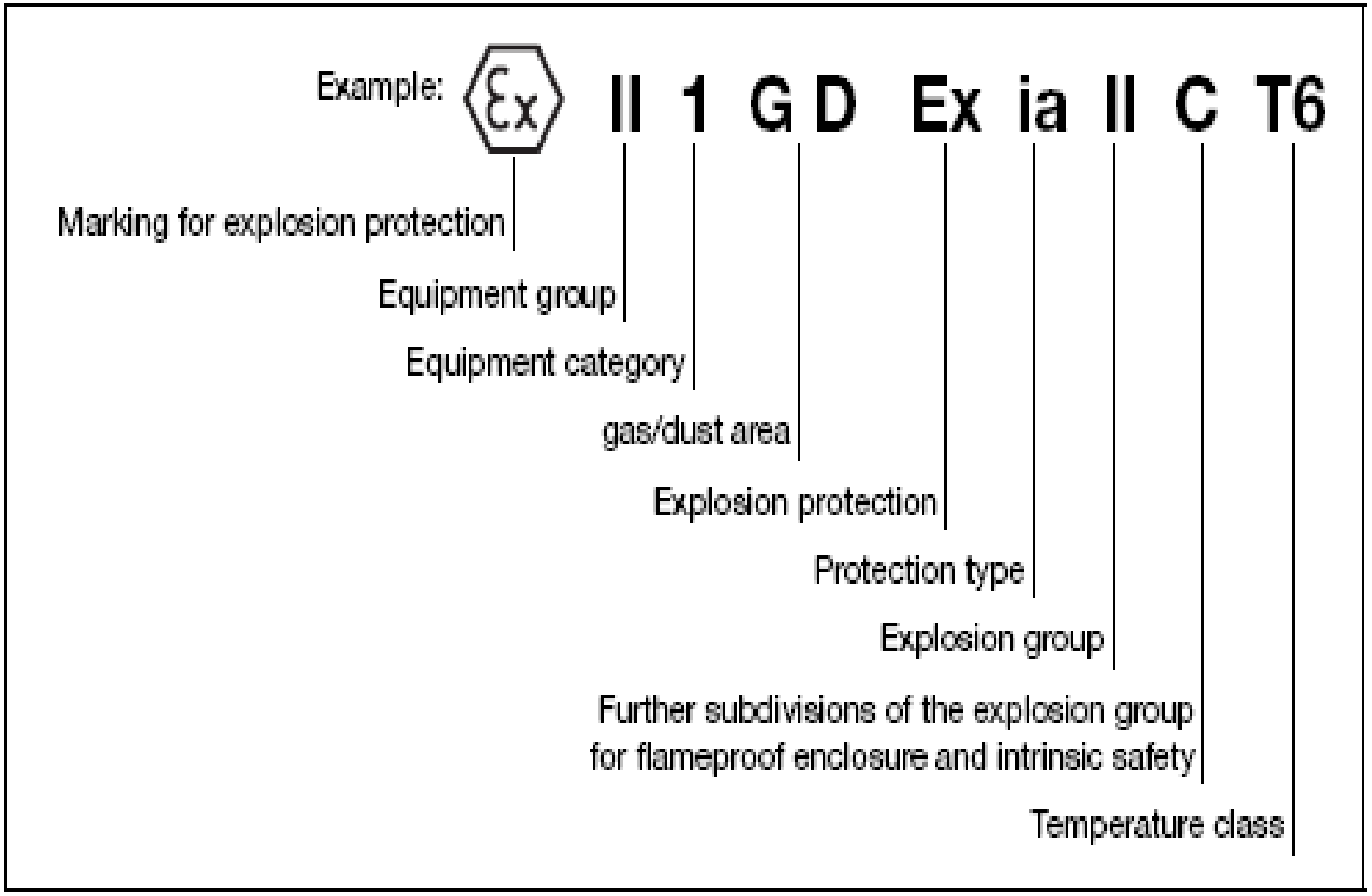
การเลือกใช้อุปกรณ์
ไฟฟ้า และอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด

ป้ายแสดงของอุปกรณ์ตามมาตรฐานยุโรป



การแบ่งกลุ่มของอุปกรณ์ป้องกันการระบิด

ข้อกำหนดของ ATEX Directive 94/9/EC กำหนดอุปกรณ์ที่นำไปใช้ในพื้นที่อันตรายโดยกำหนดเป็น

- กลุ่ม(Groups)
- ประเภท(Categories)

การแบ่งกลุ่มของอุปกรณ์(Equipment Group) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่ม I เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานกับอุตสาหกรรมเหมืองแร่ที่มีบรรยากาศที่อาจจะติดไฟได้ทั้งที่อยู่บนพื้นดินและ/หรืออยู่ใต้พื้นดิน

กลุ่ม II เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับพื้นที่อันตรายอื่นนอกเหนือจากเหมืองแร่

การแบ่งกลุ่มและประเภทของอุปกรณ์

กลุ่มอุปกรณ์ (Equipment Group)	ประเภท (Category)	พื้นที่ใช้งาน: พื้นที่ที่มีบรรยากาศการระเบิดบนพื้น/ใต้พื้นของการทำงานในเหมืองแร่ที่อาจเกิดลุกติดไฟได้	
I	M1 (Zone 0)	พื้นที่อันตรายของการทำงานในเหมืองที่มีก๊าซเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง หรือช่วงเวลาที่ยาว (ฝุ่นก็พิจารณาได้ด้วย)	**ความเสี่ยงสูงสุด**:เหตุการณ์ที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น 2 อย่าง มีมาตรการการป้องกันความผิดพลาด 2 อย่าง อุปกรณ์ยังคงทำงานหรือมีการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์เมื่อมีพื้นที่อันตรายเกิดขึ้น
I	M2 (Zone 1)	พื้นที่อันตรายของการทำงานในเหมืองที่มีก๊าซเกิดขึ้น (ฝุ่นก็พิจารณาได้ด้วย)	**ความเสี่ยงสูง** : อุปกรณ์จะถูกหยุดจ่ายพลังงานเมื่อมีพื้นที่อันตรายเกิดขึ้น

กลุ่มอุปกรณ์ (Equipment Group)	ประเภท (Category)	พื้นที่ใช้งาน: พื้นที่ที่มีบรรยากาศการระเบิดที่นอกเหนือการทำงานในเหมืองแร่	
II	1G (Zone 0) 1D (Zone 20)	ก๊าซ หรือ ไอระเหย ฝุ่น	**ความเสี่ยงสูงสุด**: เหตุการณ์ที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น 2 อย่าง มีมาตรการการป้องกันความผิดพลาด 2 อย่าง มีการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์และอุปกรณ์ทำงานปกติในพื้นที่อันตราย
II	2G (Zone 1) 2D (Zone21)	ก๊าซ หรือ ไอระเหย ฝุ่น	**ความเสี่ยงสูง**:มีการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์และอุปกรณ์ทำงานปกติในพื้นที่อันตราย
II	3G (Zone 2) 3D (Zone 22)	ก๊าซ หรือ ไอระเหย ฝุ่น	**ความเสี่ยงปกติ**: มีการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์และอุปกรณ์ทำงานปกติในพื้นที่อันตราย

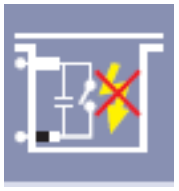
เทคนิคป้องกันการระเบิด

1. การป้องกันมาตรการขั้นต้น (Primary Explosion Protection) คือ ป้องกันการเกิดบรรยากาศที่ทำให้เกิดการระเบิด

2. มาตรการการป้องกันขั้นที่สอง (Secondary Explosion Protection) ได้แก่การป้องกันไม่ให้มีหรือเกิดแหล่งจุดติดไฟขึ้นในพื้นที่อันตราย

3. มาตรการขั้นที่สามเป็นมาตรการการป้องกันด้วยการออกแบบ (Explosion Protection through Design)

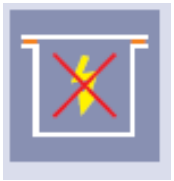
ตารางแสดงชนิดอุปกรณ์ป้องกันการระเบิดแบ่งตามเทคนิคการป้องกัน

เทคนิคการป้องกันการระเบิด	รหัสมาตรฐาน	ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน	พื้นที่อันตรายที่ใช้ได้	
			มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
Flameproof	D	มอเตอร์, โคมไฟ ,สวิตช์ควบคุม, เต้ารับ และ เต้าเสียบ หม้อแปลง อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็นต้น	Zone 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Intrinsically Safe	Ia 	Thermocouple, Transducer, Transmitter, Proximity Switch, Flow Detector, และ Level Sensor อุปกรณ์วัดและควบคุมอุปกรณ์สื่อสาร	Zone 0, 1 และ 2	Division 1 หรือ 2

ตารางแสดงชนิดอุปกรณ์ป้องกันการระเบิดแบ่งตามเทคนิคการป้องกัน

เทคนิคการป้องกันการระเบิด	รหัสมาตรฐาน	ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน	พื้นที่อันตรายที่ใช้ได้	
			มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
Intrinsically Safe	Ib	Thermocouple, Transducer, Transmitter, Proximity Switch, Flow Detector, และ Level Sensor อุปกรณ์วัดและควบคุม อุปกรณ์สื่อสาร	Zone 1 และ 2	Division 2
Purge or Pressurization	P	มอเตอร์ขนาดใหญ่ สวิตช์ควบคุม ตู้ควบคุม เครื่องวิเคราะห์ต่างๆ	Zone 1 และ 2	Division 1 หรือ 2

ตารางแสดงชนิดอุปกรณ์ป้องกันการระเบิดแบ่งตามเทคนิคการป้องกัน

เทคนิคการป้องกันการระเบิด	รหัสมาตรฐาน	ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน	พื้นที่อันตรายที่ใช้ได้	
			มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
Increased Safety	E 	อุปกรณ์การต่อสายไฟ, ระบบแสงสว่าง, มอเตอร์, และเครื่องมือวัด	Zone 1 และ 2	Division 2
Immersed in Oil	O	สวิตช์ เกียร์ และหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่	Zone 1 และ 2	Division 2
Filled with Powder / Sand	Q	คาปาซิเตอร์ และหม้อแปลงขนาดเล็ก	Zone 1 และ 2	Division 2

ตารางแสดงชนิดอุปกรณ์ป้องกันการระเบิดแบ่งตามเทคนิคการป้องกัน

เทคนิคการป้องกันการระเบิด	รหัสมาตรฐาน	ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน	พื้นที่อันตรายที่ใช้ได้	
			มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
Encapsulated / Molding	M	Solenoid Valve, Rapid Starter, Resistor, Capacitor, Optoisolator และ Diode	Zone 1 และ 2	Division 2
Non-Sparking / Nonincendive	N	nA = non-sparking apparatus nC = sparking apparatus in which contacts are protected conveniently nL = energy-limited apparatus nR = purged/pressurized apparatus nZ = purged pressurized apparatus, n	Zone 2	Division 2

วิธีการจัดแบ่งกลุ่มก๊าซ (Gas Grouping หรือ Explosion Group)

การแบ่งกลุ่มก๊าซไวไฟตามลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. **Minimum Ignition Current (MIC)** คือ ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดสปาร์กจนเกิดการลุกติดไฟของก๊าซหรือไอระเหย
   ถ้าก๊าซมีค่า MIC น้อย แสดงว่าก๊าซนั้นสามารถติดไฟได้ง่าย
   ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่า MIC

2. **Maximum Experimental Safe Gap (MESG)** คือ ค่าความกว้างของช่องเปิดมากที่สุดที่สามารถป้องกันการแพร่ขยายของเปลวไฟที่เกิดจากการจุดระเบิดของก๊าซชนิดหนึ่งผ่านช่องเปิดนั้นไปสู่ภายนอกที่มีก๊าซชนิดเดียวกันเจือปนอยู่
   ถ้าก๊าซชนิดใดมีค่า MESG มาก แสดงว่าสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันการระเบิดหรืออุปกรณ์ป้องกันไฟที่มีค่า MESG น้อยกว่าได้

ตามมาตรฐาน NEC จะมีการจัดกลุ่มก๊าซ (Gas) และไอระเหย (Vapor) ได้ดังนี้

Group A: คือก๊าซ Acetylene

Group B: คือ ก๊าซและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG ไม่เกิน 0.45 มม. หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.4

Group C: คือ ก๊าซและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG มากกว่า 0.45 มม. แต่ไม่เกิน0.75 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.4 แต่ไม่เกิน 0.8

Group D: คือ ก๊าซและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG มากกว่า 0.75 มม. หรือมีค่าMIC Ratio มากกว่า 0.8

ตามมาตรฐาน IEC จะมีการจัดกลุ่มก๊าซ (Gas) และไอระเหย (Vapor) ได้ดังนี้

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

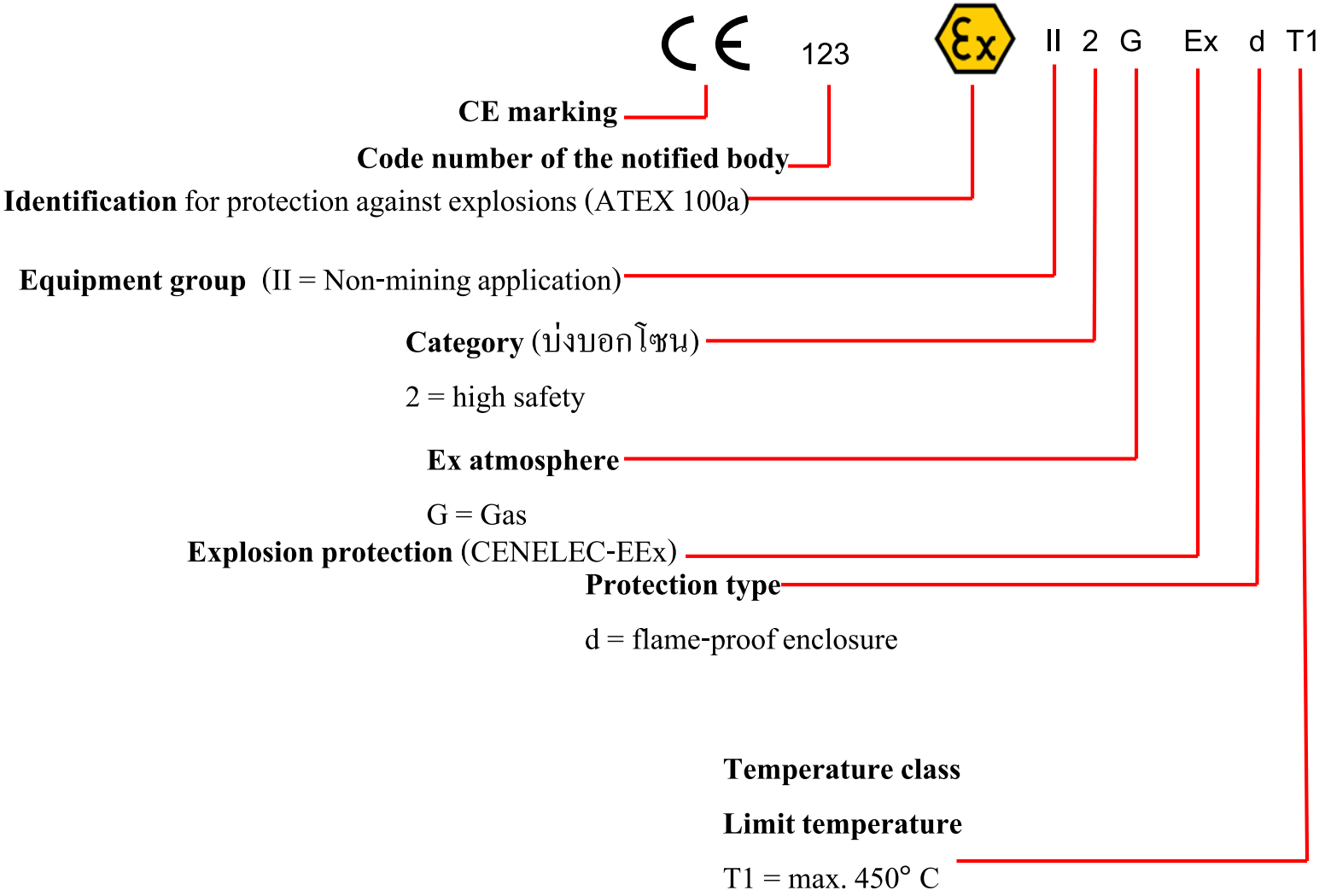
Group IIB: คือ ก๊าซและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG มากกว่า 0.50 มม. แต่ไม่เกิน 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน 0.8

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

ตารางแสดงระดับอุณหภูมิการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Temperature Classes)

Temperature class of electrical equipment	Maximum surface temperature of electrical equipment	Ignition temperature of gas or vapor
T1	<450ºC	>450 ºC
T2	≤300 ºC	>300 ºC
T3	≤200 ºC	>200 ºC
T4	≤135 ºC	>135 ºC
T5	≤100 ºC	>100 ºC
T6	<85 ºC	>85 ºC

ลักษณะป้ายของอุปกรณ์ป้องกันการระเบิดที่ใช้กับก๊าซชีวภาพ ตามมาตรฐานยุโรป(IEC)จะประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้



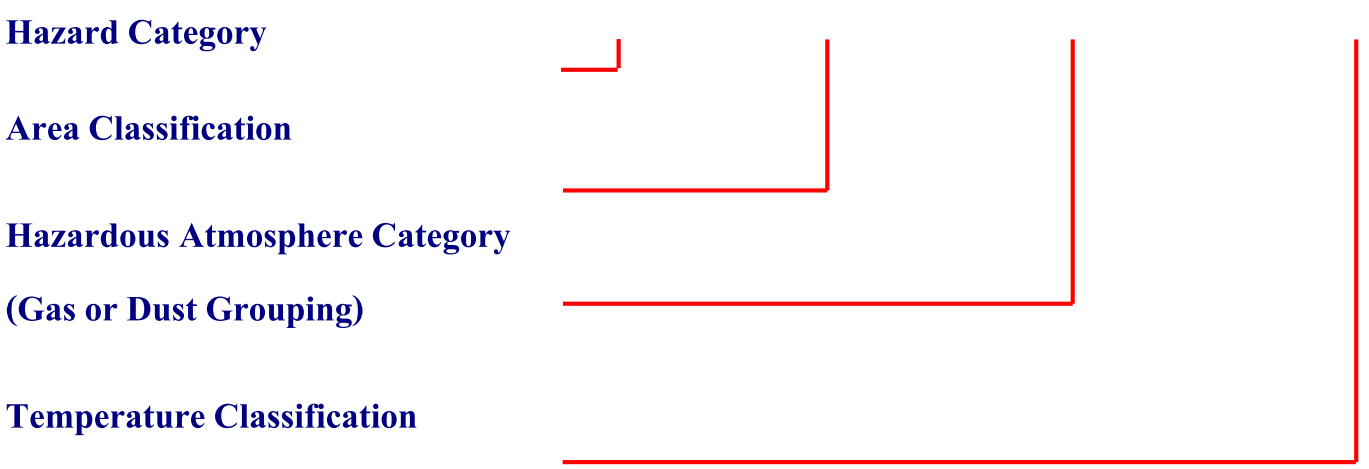
รูปแบบป้ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ป้องกันการระเบิดของมาตรฐานกลุ่มอเมริกาเหนือ

Typical NEC/CEC Product Markings

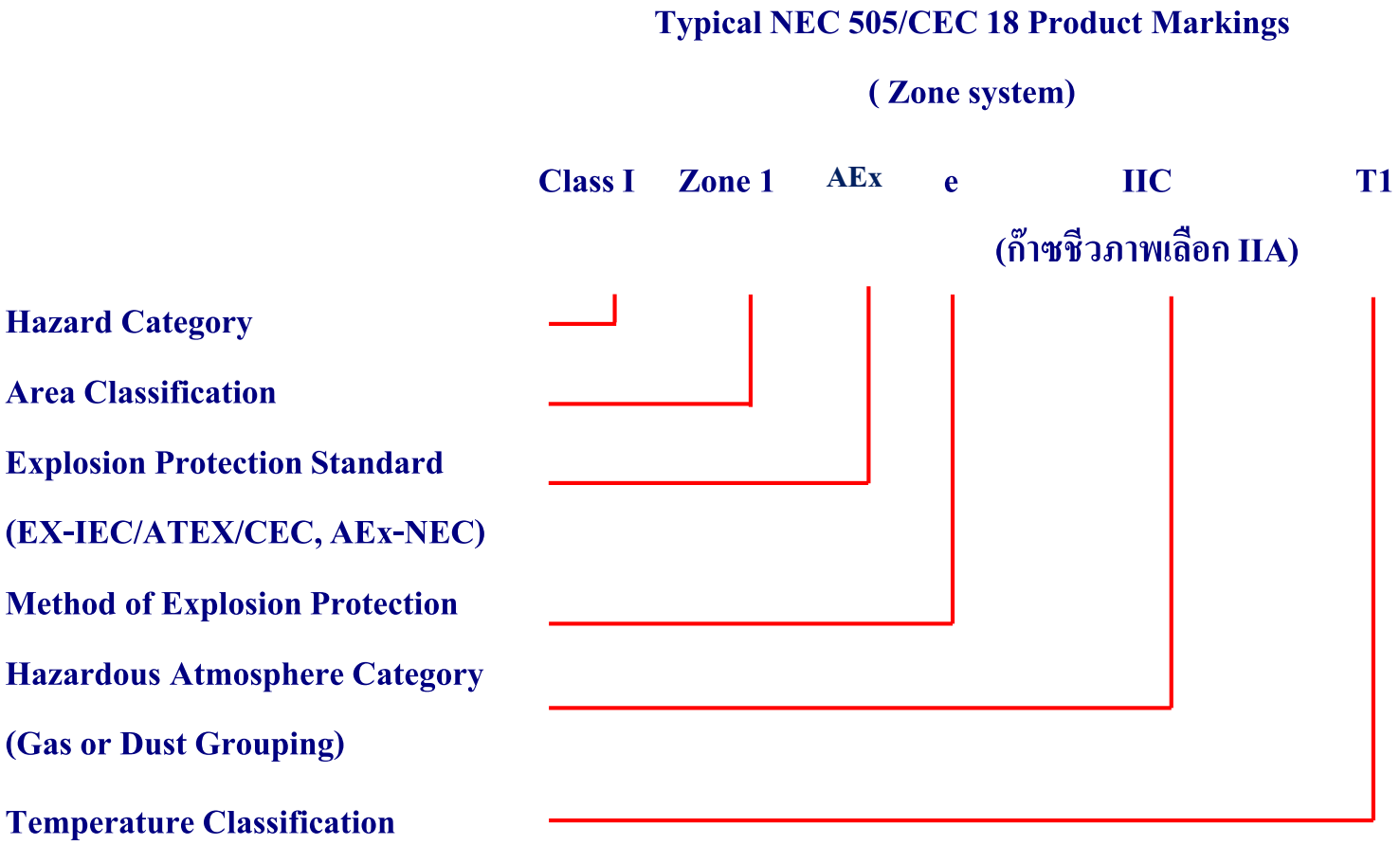
NEC 500(Division system)

Groups A, B, C & D

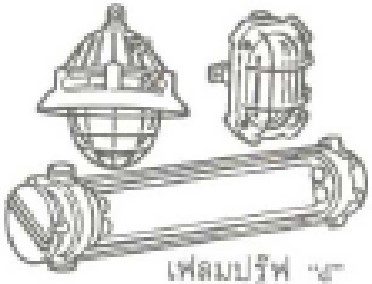
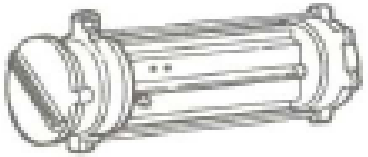
Class I **Division 1** **(ก๊าซชีวภาพเลือก D)** **T1**

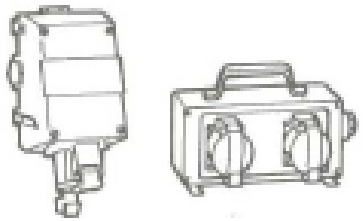
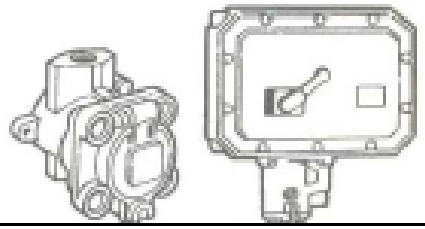
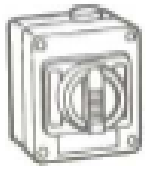
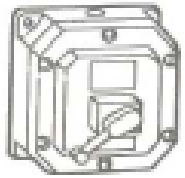


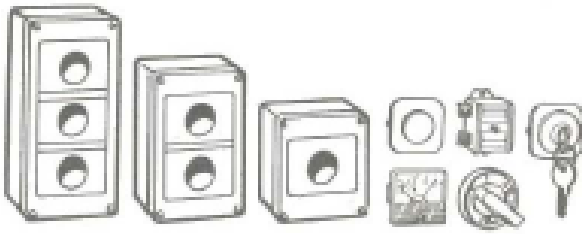
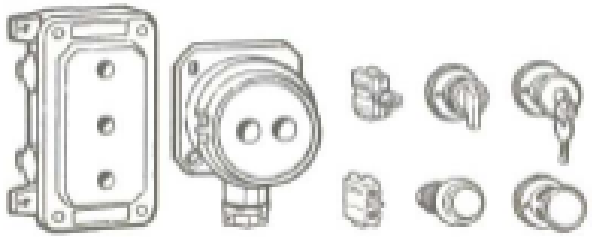
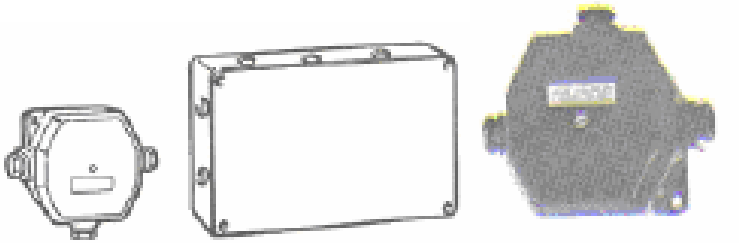
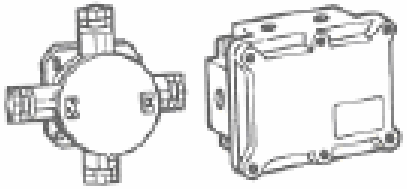
รูปแบบป้ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ป้องกันการระเบิดของมาตรฐานกลุ่มอเมริกาเหนือ

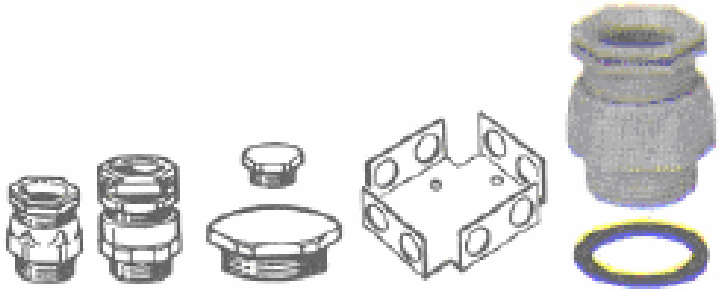
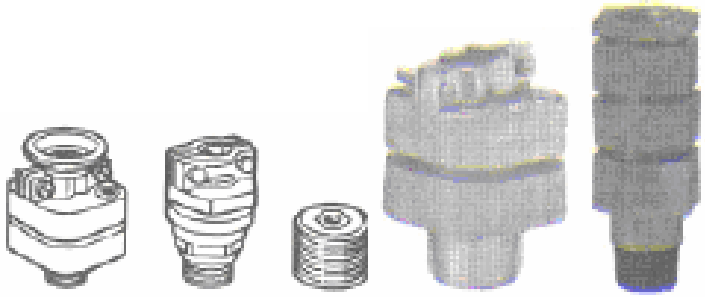


ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าป้องกันการระเบิด

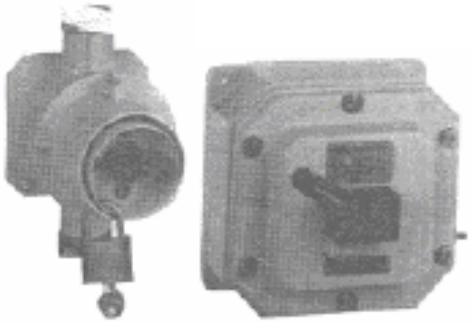
ชนิด	รูป	การป้องกัน	สัญลักษณ์
โคมไฟ		*Increased Safety "e"*	*EEx e*
		*Flameproof "d"*	*EEx d*
		*Flameproof "d"*	*EEx d*

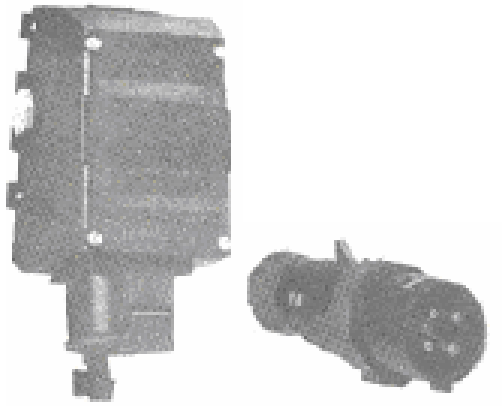
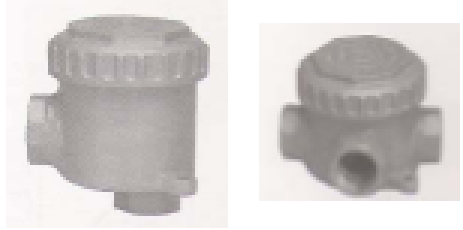
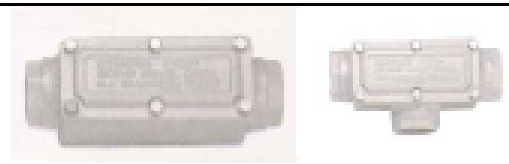
ปลั๊ก สวิตช์		*Intrinsic Safe "i" and Flameproof "d"*	*EEx i* *EEx d*
		*Flameproof "d"*	*EEx d*
		*Increased Safety "e"*	*EEx e*
		*Flameproof "d"*	*EEx d*

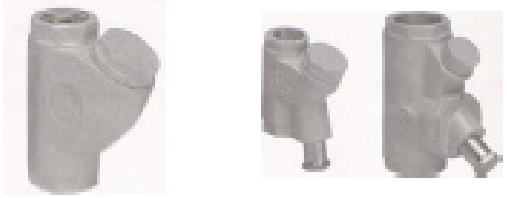
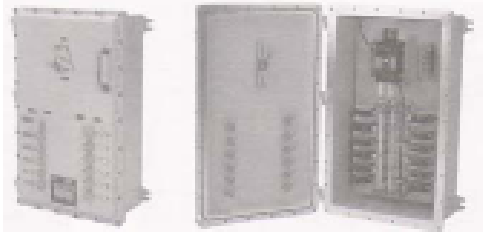
สวิตช์ควบคุม		*Increased Safety "e"*	*EEx e*
		*Flameproof "d"*	*EEx d*
กล่องต่อสาย		*Increased Safety "e"*	*EEx e*
		*Flameproof "d"*	*EEx d*

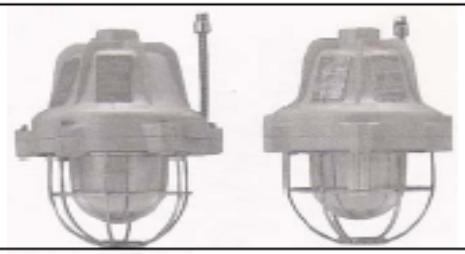
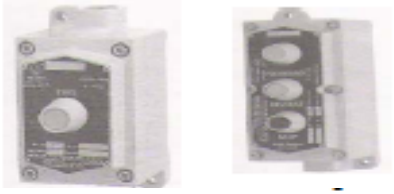
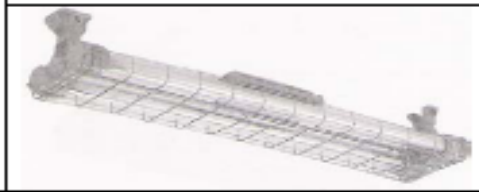
ข้อต่อเข้าหัวเคเบิล		*Increased Safety "e"*	*EEx e*
		*Flameproof "d"*	*EEx d*
Motor Starter		*Flameproof "d"*	*EEx d*

กล้องวงจรปิด		*Increase Safety "e"*	*EEx e*
แผงควบคุม		*Flameproof "d"*	*EEx d*

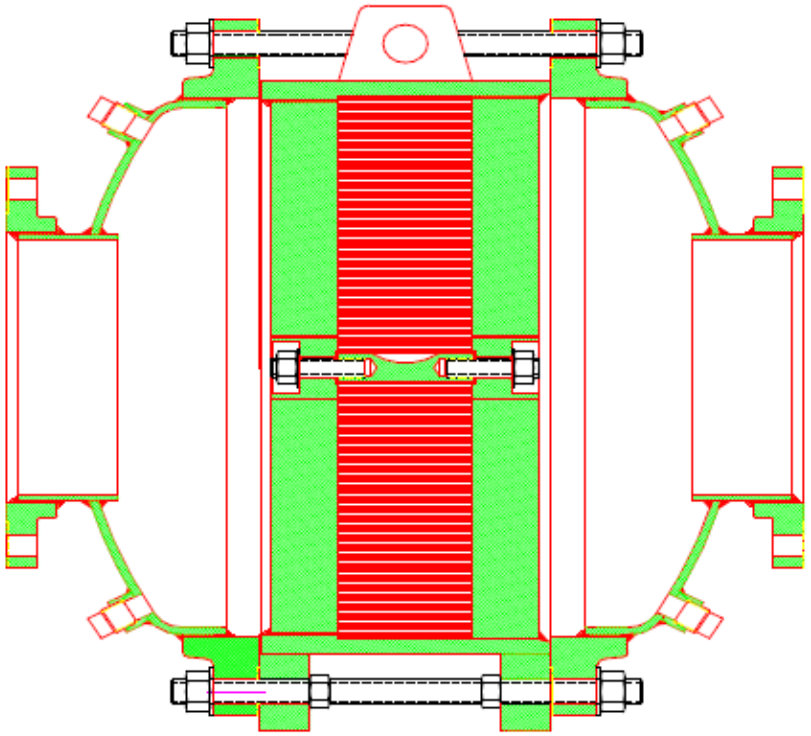
Electronic Siren		*Nonincendive "n"*	*EEx n*
Alarm Siren		*Nonincendive "n"*	*EEx n*
สวิตช์ควบคุม		*Flameproof "d"*	*EEx d*
		Increased Safety "e" Flameproof "d"	*EEx ed*

เต้ารับ เต้าเสียบ		*Flameproof "d"* *Increased Safety "e"*	*EEx d+e*
อุปกรณ์การเดินท่อ 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*

Sealing Fitting		*Flameproof "d" "e"*	*Class I,DivI,DivII, Group C,D*
กล่องสวิตช์		*Flameproof "d" "e"*	*Class I,DivI,DivII,* Group C,D
กล่องเบรกเกอร์		*Flameproof "d" "e"*	*Class I,DivI,DivII, Group C,D*
ตู้เบรกเกอร์		*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*
Junction Box		*Flameproof "d" "e"*	*Class I,DivI,DivII, Group C,D*
โคมไฟฟลูออเรสเซนต์		*Flameproof "d" "e"*	*Class I,DivI,DivII, Group C,D*
		*Flameproof "d" "e"*	*Class I,DivI,DivII, Group C,D*

อุปกรณ์ป้องกันไฟย้อน(Flame Arrester)

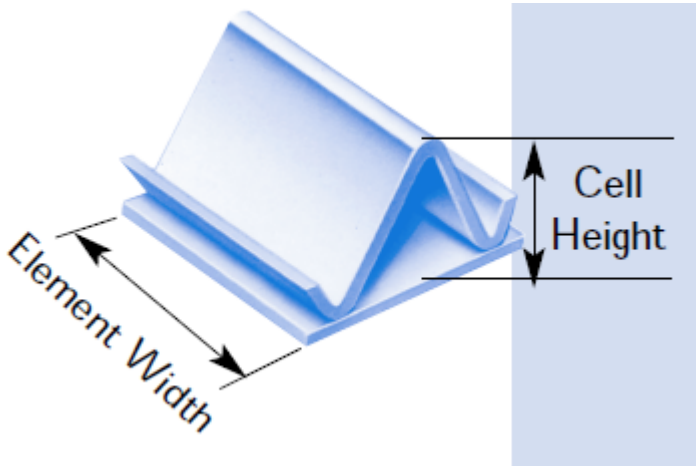


Combination Flame Arresters/Relief Valves

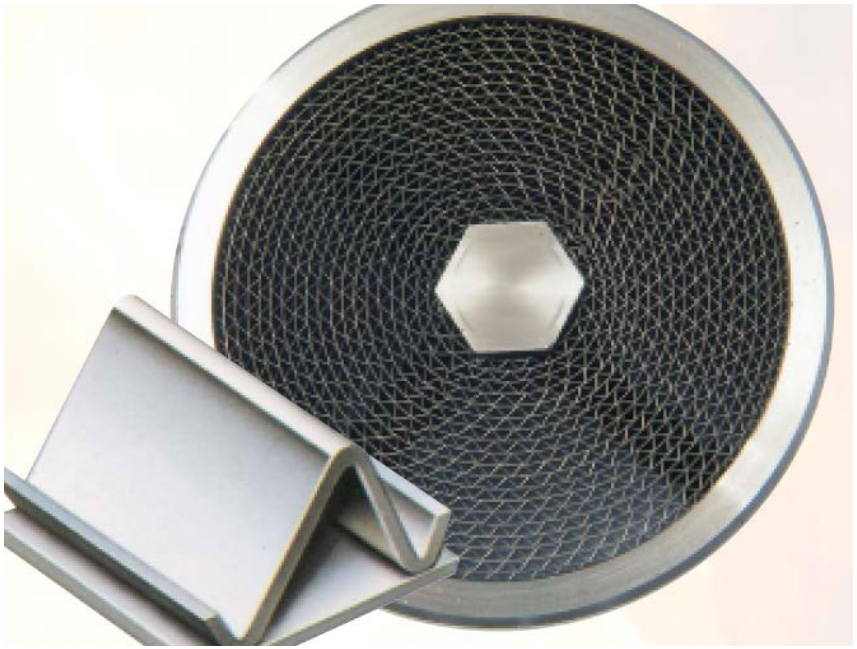
End of pipe

In line

ลักษณะ Element ของ Flame Arrester



MESG for Methane: 1.14 mm



Flame Arrestor Selection Guide

- ประเภทของ FA
- ระยะทางจากจุดกำเนิดแหล่งจุดติดไฟถึง FA
- สารไวไฟ ไอ/ก๊าซ
- อุณหภูมิ และความดัน
- ความดันตกคร่อมที่ FA ที่ยอมรับได้
- สิ่งอุดตัน หรือสิ่งสกปรกที่ FA
- การจัดการเรื่องการทำความสะอาด หรือบำรุงรักษา
- ชนิดวัสดุที่ใช้สร้าง FA
- ความเป็นไปได้ที่มีเปลวไฟชนิด Stabilized burning ที่ Element
- ความเป็นไปได้ที่มีออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูง

ประเภทของ FA มี 3 ประเภท

•an end-of-line deflagration arrester

ติดตั้งที่ปลายท่อระบายในกระบวนการ ที่ถังบรรจุ/เก็บ ถัง/ไวไฟถูกจุดติดไฟ บางทีอาจจะโดยฟ้าผ่าก็ได้ FA จะป้องกันบรรยากาศเข้าไปยังในถัง

• an in-line deflagration arrester

ติดตั้งระหว่างท่อเพื่อป้องกันเปลวไฟวิ่งไปตามท่อ ควรติดตั้งจุดติดไฟมากที่สุดเพื่อรหลีกเลี่ยงการเกิด Detonation เครื่องยนต์ หรือจากปลายท่อระบายที่มีระยะห่างจากปลายท่อ

• a detonation arrester

ติดตั้งระหว่างท่อเพื่อป้องกันการระเบิดของถัง/ภาชนะบรรจุที่แหล่งกำเนิดจุดติดไฟ เช่น พัดลม เครื่องอัดก๊าซ เตาเผา และ

ระยะทางจากจุดกำเนิดแหล่งจุดติดไฟถึง FA

- ความเร็วเปลวไฟสูงขึ้นตามระยะทางจากแหล่งกำเนิดจุด ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยง Detonation ควรติดตั้ง FA ใกล้
- ระยะทางมากสุดที่จะทำให้เปลี่ยนจาก Deflagration เป็น จากผลการทดสอบ ถ้าระยะติดตั้งมากกว่าระยะอันตรายนี้ หยุดเปลวไฟ หรือความดันที่สูงขึ้นอย่างมากนี้ได้

(ทั่วๆ ไปเมื่อ L/D > 50)

- ข้องอ สิ่งกีดขวาง และความขรุขระของท่อ ส่งเสริมให้เกิดความเร็วของเปลวไฟ การเพิ่มขึ้นของความเร็วนี้ทำนายได้ FA ป้องกันได้เฉพาะเปลวไฟที่มีความเร็วต่ำกว่าเสียง และถ้าไม่มั่นใจว่าตำแหน่งดังกล่าวจะเป็น Deflagration หรือ Detonation FA

ความดันตกคร่อม FA

ความดันตกคร่อม FA มากเกินไปส่งผลต่ออัตราการไหล กระทบต่อระบบ เช่น การควบคุม การใช้งาน เป็นต้น การลดความต้านทานอาจ เลือกชนิดของ Element ให้เหมาะสม หรือการขยายขนาดตัวเรือนของ FA ให้ใหญ่ขึ้นก็สามารถช่วยได้ อย่างไรก็ตามถ้าขยายมากเกินไปอาจส่งเสริมต่อการเกิด Turbulence และการเร่งของความเร็วเปลวไฟได้เหมือนกัน

สิ่งอุดตัน และสิ่งสกปรกที่ FA

- สารไวไฟที่เกิด **Polymerise** ได้ หรือต้องการความร้อนเพื่อทำให้ตัวมันเองอยู่ในสภาวะที่เป็นไอได้ อาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดของแข็งอุดตันที่ **FA** ได้ การเลือกใช้ **FA** อาจจะไม่เหมาะกับสารประเภทนี้ การใช้ก๊าซเฉื่อยเพื่อ หรือเลือกวิธีการกดไม่ให้เกิดการระเบิดอาจจะเหมาะสมกว่า
- การอุดตันอาจจะเกิดจากการควบแน่น และมีเศษฝุ่น/ผงต่างๆ สิ่งสกปรกรวมตัวกันเกาะที่ **FA** ได้ การระบายคอนเดนเสทที่เหมาะสมจึงจำเป็น หรือการใช้กำบังฝน และฝุ่นละอองต่างๆ ก็อาจจะจำเป็น
- ใช้การบันทึกความดันตกคร่อมเป็นวิธีการตรวจสอบ

กลุ่มของสารไวไฟ

- มี 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม I, IIA, IIB, IIC

อุณหภูมิ และความดัน

- ลักษณะเฉพาะของ FA ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันใช้งาน การเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิและความดันใช้งานทำใช้การทำงานของ FA ล้มเหลวได้ เช่น อยู่ใกล้เปลวของหัวเผา
- ข้องอ และสิ่งกีดขวางต่างๆ ด้านปลายทางของ FA มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความดันที่ FA และลดประสิทธิผลการทำงาน

Stabilized burning

- เปลวไฟที่ยังไม่ดับ และยังลุกไหม้อย่างต่อเนื่องที่ Element ที่ element จนไม่สามารถป้องกันเปลวไฟย้อนไปยังอีกด้าน
- ถ้าอาจมีกรณีของ stabilized burning เกิดขึ้นได้ควรมีอุณหภูมิเพื่อใช้เตือนในระบบ Alarm เพื่อใช้สั่งตัด (ปิด)
- ด้วยเหตุผลของการควบคุม(Operational reasons) ซึ่งหรือหยุดการทำงานของระบบได้ มี FA บางรุ่นให้เลือกใช้เปลวไฟตั่งแต่ ต่ำสุดจนถึง 2 ชั่วโมง หรืออาจจะต้องเลือกใช้เปลวด้วยการฉีดไอน้ำที่ช่องทางขาเข้าของ FA ก็ได้

ออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูง (Oxygen enrichment)

ก๊าซ/ไอที่ผสมกับออกซิเจน หรืออากาศที่ทำให้มีออกซิเจนสูงๆ จะ ง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยา และง่ายต่อการเกิด Detonation ดังนั้น จำเป็นต้องพิจารณาด้วยในการเลือกและกำหนด FA

การทำความสะอาด และบำรุงรักษา

ตำแหน่งการติดตั้งต้องคำนึงถึงการเข้าถึงได้ง่ายเพื่อ การทำความ สะอาด และการบำรุงรักษา **FA** บางรุ่นออกแบบให้ง่ายต่อถอด ประกอบ และการบำรุงรักษา

วัสดุที่ใช้ในการผลิต FA

วัสดุที่ใช้ผลิต **Element** มีหลายชนิด ต้องเลือกชนิดของวัสดุที่ใช้งาน ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน สิ่งแวดล้อม เพื่อลดการกัดกร่อน การอุดตัน และ ความเสียหายจากสาเหตุต่างๆ

ตัวอย่างการเลือกใช้ FA ของบริษัทหนึ่ง

NEC Group "D" or IEC Group IIA Gases				
Parameters	**End-of-Line FVFA & SVFA**	**In-Line (Standard) S7 HP & IL**	**In-Line HP Deflag. S8**	**Detonation Arrestor DFA**
Length of pipe between the arrestor and the ignition source without bends	(Mounted on end of pipe)	20 feet (6 meters)	60 feet (18 meters)	Unlimited
Length of pipe between the arrestor and the ignition source with one 90° bend	(Mounted on end of pipe)	20 feet (6 meters)	60 feet (18 meters)	Unlimited
Length of pipe between the arrestor and the ignition source with multiple bends	(Mounted on end of pipe)	Not recommended with multiple bends	Not recommended with multiple bends	Unlimited
Flame stabilization at stoichiometric mixture and ambient temperature not to exceed 140°F (60°C) *	5 minutes (minimum)	5 minutes (minimum) 30 minutes (Factory Mutual Approved units)	15 minutes (minimum)	2 hours (concentric)
Operating Pressure	Atmospheric	15.4 psia (106 kPa)	19.7 psia (134 kPa)	Conc. 3"-12" (22.7 psia) (75-300mm) 157 kPa Conc. 2", 14"-20" (20.7 psia) (50, 350-500mm) 143 kPa