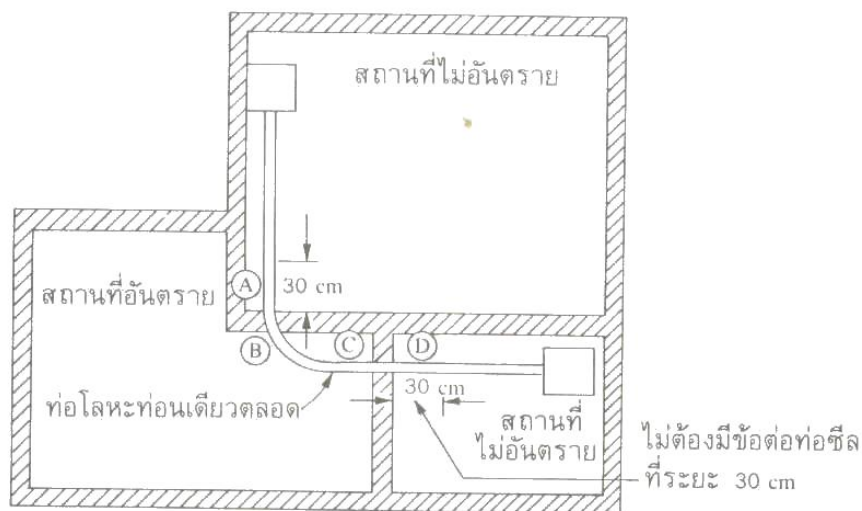


รูปที่ 4.8 การติดตั้ง Sealing Fitting ระหว่างพื้นที่อันตราย และไม่อันตราย

(ก) ติดตั้ง Sealing Fitting ก่อนเข้าพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1

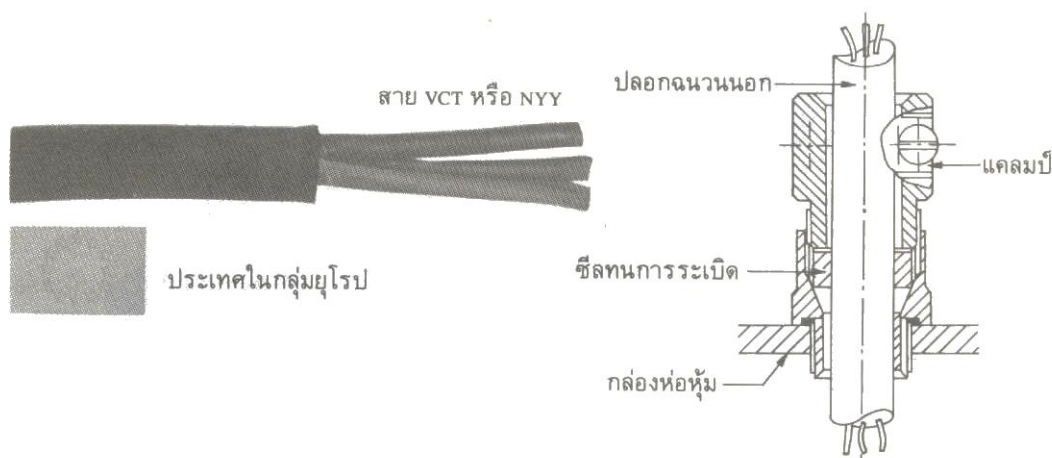
(ข) ติดตั้ง Sealing Fitting ภายในพื้นที่อันตราย ที่จะต่อไปยังพื้นที่ไม่อันตราย

การเดินท่อร้อยสายโดยไม่มีการต่อท่อผ่านสถานที่อันตรายโดยที่ปลายท่อทั้งสองอยู่ห่างจากพื้นที่อันตรายมากกว่า 30 เซนติเมตร ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อต่อท่อซีล



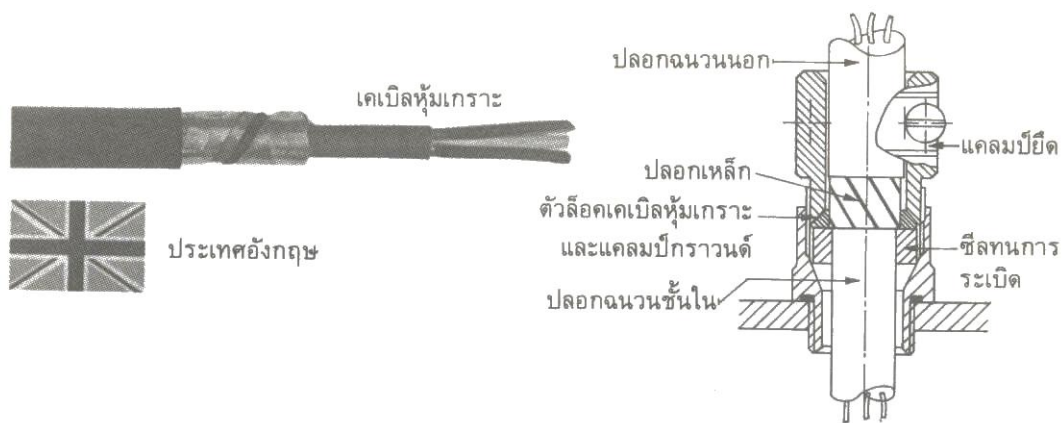
รูปที่ 4.9 การเดินท่อร้อยสายโดยไม่มีการต่อท่อผ่านสถานที่อันตราย

ประเทศในสหภาพยุโรป เช่น ฝรั่งเศส เยอรมัน อิตาลี และสเปน จะใช้มาตรฐาน CENELEC ซึ่งกำหนดให้ใช้สายไฟฟ้าที่มีฉนวนอย่างน้อย 2 ชั้น และจะต้องมีการซีลด้วยสารประกอบที่สามารถป้องกันแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่ให้เข้าไปด้านในเปลือกหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือกล่องต่อสายไฟฟ้าได้ สารนี้จะต้องทนความร้อนจากการระเบิดภายในอุปกรณ์ป้องกันการระเบิดด้วย ข้อดีของการเดินสายไฟฟ้าแบบนี้ก็คือ ค่าใช้จ่ายต่ำและไม่ยุ่งยากในการติดตั้ง และน้ำหนักเบา แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถทนรับแรงกระแทกได้



รูปที่ 4.10 การติดตั้งสายไฟในประเทศในกลุ่มยุโรป

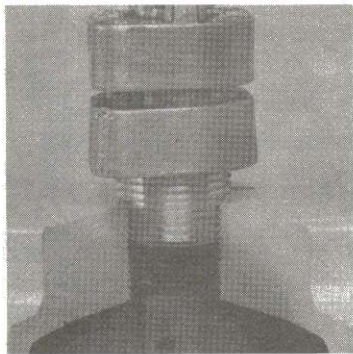
ประเทศอังกฤษ จะใช้มาตรฐาน IEC ซึ่งกำหนดให้ใช้สายไฟฟ้าที่มีเกราะเหล็ก (Armor) และจะต้องมีการซีลด้วยสารประกอบที่สามารถป้องกันแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่ให้เข้าไปด้านในเปลือกหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือกล่องต่อสายไฟฟ้าได้ สารนี้จะต้องทนความร้อนจากการระเบิดภายในอุปกรณ์ป้องกันการระเบิดด้วย ข้อดีของการเดินสายไฟฟ้าแบบนี้ก็คือ ค่าใช้จ่ายปานกลางแต่สามารถทนการกระแทกทางกลได้ โดยไม่ยุ่งยากในการติดตั้ง แต่มีข้อเสียคือเกราะเหล็กจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ดังนั้นถ้าไม่มีการต่อกราวด์ที่ดีอาจเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายในเกราะเหล็กได้



รูปที่ 4.11 การติดตั้งสายไฟในประเทศอังกฤษ

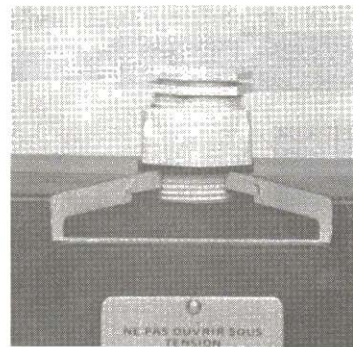
การเดินสายไฟฟ้าโดยไม่ใช้ท่อร้อยสายจะต้องป้องกันแรงดึงรั้งสายไฟฟ้าไม่ให้หลุดหรือขยับได้ โดยการใส่ปลอกข้อต่อสายไฟ (Cable Grand) ช่วยยึดสายไฟฟ้าให้มีความมั่นคง

ข้อต่อเคเบิล

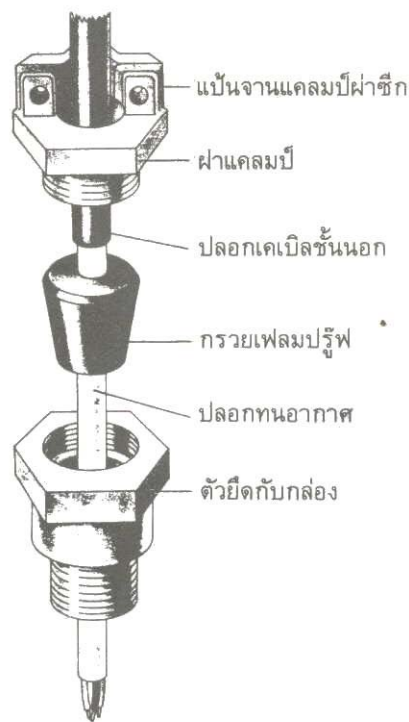


เมื่อยึดปลอกข้อต่อเคเบิลเข้ากับกล่อง
ต่อสายให้ชั้นเกลียวลงไปอย่างน้อย
5 เกลียว

ข้อต่อเคเบิล



เมื่อยึดปลอกข้อต่อเคเบิลเข้ากับกล่อง
ต่อสายให้ชั้นเกลียวลงไปอย่างน้อย
5 เกลียว แต่ถ้าเป็นแผงย่อยให้ใช้
ล๊อคนัตเช่นเดียวกัน



(ก) ชนิดเฟลมปรีฟ


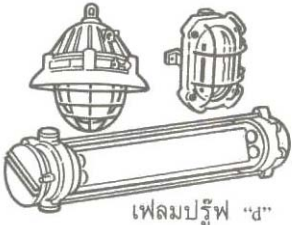
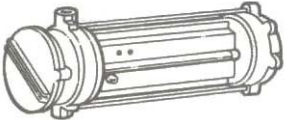
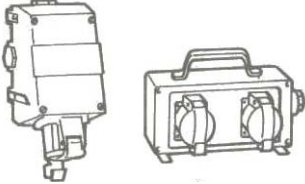
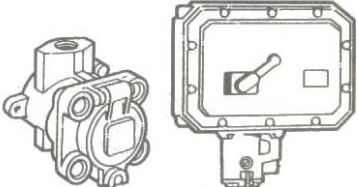




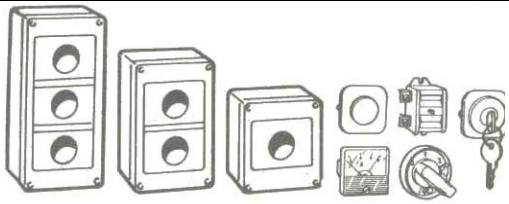
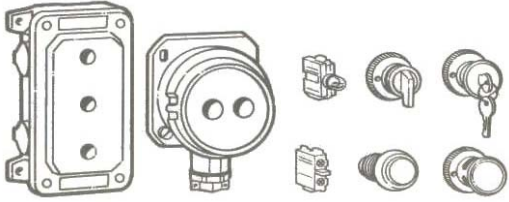
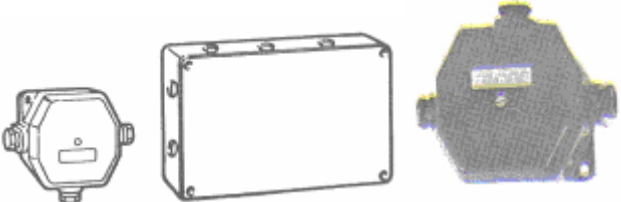
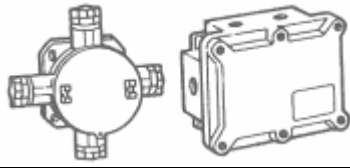
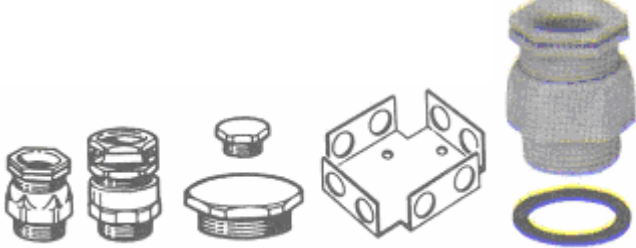
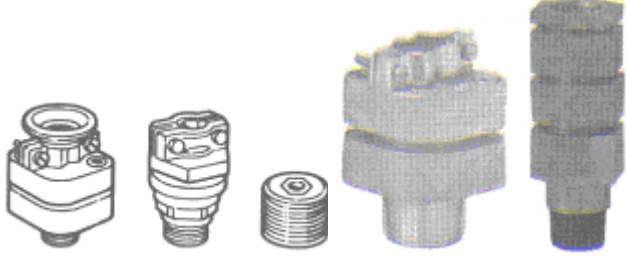

(ข) ชนิดอินคริสเซฟตี้





รูปที่ 4.12 ข้อต่อเคเบิล

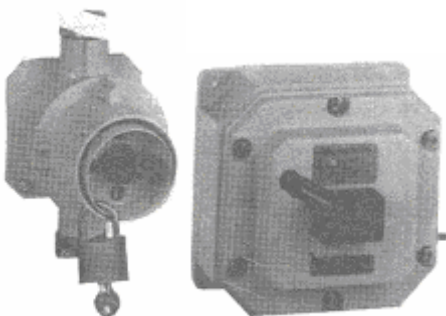

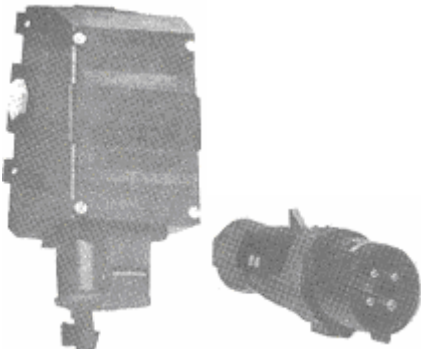


4.4 ตัวอย่างลักษณะอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดป้องกันการระเบิด




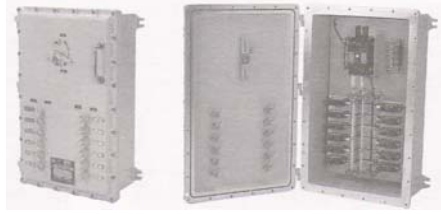
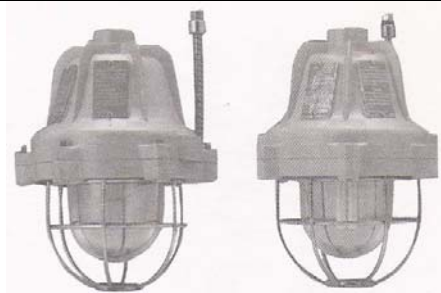

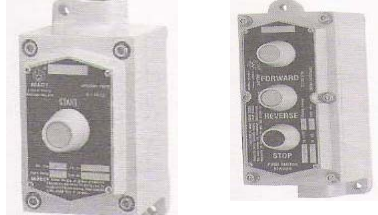
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างลักษณะอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดป้องกันการระเบิด

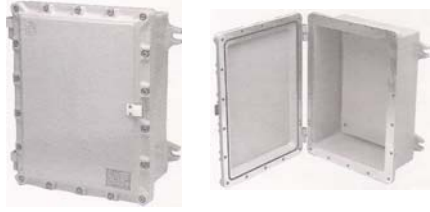

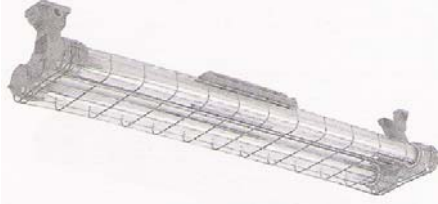
ชนิด	รูป	การป้องกัน	สัญลักษณ์
โคมไฟ	 <p>อินครีเซฟตี้ "e"</p>	Increased Safety "e"	EEx e
	 <p>เฟลมปรีฟ "d"</p>	Flameproof "d"	EEx d
		Flameproof "d"	EEx d
ปลั๊ก สวิตช์		Intrinsic Safe "i" and Flameproof "d"	EEx i EEx d
		Flameproof "d"	EEx d
		Increased Safety "e"	EEx e
		Flameproof "d"	EEx d

ชนิด	รูป	การป้องกัน	สัญลักษณ์
สวิตช์ ควบคุม		Increased Safety "e"	EEx e
		Flameproof "d"	EEx d
กล่องต่อ สาย		Increased Safety "e"	EEx e
		Flameproof "d"	EEx d
ข้อต่อเข้า หัวเคเบิล		Increased Safety "e"	EEx e
		Flameproof "d"	EEx d
Motor Starter		Flameproof "d"	EEx d

ชนิด	รูป	การป้องกัน	สัญลักษณ์
กล้องวงจรปิด		Increase Safety "e"	EEx e
แผงควบคุม		Flameproof "d"	EEx d
Electronic Siren		Nonincendive "n"	EEx n
Alarm Siren		Nonincendive "n"	EEx n

ชนิด	รูป	การป้องกัน	สัญลักษณ์
สวิตช์ ควบคุม		Flameproof "d"	EEx d
		Increased Safety "e" Flameproof "d"	EEx ed
เต้ารับ เต้าเสียบ		Flameproof "d" Increased Safety "e"	EEx d+e
อุปกรณ์ การเดินท่อ Round Box		Increased Safety "e" "d"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
Pull Box		Flameproof "d" "e"	Class I, DivI, DivII, Group C, D

ชนิด	รูป	การป้องกัน	สัญลักษณ์
Sealing Fitting		Flameproof "d" "e"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
กล่อง สวิตช์		Flameproof "d" "e"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
กล่องเบรก เกอร์		Flameproof "d" "e"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
ตู้เบรก เกอร์		Increased Safety "e" "d"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
โคมไฟ		Flameproof "d" "e"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
		Increased Safety "e" "d"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
Push Button		Increased Safety "e" "d"	Class I, DivI, DivII, Group C, D

ชนิด	รูป	การป้องกัน	สัญลักษณ์
Junction Box		Flameproof "d" "e"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
โคมไฟ ฟลูออเรสเซนต์		Flameproof "d" "e"	Class I, DivI, DivII, Group C, D
		Flameproof "d" "e"	Class I, DivI, DivII, Group C, D

บทที่ 5

การป้องกันการจุดระเบิดจากไฟฟ้าสถิตย์

ไฟฟ้าสถิตย์ (Static Electricity) หรือการเกิดประจุไฟฟ้าสถิตย์ (Static Charge) เป็นปัญหาที่สำคัญเรื่องหนึ่งสำหรับพื้นที่ที่มีการใช้หรือถ่ายเทสารไวไฟ จากข้อมูลในอดีตสาเหตุของอุบัติเหตุการเกิดเพลิงไหม้ส่วนหนึ่งเกิดจากการสปาร์กของประจุไฟฟ้าสถิตย์ ดังนั้นนอกจากการออกแบบติดตั้งระบบไฟฟ้าเพื่อป้องกันการระเบิด(Explosion Protection) แล้ววิศวกรผู้ออกแบบยังจำเป็นต้องพิจารณาปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาการสปาร์กที่รุนแรงจากประจุไฟฟ้าสถิตย์อีกด้วย

5.1 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการจุดระเบิดเนื่องจากไฟฟ้าสถิตย์

สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตย์เกิดขึ้นได้จากปัจจัยหลายประการ เพื่อให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้นจะต้องเข้าใจโครงสร้างของสสาร (Matter) ที่ปรากฏอยู่รอบตัวเราไม่ว่าจะปรากฏอยู่ในรูปใด เช่น ของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ แม้จะมีสถานะเป็นสารประกอบ (Compound) หรือธาตุ (Element) ก็ตาม สสารจะประกอบประกอบด้วย อนุภาคที่เล็กที่สุดคือโมเลกุล (Molecule) ซึ่งโมเลกุลประกอบด้วย ธาตุต่างๆ ที่มารวมตัวกันแล้วมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากธาตุเดิม ธาตุประกอบด้วย อะตอม (Atom) ซึ่งเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุแต่ยังคงมีคุณสมบัติของธาตุนั้นๆ อยู่ อะตอมประกอบด้วยนิวตรอน (Neutron) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกลางทางไฟฟ้าโปรตรอน (Proton) และอิเล็กตรอน (Electron) โดยนิวตรอนและโปรตรอนจะรวมตัวกันอยู่ตรงกลางของอะตอม โดยมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบนอกอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุด (Valence Shell) เราเรียกว่าวาเลนซ์อิเล็กตรอน (Valence Electron) อะตอมจะกลายเป็นประจุลบ (Negative Charge) เมื่อรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามา และจะกลายเป็นประจุบวก (Positive Charge) เมื่อสูญเสียอิเล็กตรอนไป

ไฟฟ้าสถิตย์เป็นสิ่งที่มองไม่เห็นแต่เกิดขึ้นรอบตัวเราตลอดเวลา ซึ่งจะแสดงผลออกมาให้เราได้รับรู้ได้ เช่น การใช้ไม้บรรทัดพลาสติกมาเสียดสีกับเส้นผมบนหัวจะเกิดไฟฟ้าสถิตย์ขึ้นบนไม้บรรทัดนั้นจนสามารถดึงดูดกระดาษชิ้นเล็กๆได้, การเกิดการติดขัดของกระดาษในเครื่องถ่ายเอกสาร, การถ่ายเทประจุไฟฟ้าจากมือคนไปยังแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จนเกิดความเสียหายและที่เห็นได้ชัดคือปรากฏการณ์ฟ้าผ่า เป็นต้น

ปัญหาของไฟฟ้าสถิตย์มีหลากหลายและที่สำคัญเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดอันตรายจากเพลิงไหม้และการระเบิด ซึ่งการป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าสถิตย์เป็นเรื่องยากเนื่องจากแหล่งกำเนิดของไฟฟ้าสถิตย์นั้นมีมากมาย การเหนี่ยวนำจากสนามไฟฟ้า(Electromagnetic Field) และการเสียดสีของวัตถุจนเกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าระหว่างกัน (Triboelectric) เป็น

สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิตย์ขึ้นได้ เช่น การถ่ายเทสารไวไฟผ่านท่อ การปั่นผสมสาร การกวนสาร การผสมสารเคมี การขัดถูทำความสะอาด การเสียดสีของ สายพานลำเลียง การฉีกพันสารด้วยแรงดันสูง เป็นต้น ดังนั้นการปฏิบัติงานในลักษณะดังกล่าว จึงอาจทำให้เกิดการสะสมของไฟฟ้าสถิตย์ และเมื่อประจุไฟฟ้าที่สะสมมีมากพอ จะเกิดความ เสี่ยงที่จะเกิดการสปาร์กของประจุไฟฟ้าไปยังตัวนำไฟฟ้าอื่นได้ ซึ่งหากพลังงานของการสปาร์ก สูงพอก็อาจส่งผลให้เกิดการจุดติดสารไวไฟและเป็นเหตุให้เกิดอัคคีภัยขึ้นได้

วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า (Conductive Material) จะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนไปมาได้โดยง่าย ในขณะที่วัสดุที่เป็นฉนวน (Insulating Material) อิเล็กตรอนไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ อย่างสะดวก เนื่องจากแรงพันธะระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนมีค่ามาก ในกรณีที่วัสดุฉนวน เป็นของเหลว อะตอมซึ่งกลายเป็นประจุจะถูกแรงผลักรังให้ออกมาอยู่บริเวณผิวหน้าของของเหลว นั้นซึ่งเรียกว่า ประจุบนผิวหน้า (Surface Charge) และเมื่อประจุชนิดเดียวกันมารวมกันอยู่มาก ขึ้น ก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้ประจุไฟฟ้าตรงข้ามเข้ามาอยู่ใกล้ เช่น เมื่อมีการไหลของน้ำมันที่มี ประจุบวกผ่านท่อ ประจุไฟฟ้าบวกบนผิวนอกของลำน้ำมัน จะเหนี่ยวนำให้ประจุลบบนผนังท่อ เข้ามาอยู่ใกล้ ประจุไฟฟ้าลบบนท่อสามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระ ประจุไฟฟ้าจึงสามารถสปาร์กข้าม ไปยังวัสดุตัวนำอื่นที่อยู่ใกล้ได้ พลังงานจากการสปาร์กอาจมากพอให้เกิดการจุดติดไฟไอน้ำมัน ที่ปนอยู่ในอากาศได้

5.2 องค์ประกอบที่ทำให้เกิดสภาพการณ์ที่เป็นอันตราย

การเกิดเพลิงไหม้จะต้องมีองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง คือ เชื้อเพลิง ประกายไฟ/ความร้อน และออกซิเจน การป้องกันการระเบิดในสถานที่ที่มีไอระเหยของสารไวไฟรั่วไหลอยู่เสมอ เราจะต้องหลีกเลี่ยงการเกิดประกายไฟหรือความร้อนสูง และประกายไฟจากการสปาร์กของ ประจุไฟฟ้าสถิตย์ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นได้ เพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ที่จะทำ ให้เกิดประกายไฟอันตรายจากไฟฟ้าสถิตย์ เราจะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆที่สำคัญ ดังนี้

5.2.1 การสะสมของประจุ (Accumulation of Charge)

ความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำมันเชื้อเพลิง พิจารณาจากค่าความนำ (Conductivity) ซึ่งมีหน่วยเป็น picoSiemens/meter (ps/m) ตัวอย่างเช่นน้ำมันดีเซลมีค่าความ นำประมาณ 25 ps/m จะสามารถสะสมประจุไฟฟ้าได้มาก ดังนั้นการถ่ายเทน้ำมันผ่านท่อ จึง จำเป็นต้องใช้ข้อรัดการไหลต่ำเพื่อป้องกันการเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้าให้เกิดประจุไฟฟ้าตรงข้าม ขึ้นบนท่อจะอาจทำให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดสปาร์กไปยังโครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้าอื่นที่เข้า มาใกล้

เราสามารถแบ่งตามคุณสมบัติการสะสมประจุไฟฟ้าของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ตามคุณสมบัติการนำไฟฟ้าได้ โดยพิจารณาว่าน้ำมันที่มีค่าความนำมากกว่า 50 ps/m จัดเป็นน้ำมันที่ไม่สะสมประจุไฟฟ้า (Non-accumulator Oils) และน้ำมันที่มีค่าความนำน้อยกว่า 50 ps/m จัดเป็นน้ำมันที่สะสมประจุไฟฟ้า (Accumulator Oils) ได้ดังนี้

ตัวอย่างของน้ำมันที่ไม่สะสมประจุไฟฟ้า (Non-accumulator Oils) ได้แก่

- น้ำมันดิบ (Crude oils)
- น้ำมันดีเซลดำ (Black diesel oils)
- น้ำมันเตา (Residual fuel oils)
- แอสฟัลต์ (Asphalts)

ตัวอย่างของน้ำมันที่สะสมประจุไฟฟ้า (Accumulator Oils) ได้แก่

- น้ำมันเบนซิน (Natural gasolines)
- น้ำมันเจท (Jet fuels)
- น้ำมันก๊าด (Kerosenes)
- น้ำมันร้อน (Heating oils)
- ไวท์สปิริต (White spirits)
- น้ำมันดีเซล (Clean diesel oils)
- น้ำมันมอเตอร์และเครื่องบิน (Motor and aviation gasolines)
- น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating oils)

ถังบรรจุเชื้อเพลิงเหลว หรือท่อที่ใช้ทำการถ่ายเทสารไวไฟควรทำจากวัสดุที่นำไฟฟ้าได้เพื่อป้องกันปัญหาการสะสมประจุไฟฟ้าสถิตย์บนพื้นผิวจุดใดที่หนึ่ง และถ้าเกิดประจุไฟฟ้าขึ้นบนวัสดุ ประจุนั้นก็ยังสามารถถ่ายเทไปยังบริเวณอื่นๆได้อย่างรวดเร็ว

5.2.2 การสปาร์กจากประจุไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Discharge : ESD)

เมื่อวัตถุสองชิ้นซึ่งมีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามสะสมอยู่เข้ามาอยู่ใกล้กัน จะเกิดปรากฏการณ์เหมือนคาปาซิเตอร์ กล่าวคือ ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะถูกแบ่งแยกด้วยช่องอากาศ (Air Gap) สนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุไฟฟ้าจะทำให้โมเลกุลของอากาศแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) และในที่สุดประจุไฟฟ้าสถิตย์ก็จะสามารถข้ามผ่านช่องว่างนั้นได้ ซึ่งเรียกว่า การเกิดสปาร์กจากประจุไฟฟ้าสถิตย์ การปลดปล่อยพลังงานความร้อนจากการสปาร์กอาจสูงเพียงพอที่จะจุดติดไฟไอระเหยของสารไวไฟที่ผสมอยู่ในอากาศจนเกิดเพลิงไหม้ขึ้นได้ ลักษณะของการสปาร์กในลักษณะนี้สังเกตได้อย่างชัดเจนจากกรณีการเกิดฟ้าผ่า เมื่อประจุไฟฟ้าลบจากก้อนเมฆเคลื่อนผ่านอากาศลงสู่พื้นดิน พลังงานจากการสปาร์กแต่ละครั้งจะสามารถจุดติดไฟไอระเหยของสารไวไฟได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารไวไฟ ในตารางที่ 5.1 จะแสดงตัวอย่างค่าพลังงานในการจุดติดไฟไอระเหยสารไวไฟบางชนิด

ตารางที่ 5.1 ค่าพลังงานที่จุดติดไฟได้

Flammable Material	Minimum Ignition Energy Milijoules (Miliwatt – Seconds)
Acetylene	0.017
Hydrogen	0.017
Ethylene	0.08
Methane	0.3

ที่มา : Bureau of Mines RI 5671

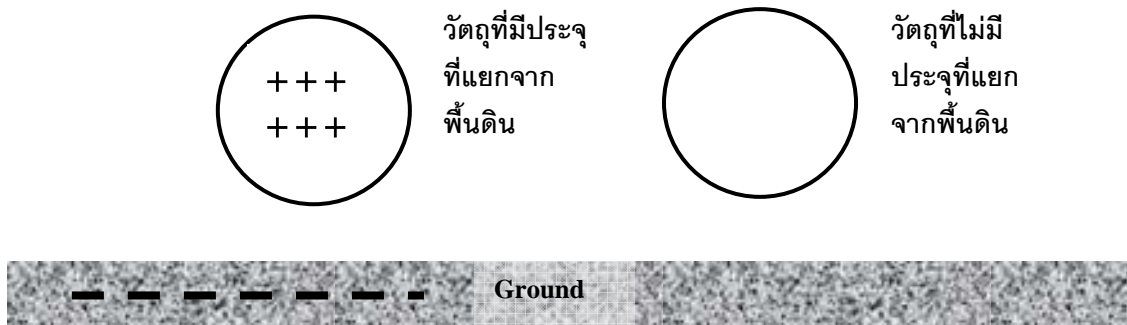
5.3 การป้องกันการสปาร์ก (Prevention of Spark Discharge)

การป้องกันการสปาร์กจากประจุไฟฟ้าสถิตย์สามารถทำได้โดยการใช้ถังบรรจุและท่อนำสารไวไฟซึ่งสามารถนำไฟฟ้าได้ และการป้องกันการเกิดประจุไฟฟ้าสะสมบนพื้นผิววัสดุตัวนำดังกล่าวโดยการต่อฝากและต่อลงดิน (Bonding and Grounding) ซึ่งเป็นมาตรการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าสถิตย์ที่สำคัญ

การต่อฝาก คือการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าระหว่างโครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้า 2 ส่วนเข้าด้วยกันโดยใช้ตัวนำไฟฟ้า ขนาดของตัวนำไฟฟ้าประเด็นสำคัญ แต่ความแข็งแรงของวัสดุตัวนำและความแน่นหนาของหน้าสัมผัสของจุดต่อเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญมากกว่า การต่อฝากไม่สามารถแก้ปัญหาการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิตย์ได้ แต่จะช่วยกระจายการสะสมของประจุไฟฟ้าบนโครงสร้างหนึ่งๆ เมื่อมีการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าแล้วศักย์ไฟฟ้าของโครงสร้างทั้งสองจะเท่ากัน เป็นการกำจัดความเสี่ยงของการถ่ายเทประจุระหว่างวัตถุ

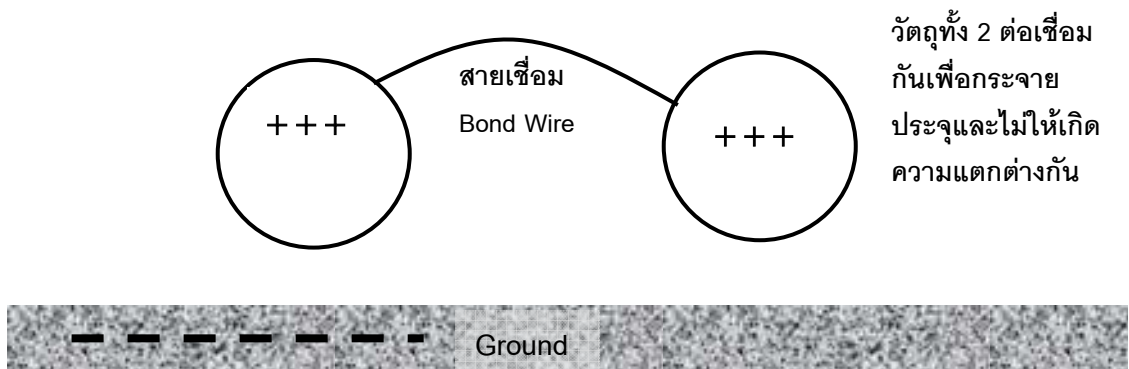
การต่อกราวด์ คือการการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าระหว่างโครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้าลงสู่พื้นดินโดยใช้ตัวนำไฟฟ้า การต่อกราวด์สามารถแก้ปัญหาการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิตย์ได้บนวัสดุตัวนำได้ เพราะการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าจะช่วยถ่ายเทประจุไฟฟ้าลงสู่พื้นดิน ทำให้ศักย์ไฟฟ้าบนโครงสร้างนั้นเท่ากับพื้นดิน

CHARGED AND UNCHARGED BODIES INSULATED FROM



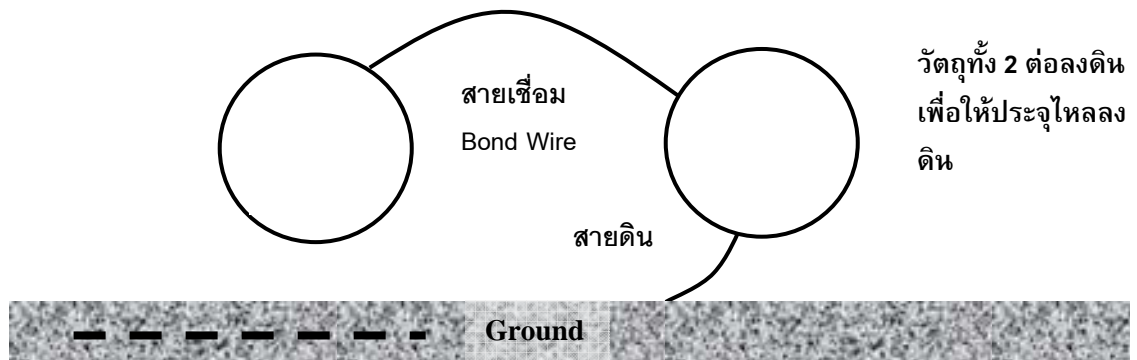
รูปที่ 5.1 แสดงวัตถุที่มีประจุและไม่มีประจุที่แยกจากพื้นดิน

CHARGED AND UNCHARGED BODIES INSULATED FROM



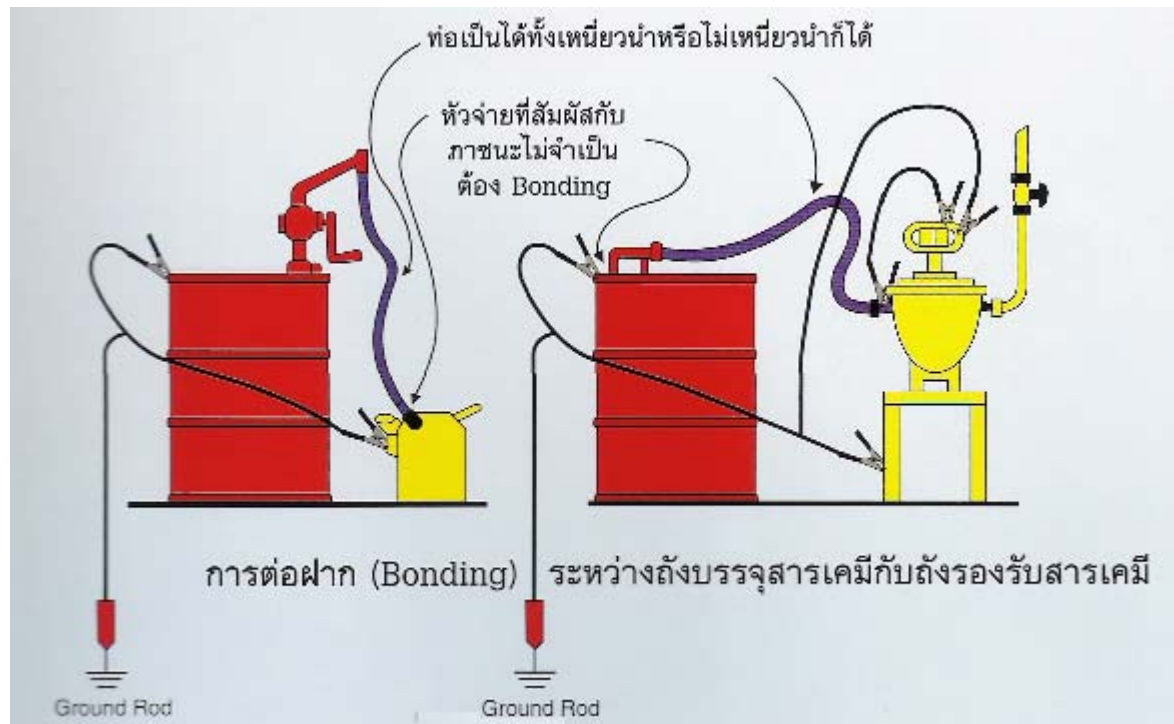
รูปที่ 5.2 แสดงการ Bonding ที่ทำให้วัตถุทั้งสองมีประจุไฟฟ้าสถิตย์เท่ากัน

CHARGED AND UNCHARGED BODIES INSULATED FROM

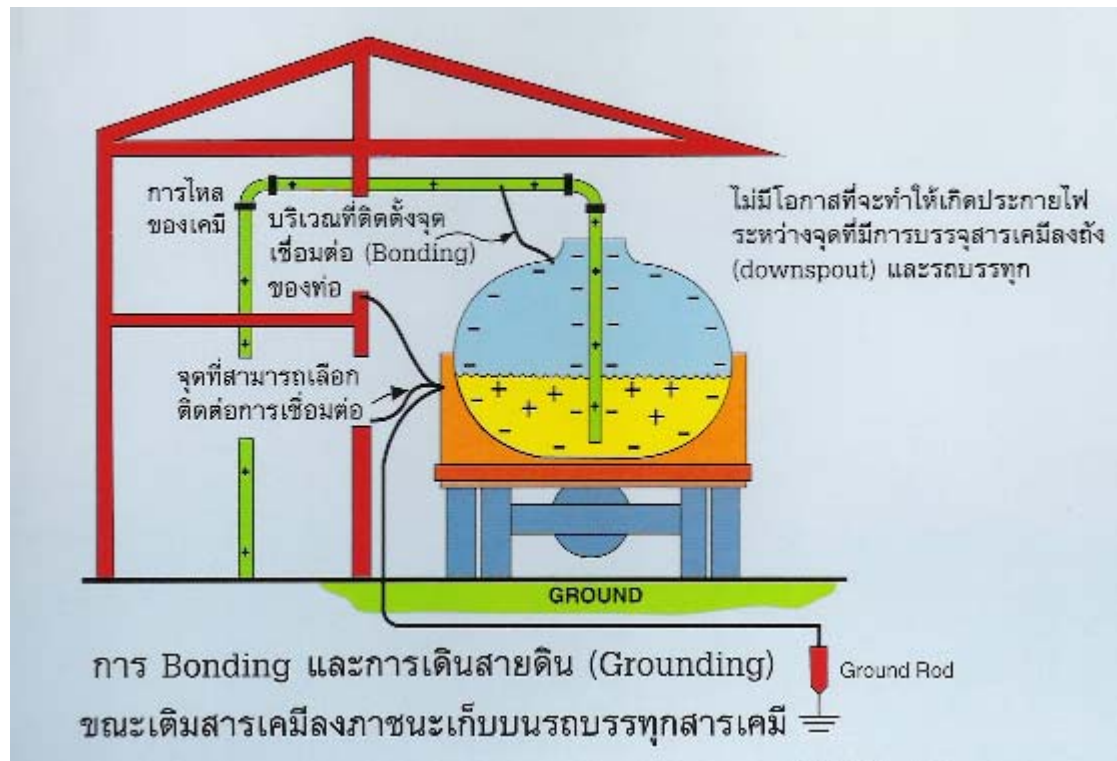


รูปที่ 5.3 แสดงการ Grounding ทำให้วัตถุทั้งสองไม่มีประจุไฟฟ้าสถิตย์

ดังนั้น เมื่อมีการขนถ่ายสารเคมีจากถังบรรจุหนึ่งไปยังอีกถังบรรจุหนึ่ง จะต้องทำการ Bonding ระหว่างถังภาชนะทั้งคู่ก่อนที่จะเทหรือถ่ายสารเคมี (รูปที่ 5.4 - 5.5) กรณีที่มีการเติมสารเคมีลงบนรถบรรทุกสารเคมี ต้องเดินท่อเติมสารให้ลงมาถึงก้นถังเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ และต้องทำการ Bonding และ Grounding ด้วยภาพด้านล่าง



รูปที่ 5.4 แสดงการ Bonding เพื่อทำให้ศักย์ไฟฟ้าของพื้นผิวต่างๆ มีค่าเท่ากัน



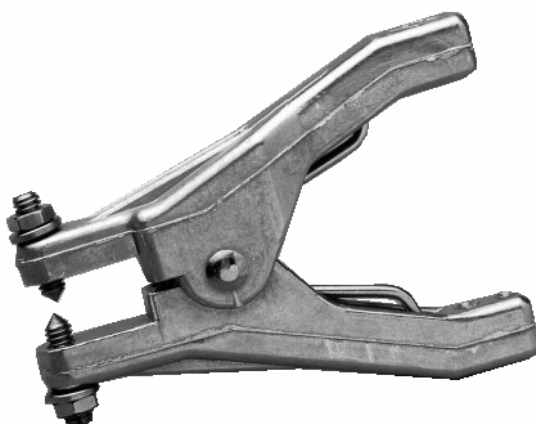
รูปที่ 5.5 แสดงการต่อกราวด์ที่ถังบรรจุสารไวไฟและท่อนำสารเพื่อป้องกันการสปาร์กจากไฟฟ้าสถิต



รูปที่ 5.6 แสดง Heavy Duty Clamp with Tungsten Carbide Contact เหมาะที่จะใช้กับถังขนาดใหญ่



รูปที่ 5.7 แสดง Medium Duty Clamp เหมาะที่จะใช้กับถัง Stainless Steel



รูปที่ 5.8 แสดง Medium Duty Cast Aluminium Clamp เหมาะที่จะใช้กับถังโลหะเคลือบสี



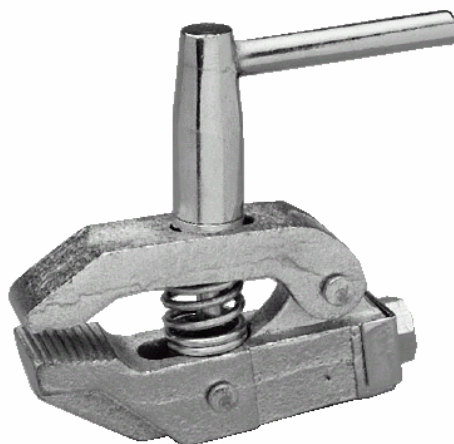
รูปที่ 5.9 แสดง Clamp เหมาะที่จะใช้สำหรับตึบถุง Type 'C' big bag



รูปที่ 5.10 แสดง C-Clamp เหมาะที่จะใช้ทำ Bonding ระหว่างถังบรรจุกับโครงโลหะแบบ กิ่งถาวร



รูปที่ 5.11 แสดง Pipe Clamp เหมาะที่จะใช้กับท่อโลหะเพื่อทำ Bonding และ Grounding แบบ กิ่งถาวร



รูปที่ 5.12 แสดง Screwdown Clamp เหมาะที่จะใช้ต่อกราวด์กับโครงโลหะในงานต่างๆ แบบ กิ่งถาวร



รูปที่ 5.13 อุปกรณ์สายที่ใช้สำหรับการต่อคิบบางชนิดที่มีการถ่ายเทสารไวไฟเพื่อให้ประจุที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายเทถูกนำลงสู่ดิน



รูปที่ 5.14 การต่อฝากและต่อลงดินของฐานรองรับภาชนะบรรจุสารไวไฟขณะที่ทำการแบ่งบรรจุ เพื่อให้ประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นขณะทำการถ่ายเทไหลลงสู่ดิน



รูปที่ 5.15 การต่อฝากระหว่างภาชนะบรรจุสารไวไฟ

ภาคผนวก ก

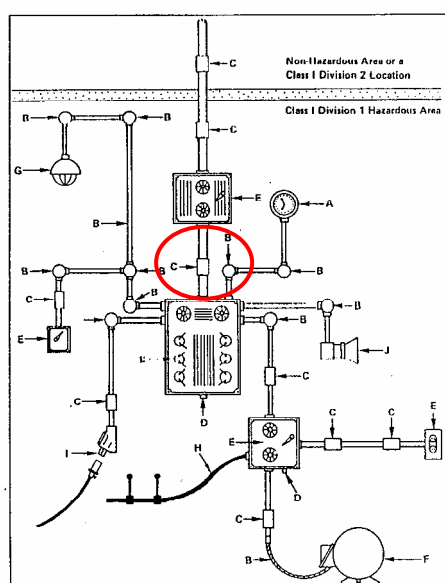
กรณีศึกษา

กรณีศึกษา

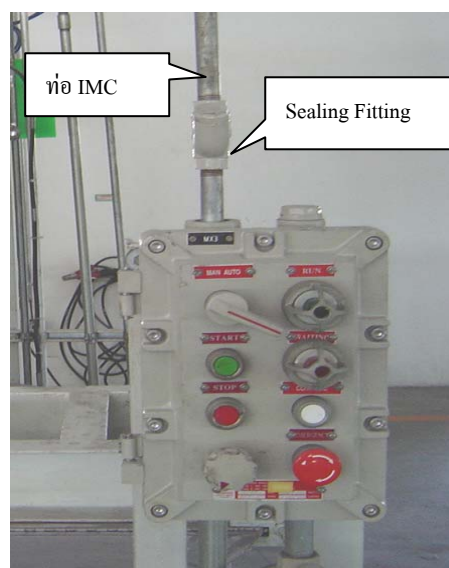
มาตรฐานของอเมริกา (National Electrical Code :NEC)

การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าและการเดินท่อร้อยสายในพื้นที่อันตราย

ตามมาตรฐานการเดินท่อร้อยสายไฟของ NEC ที่กำหนดให้การเดินท่อร้อยสายไฟในพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 อุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องเป็นชนิดทนระเบิดป้องกันการเกิดประกายไฟได้ การเดินท่อร้อยสายไฟและสายเคเบิลต้องสามารถป้องกันการผ่านของก๊าซ ไอระเหยและเปลวไฟจากส่วนใดส่วนหนึ่งไปยังส่วนอื่นผ่านทางท่อร้อยสายไฟ



รูปการติดตั้งตามมาตรฐาน NEC



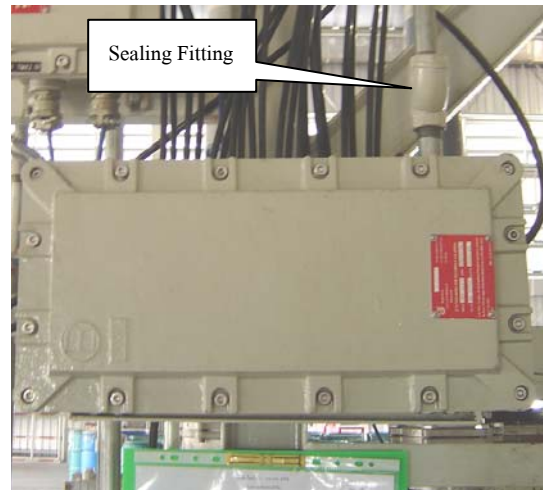
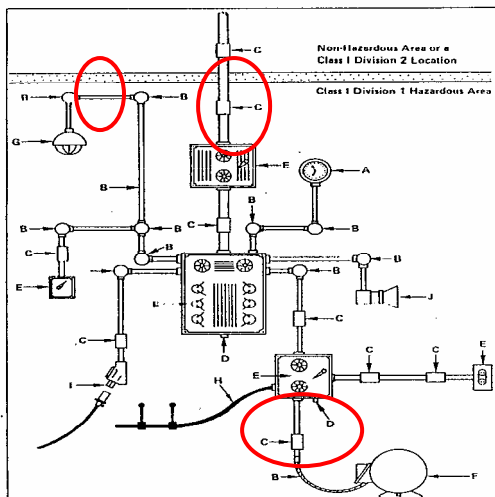
รูปการติดตั้งกล่องสวิตช์ของโรงงาน

รายละเอียด

1. กล่องสวิตช์ควบคุม เป็นชนิดทนการระเบิด (Explosion Proof)
2. ใช้ท่อโลหะปานกลาง (Intermediate Metal Conduit : IMC) ที่สามารถทำเกลียวได้ซึ่งมีเกลียวมากกว่า 5 เกลียว
3. ติดตั้ง Sealing Fitting ที่ใส่สาร Compound ของท่อร้อยสายไฟก่อนเข้ากล่องสวิตช์ควบคุม ตามมาตรฐานที่กำหนดให้ติดตั้งก่อนเข้ากล่องระยะไม่เกิน 18 นิ้ว

การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าและการเดินท่อร้อยสายในพื้นที่อันตราย

ตามมาตรฐานการเดินท่อร้อยสายไฟของ NEC ที่กำหนดให้การเดินท่อร้อยสายไฟในพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 อุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องเป็นชนิดทนระเบิดป้องกันการเกิดประกายไฟได้ การเดินท่อร้อยสายไฟและสายเคเบิลต้องสามารถป้องกันการผ่านของก๊าซ ไอระเหยและเปลวไฟจากส่วนใดส่วนหนึ่งไปยังส่วนอื่นผ่านทางท่อร้อยสายไฟ

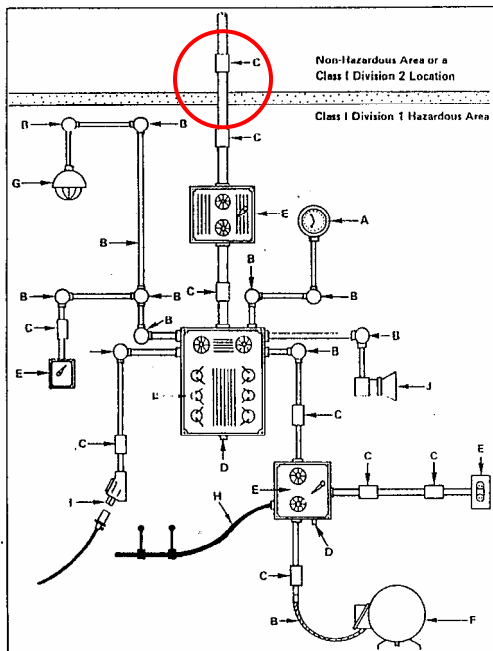


รายละเอียด

1. มอเตอร์ โคมไฟ และกล่องต่อสาย เป็นชนิดทนการระเบิด (Explosion Proof)
2. ใช้ท่อโลหะปานกลาง (Intermediate Metal Conduit : IMC) ที่สามารถทำเกลียวได้ซึ่งมีเกลียวมากกว่า 5 เกลียว
3. ติดตั้ง Sealing Fitting ที่ใส่สาร Compound ของท่อร้อยสายไฟก่อนเข้ากล่องสวิทช์ควบคุม ตามมาตรฐานที่กำหนดให้ติดตั้งก่อนเข้ากล่องระยะไม่เกิน 18 นิ้ว

การเดินท่อร้อยสายไฟเข้าพื้นที่อันตราย

ตามมาตรฐานการเดินท่อร้อยสายไฟของ NEC ที่กำหนดให้เมื่อมีการเดินท่อร้อยสายไฟ จากพื้นที่ที่ไม่อันตรายหรือพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2 เข้าสู่พื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ที่ต้องมีการใส่ Sealing Fitting และใส่สารCompound ในระบบท่อร้อยสายไฟและสายเคเบิลเพื่อป้องกันการผ่านของก๊าซ ไอระเหยและเปลวไฟจากส่วนใดส่วนหนึ่งไปยังส่วนอื่นผ่านทางท่อร้อยสายไฟ



รูปการติดตั้งตามมาตรฐาน NEC



รูปการเดินท่อก่อนเข้าพื้นที่อันตรายของโรงงาน

รายละเอียด

1. เป็นการเดินท่อร้อยสายไฟจากภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่อันตรายเข้าสู่ภายในอาคารที่มีการผลิตและจัดเก็บสารเคมีไวไฟซึ่งจัดเป็นพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1
2. ใช้ท่อโลหะหนานปานกลาง (Intermediate Metal Conduit : IMC) ที่สามารถทำเกลียวได้ซึ่งมีเกลียวมากกว่า 5 เกลียว
3. ติดตั้ง Sealing Fitting ที่ใส่สาร Compound ของท่อร้อยสายไฟก่อนเข้าสู่ภายในอาคารที่จัดเป็นพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1

ภาคผนวก ข

การแบ่งพื้นที่อันตรายและ แบบฟอร์ม Checklist



**แบบฟอร์มการตรวจสอบการป้องกันการระเบิด
ในพื้นที่มีไอระเหยสารไวไฟ**

ผู้มีอำนาจตรวจสอบ :

วันที่ตรวจสอบ :

รายละเอียดสถานที่ทำการตรวจสอบ

ชื่อโรงงาน :

ชื่อผู้ประกอบการ :

การประกอบการ :

ทะเบียนโรงงาน :

ที่อยู่ :

เบอร์โทร :

จังหวัด :

รหัสไปรษณีย์

เบอร์แฟกซ์ :

การได้รับรองมาตรฐานการจัดการด้านความปลอดภัย

1.

2.

3.

4.

5.

ความเห็นผู้ตรวจสอบ :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

อาคาร/พื้นที่

สารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหย (Flammable Gasses and Vapors)

[] Group A:

Acetylene			
-----------	--	--	--

[] Group B:

Butadiene	Ethylene oxide	Hydrogen	Propylene oxide
-----------	----------------	----------	-----------------

[] Group C:

Acetaldehyde	Cyclopropane	Di-ethyl ether	Dimethyl hydrazine
Ethylene	Hydrogen Cyanide	Hydrogen Sulfide	Methyl Ether
Methyl Mercaptan			

[] Group D:

Acetone	Ammonia	Amyl Alcohol	Benzene
Butane	Butylene	Ethane	Ethanol
Ethyl Chloride	Gasoline	Hexanes	Isobutene
Isopentane	Isopropyl Acetate	Liquified Petroleum Gas (LPG)	Methane
Methyl Alcohol	Napthalene	Natural gas	Neopentane
Octanes	Paint solvents	Pentanes	Propane
Propylene	Toluene	Turpentine	Vinyl chloride
Xylenes			

หมายเหตุ สารไวไฟที่มีคุณสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกับสารในกลุ่มใด ก็ควรจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

พิจารณาข้อมูลความปลอดภัยของสารไวไฟ

1. รายชื่อสารไวไฟที่อาจเกิดการรั่วไหล ทั้งจากขั้นตอนการทำงานปกติ และจากการเกิดอุบัติเหตุ :
.....
2. ค่า Lower Explosive Limit (LEL) และ Upper Explosive Limit (UEL) ของไอระเหยสารไวไฟ ในข้อ 1
.....
.....
3. ค่าระดับอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ไอระเหยของสารไวไฟ (Auto-Ignition Temperature) ในข้อ 1 สามารถลุกติดไฟได้เอง :
.....
4. ค่า Vapor Density ของสารไวไฟในข้อ 1 :
.....
.....

ระดับอุณหภูมิการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Temperature Classes)

พิจารณาเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิการทำงานสูงสุด(Maximum operating Temperature of device) เพื่อป้องกันมิให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดลุกติดไฟได้เอง เมื่อสัมผัสความร้อนสูง

- [] Class T1 อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **450°C**
- [] Class T2 อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **300°C**
- [] Class T2A อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **280°C**
- [] Class T2B อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **260°C**
- [] Class T2C อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **230°C**
- [] Class T2D อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **215°C**

- [] Class T3 อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **200°C**
- [] Class T3A อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **180°C**
- [] Class T3B อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **165°C**
- [] Class T3C อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **160°C**
- [] Class T4 อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **135°C**
- [] Class T4A อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **120°C**
- [] Class T5 อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **100°C**
- [] Class T6 อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟไม่สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่า **85°C**

การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน

เทคนิคการป้องกัน	ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้า	ใช่	ไม่ใช่
<p><i>Class I, Division 1 (Zone 0):</i> เกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Flammable atmosphere) อยู่เสมอ เป็นช่วงเวลานานๆ</p>			
<input type="checkbox"/> Intrinsically safe “Ex ia”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<p><i>Class I, Division 1 (Zone 1):</i> เกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Flammable atmosphere) เป็นครั้งคราว เป็นช่วงเวลานานๆ</p>			
<input type="checkbox"/> Intrinsically safe “Ex ia”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Intrinsically safe “Ex ib”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Flameproof “Ex d”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> pressurized “Ex p”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<p><i>Class I, Division 2 (Zone 2):</i> เกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Flammable atmosphere) ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ หรือมีความเสื่อมสภาพในระบบบรรจุ/ถ่ายเทสารไวไฟ เป็นช่วงเวลาสั้นๆ</p>			
<input type="checkbox"/> Intrinsically safe “Ex ia”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Intrinsically safe “Ex ib”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Flameproof “Ex d”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> pressurized “Ex p”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Encapsulation “Ex m”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Sand Filling “Ex q”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Nonincendive “Ex n”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Increased safety “Ex e”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Oil Immerse “Ex o”		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

การเดินทางสายไฟ

วิธีการเดินสายไฟฟ้า	ตัวอย่างการเดิน	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
<input type="checkbox"/> RSC, IMC (5 fully threaded)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Armored Cable		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Non-Armored Cable		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

สภาพการติดตั้งใช้งานระบบไฟฟ้าและระบบระบายอากาศ

การป้องกันการอาร์กหรือสปาร์ก	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
<input type="checkbox"/> การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> สภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> การเดินสายไฟฟ้า	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> การต่อฝากและการกราวด์	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> การป้องกันเสิร์จไฟฟ้า	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ระบบระบายอากาศ	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
<input type="checkbox"/> ทิศทางการระบายอากาศ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> อัตราการถ่ายเทอากาศ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> การใช้ Anti-Static Blower	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ระบบ Positive Pressured	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ใช้ Gas Detector เพื่อเตือนภัย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ข้อเสนอแนะการใช้สารไวไฟ

ข้อระวังพื้นฐานสำหรับความปลอดภัยการบรรจุสารไวไฟ

1. สารเคมีไวไฟต้องถูกจัดเก็บในพื้นที่เฉพาะที่ปราศจากแหล่งประกายไฟ
2. สารเคมีไวไฟต้องไม่ให้ความร้อนโดยการใช้ความร้อนจากเปลวไฟ แต่สามารถใช้ความร้อนจากแหล่งความร้อนอื่น เช่น ไอน้ำ น้ำร้อน น้ำมันร้อน และอากาศร้อนได้
3. ในขณะที่มีการถ่ายเทของเหลวไวไฟในภาชนะโลหะ จะต้องหลีกเลี่ยงการสปาร์กของไฟฟ้าสถิตย์ โดยการทำการต่อฝาก (Bonding) และการติดตั้งสายดิน
4. การระบายอากาศเป็นวิธีการอันหนึ่งที่ได้ผล สำหรับป้องกันการรวมตัว หรือสะสมของสารไวไฟ โดยใช้พัดลมดูดอากาศในขณะที่ มีการถ่ายเทสารไวไฟจากภาชนะหนึ่งไปสู่อีกภาชนะหนึ่ง หรือ การต้องการเปิดภาชนะ
5. ในขณะที่สารเคมีไวไฟถูกดูดจากถังเก็บหรือถูกบรรจุลงถังเก็บ ภาชนะถังเก็บทั้งคู่ และอุปกรณ์อื่นที่ติดตั้งเฉพาะตัว จะต้องทำการต่อฝาก (Bonding) และต่อลงดิน (Grounding)
6. การบรรจุสารเคมีไวไฟไม่ควรถ่ายหรือบรรจุในอาคาร หากไม่มีการเตรียมการป้องกันที่เพียงพอ ต่อการเกิดไอระเหยสารไวไฟสะสมถึงระดับความเข้มข้นที่เป็นอันตรายได้
7. ควรมีข้อมูลด้านความปลอดภัย (MSDS) สำหรับสารเคมีเก็บไว้อ้างอิงในการปฏิบัติงาน
8. บริเวณที่ชาร์จแบตเตอรี่ ต้องแยกจากอาคารเก็บสารเคมีไวไฟ
9. รถยกที่มีเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซล ต้องมีระบบป้องกันประกายไฟที่เครื่องยนต์ รวมทั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดบนรถยก

ข้อแนะนำการจัดเก็บและการใช้งานสารเคมีไวไฟ

1. การจัดเก็บสารเคมีไวไฟในสถานที่เปิดในบริเวณห้องทดลองจะต้องถูกจัดเก็บให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นสำหรับการใช้งาน
2. ของเหลวไวไฟจะต้องไม่ติดตั้งในตู้เย็นชนิดทั่วไป แต่ควรใส่ในตู้เย็นชนิดพิเศษที่ใช้สำหรับห้องทดลอง เพราะอุปกรณ์ไฟฟ้าของตู้เย็นที่ใช้ในห้องทดลอง เช่น สวิตช์ หลอดไฟ เทอร์โมสตัท จะเป็นชนิดทนการระเบิด (Explosion Proof)
3. ของเหลวไวไฟต้องไม่กีดขวางทางออกของห้อง และตู้จัดเก็บสารไวไฟไม่ติดตั้งใกล้กับประตูทางออก หรือบริเวณทางเดิน
4. จัดเก็บสารเคมีไวไฟให้ห่างจากแหล่งความร้อน และบริเวณที่แสงอาทิตย์ส่องถึงได้
5. สารเคมีไวไฟจะต้องไม่จัดเก็บ ร่วมกับสารที่เป็นออกซิเดชัน (Oxidizing Agents) เช่น เปอร์แมงกาเนต หรือคอปเรต เป็นต้น
6. ห้ามสูบบุหรี่ และ แหล่งที่ก่อให้เกิดประกายไฟให้ห่างจากบริเวณที่จัดเก็บของเหลวไวไฟ
7. ควรติดป้ายแสดงบริเวณอันตราย ในบริเวณที่จัดเก็บสารเคมีไวไฟให้ชัดเจน
8. การใช้งานต้องยึดหลักเข้าก่อน ออกก่อน (First in-first out) เพื่อป้องกันสารเคมีเสื่อมสภาพ

ข้อแนะนำในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทนระเบิด (Explosion Proof)

1. ตรวจสอบสภาพยาง ซีล ของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดทนระเบิด ต้องอยู่ในสภาพดี ไม่ชำรุดฉีกขาด หรือหลุดร้อน
2. ตรวจสอบสภาพการเดินสายไฟ (NYY หรือ MI) ฉนวนสายไฟต้องมีสภาพดีไม่ฉีกขาด ชำรุด
3. ตรวจสอบสภาพฝาครอบของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดทนระเบิด เช่น กล่องต่อสาย (Junction Box) กล่องสวิตช์ กล่องเบรกเกอร์ ต้องประกบกันอย่างสนิท แน่นหนา
4. ตรวจสอบสภาพทั่วไปของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดทนระเบิด รวมถึงท่อร้อยสายไฟ ต้องอยู่ในสภาพดี ไม่ชำรุด หรือเป็นสนิม
5. ควรทำความสะอาดอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

1. การออกแบบระบบแสงสว่าง รวมทั้งระบบไฟฟ้า ระบบสัญญาณเตือนภัย และระบบการติดต่อสื่อสาร, ธนบูรณ์ ศศิภาณุเดช: บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด
2. Electrical Installation in Hazardous Locations, Peter J. Schram and Mark W. Earley, National Fire Protection Association, June 1993
3. National Electrical Codes (NEC), NFPA Battery March Park, Quincy MA, 1990 Edition
4. NFPA Handbook of the National Electrical Code (Fourth Edition), Wilford I. Summers
5. National Electrical Codes Handbook Twenty-fourth Edition Conforms to the 2000 NEC, Joseph F. Mc Partland and Brian J. Mc Partland, Mc Graw Hill's
6. Basics of Explosion Protection, R. Stahl Schaltgerate GMBH, A Company of the R. STAHL Technology Group
7. Ex-Magazine 2003 (Magazine for the installers and operators of explosion protected electrical installations), R.STAHL Schaltgerate GmbH
8. Electrical Equipment Design for Use in Hazardous Locations, Mark C. Ode (Staff Engineering Associate Underwriters Laboratories Inc., December 1999
9. The Quest for Change in North America Codes and Standards Changes in Pursuit of a Harmonized System, Marty Cole and Jeffrey S Stoyanov, <http://www.hubble-canada.com>
10. Explosion Protection (Process Automation), SIEMENS, October 2003
11. Ex Digest 2004, Cooper Crouse-Hinds, <http://www.crouse-hinds.com>
12. Technical Guide "Hazardous Area Reference, Classifications, and Enclosure Data", NRL Lighting Product
13. Guidelines on Prevention and Control of Chemical Hazard, Ministry of MANPOWER
14. Hazardous Location Wiring Methods Simplified, <http://www.summit.com>
15. Fundamentals of ESD, <http://www.esda.org>
16. Electrostatics and Flexible Intermediate Bulk Containers, Ian Pavey of Chilworth Technology Ltd: Paper published in Chemical Processing Technology International, 1996
17. Ensuring Proper Ventilation of Paint Mixing Rooms in Auto Refinish Shops, <http://www.epa.gov>

18. Static Protection Through Bonding and Grounding, Micheal J. Johnston, IAEI News: The Magazine May/June 2004
19. Static Electricity as a Hazard in Industry, Ir. G. F. M. Van Laar: Stuvex International, Belgium, <http://www.edpsciences.org>
20. Triboelectric Generation: Getting Charged, Ryne C. Allen, <http://www.esdjournal.com>
21. Static Electric Discharge Hazard on Bulk Oil Tank Vessels (Phase 1 Report), Michael G. Dyer: The Volpe National Transportation Systems Center, www.purgit.com/static.html

ชื่อหนังสือ : คู่มือการตรวจสอบ ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า ในพื้นที่อันตรายที่มี
ไอระเหยของสารไวไฟ

เจ้าของลิขสิทธิ์ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม
75/6 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
กรมโรงงานอุตสาหกรรมขอสงวนสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำส่วนหนึ่งส่วนใด
หรือตอนหนึ่งตอนใดของเนื้อเรื่อง และอื่นๆ ที่ประกอบในคู่มือนี้ ไปคัดลอก
โดยวิธีพิมพ์ดีด เรียงตัว คัดสำเนา ถ่ายฟิล์ม ถ่ายเอกสาร พิมพ์โดย
เครื่องจักรหรือวิธีการอื่นใด เพื่อนำไปแจก จำหน่าย เว้นแต่ได้รับอนุญาต
จากกรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นลายลักษณ์อักษร

พิมพ์เมื่อ : มิถุนายน 2548 จำนวน 100 เล่ม

คณะกรรมการประสานและรับมอบงาน : กรมโรงงานอุตสาหกรรม

นายศุภชัย ศิริวัฒนเจริญชัย ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย

นายทศพล ยันตรีสิงห์

นายศุภกิจ บุญศิริ

นายวชิระ นวโกคิน

นายวิศิษฐ์ศักดิ์ กฤษณพันธ์

ที่ปรึกษาโครงการ : บริษัทอินเตอร์เนชั่นแนล บิสซิเนส สแตนดาร์ด คอนเซิร์ทแทนส์ จำกัด