Dispositivo Corta-Chamas (“Flame Arresters”)
Requisitos de seleção, desempenho, certificação, especificação e limites de aplicação em indústrias químicas e de Óleo&Gás

1. Introdução

O uso do dispositivo corta-chamas (“flame arresters”) à entrada de equipamentos, como tanques de armazenamento, e no interior de tubulações ou dutos, é o meio seguro utilizado para prevenir o risco de transmissão ou a passagem da frente de chamas, provenientes da combustão de misturas explosivas de gás-ar ou vapor-ar.

A norma, mais utilizada nas indústrias de petróleo e petroquímica, que especifica os requisitos de classificação, construção, certificação e testes de dispositivos corta chamas é a ISO 16852-*Flame arresters - Performance requirements, test methods and limits for use*, que tem versão em português conforme ABNT NBR ISO 16852 - Corta-chamas - Requisitos de desempenho, métodos de ensaio e limites de aplicação.

2. Referências normativas

As principais normas de projeto, fabricação e testes de certificação de corta-chamas são as seguintes:

- **International Standard ISO 16852**

Flame arresters - Performance requirements, test methods and limits for use

- **ABNT NBR ISO 16852**

Corta-chamas - Requisitos de desempenho, métodos de ensaio e limites de aplicação.

Nota: Esta Norma especifica os requisitos para os corta-chamas que impedem a transmissão da chama quando misturas explosivas de ar-gás ou vapor-ar estão presentes. Estabelece os princípios ítens para a classificação, construção básica e informações para uso, incluindo a marcação dos corta-chamas, e especifica os métodos de ensaio para verificar os requisitos de segurança e determinar os limites seguros para uso.

Esta Norma é válida para intervalos de pressão de 80 kPa a 160 kPa e temperaturas com intervalos de -20 °C a +150 °C.

Para projetar e testar os corta-chamas para a operação sob condições diferentes das condições especificadas acima, esta Norma pode ser usada como um guia. Entretanto, ensaio adicional relacionado especificamente às condições pretendidas de uso é recomendado. Isto é extremamente importante quando altas temperaturas e pressões são aplicadas. As misturas de ensaio podem precisar ser modificadas nestes casos.

- **IEC International Electrotechnical Commission International Standard 79-1**

Electrical apparatus for explosive atmospheres – Construction & Verification test of flameproof enclosures of electrical apparatus

- **IEC International Electrotechnical Commission International Standard 60079-1-1**

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Part 1-1: Flameproof enclosures "d" –
Method of test for ascertainment of maximum experimental safe gap

- **ABNT NBR IEC 60079-1**

Atmosferas explosivas Parte 1: Proteção de equipamento por invólucro à prova de explosão “d”

- **EN European Standard 12874**

Flame arresters – Performance requirements, test methods and limits

Nota: Em 2011, a Norma ISO 16852 foi assumida como Norma européia EN ISO 16852:2010-Flame arresters - Performance requirements, test methods and limits for use. Assim sendo, ela substitui a EN 12874 com o mesmo titulo, que fica descontinuada. A substituição não resulta de razões técnicas de segurança, mas sim da ampliação da abrangência de validade da norma para além da Europa.

- **IMO - International Maritime Organization MSC/Circ.677**

Revised Standards for the Design, Testing and Locating of Devices to Prevent the Passage of Flame into Cargo Tanks in Tankers

- **NFPA-National Fire Protection Association 67**

Guide on Explosion Protection for Gaseous Mixtures in Pipe Systems

- **NFPA-National Fire Protection Association 69**

Standard on Explosion Prevention Systems

- **NFPA- National Fire Protection Association 497**

Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas

- **UL - Underwriters Laboratories 525**

Standard for Flame Arresters

- **API Std 620**

Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks

- **API Std 650**

Welded tanks for oil storage

- **API Std 2000**

Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks

- **BS CEN/TR 16793**

Guide for the selection, application and use of flame arresters

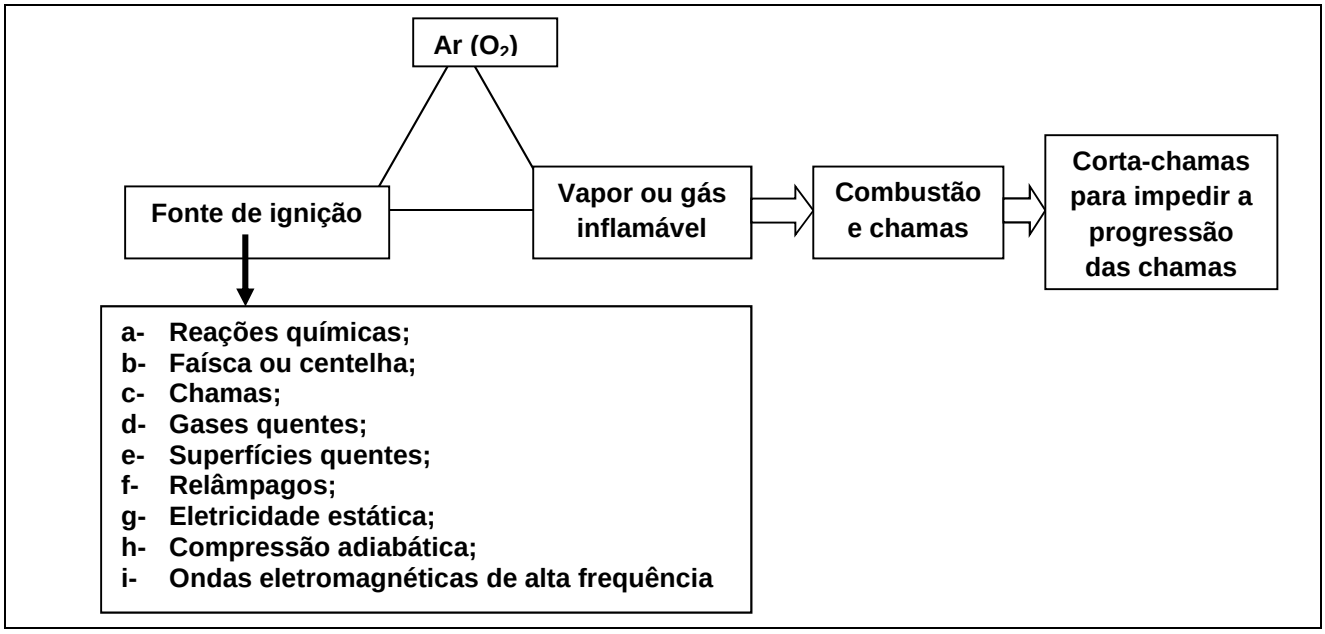
- **Normas Petrobras**

http://sites.petrobras.com.br/CanalFornecedor/portugues/requisitocontratacao/requisito_normastecnicas.asp

3. Definições conforme norma ABNT NBR ISO 16852

- **Combustão**

  Compostos químicos orgânicos *combustíveis*, como os gases de gasolina e outros hidrocarbonetos, são susceptíveis à combustão em contato com uma substância *comburente* (oxigênio da atmosfera), necessitando apenas de uma energia de ativação, também conhecida como *temperatura de ignição*. Esta energia para inflamar o combustível pode ser fornecida através de uma faísca ou de uma chama. Após iniciada a reação química de oxidação, também denominada de combustão ou queima, que é uma reação exotérmica, o calor desprendido pela reação mantém o processo em marcha, liberando chamas, calor e luz.



Quando a combustão é em ambiente confinado ocorre a explosão.
Três componentes, simultâneos, são necessários para a ocorrência de uma explosão, conforme visualizados no triângulo de fogo: ar (oxidante), combustível (gás ou vapor inflamável) e temperatura da fonte de ignição (centelha, superfície quente, fogo, etc.).

Uma forma de proteger equipamentos, tubulações e dutos, para evitar que as chamas se propaguem para o interior deles e leve à explosão, é o uso dos corta-chamas.

- **Mistura explosiva**
  O combustível misturado com ar na porção adequada (acima de LMiE-Limite Mínimo de Explosividade e abaixo de LMaE-Limite Máximo de Explosividade) é chamado de atmosfera explosiva.
- **Combustão estável -** combustão de chama estabilizada no elemento corta-chamas ou próxima dele.
- **Combustão contínua *endurance burning* -** combustão com chama estabilizada por um tempo ilimitado.
- **Combustão de curta duração *short burning*-** combustão com chama estabilizada por um tempo limitado.
- **Condições atmosféricas -** condições com pressões variando de 80 kPa (0,790 atm) a 110 kPa (1,086 atm) e temperatura variando de -20°C a + 60°C.
- **Corta-chamas -** corta chamas são dispositivos de segurança instalados à entrada de equipamentos ou conectados em sistema de tubulações ou dutos, com o objetivo de prevenir a transmissão ou passagem de chama, quando misturas explosivas de ar-gás ou vapor-ar estão presentes, sem bloquear o fluxo interno.
- **Corpo** (*housing)* - parte de um corta-chamas cuja principal função é fornecer um alojamento apropriado para o elemento do corta-chamas e permitir conexões mecânicas a outros sistemas
- **Elemento de um corta-chamas -** é a parte interna de um corta-chamas, também conhecida como colmeia, e a função principal é evitar transmissão ou passagem da chama.
- **Corta-chamas unidirecional** - corta-chamas que impede a transmissão da chama em apenas um sentido.
- **Corta-chamas bidirecionais -** corta-chamas que evita a transmissão da chama nos dois sentidos.
- **Corta-chamas dinâmico ou Válvula de respiro de alta velocidade -** válvula de alívio de pressão projetada para ter velocidades de fluxo nominal que excedem a velocidade da chama da mistura explosiva, prevenindo assim a transmissão da chama.
- **Corta-chamas estático -** corta-chamas projetado para prevenir a transmissão da chama por perda de calor.
- **Corta-chamas de fim-de-linha -** corta-chamas instalado em um tubo ou em válvula de alívio com a saída livre para a atmosfera.
- **Corta-chamas de fim-de-linha à prova de combustão -** corta-chamas instalado em um tubo ou em válvula de alívio com a saída livre para a atmosfera e resistente a fogo sobre o elemento, podendo ser de chama contínua ou de curta duração.
- **Corta-chamas em-linha -** corta-chamas instalado entre dois trechos de tubos, um em cada lado do corta-chamas.
- **Corta-chamas hidráulico -** corta-chamas projetado para interromper o fluxo de uma mistura explosiva, selando com uma coluna de água e impedindo a transmissão da chama.
- **Corta-chamas à prova de detonação por produto líquido -** corta-chamas no qual um produto líquido é usado para formar um selo líquido, como elemento corta-chamas, e prevenir a transmissão da chama de uma detonação.

  Nota: Há dois tipos de corta-chamas à prova de detonação por produto líquido para uso em tubulações de produto líquido: corta-chamas por selo líquido e corta-chamas por selo líquido com válvula de retenção (foot valve).

- **Corta-chamas à prova de detonação por selo líquido -** corta-chamas projetado para usar um produto líquido e formar uma barreira prevenindo a transmissão da chama
- **Corta-chamas à prova de detonação por selo líquido com válvula de retenção (foot valve) - c**orta-chamas projetado para usar produto líquido, combinado com uma válvula de retenção, para formar uma barreira prevenindo a transmissão da chama.
- **Corta-chamas à prova de combustão contínua -** corta-chamas que previne a transmissão da chama durante e após a combustão contínua.
- **Corta-chamas à prova de combustão de curta duração -** corta-chamas que previne a transmissão da chama durante e após a combustão de curta duração.
- **Corta- chamas à prova de deflagração *deflagration flame arrester* (DEF) -** corta-chamas projetado para prevenir a transmissão de uma deflagração.
  Nota: Pode ser um corta-chamas de fim-de-linha ou um corta-chamas em-linha.
- **Corta-chamas à prova de deflagração confinada de pré-volume *pre-volume deflagration* -** corta-chamas que, após a explosão causada por deflagração confinada dentro de um equipamento, resistente à pressão da explosão, impede a transmissão de chama para o exterior ou para tubulação ou equipamento conectado.
  Nota: A resistência à pressão de explosão é característica de equipamentos projetados para suportar a pressão interna resultante de explosão, sem se tornarem deformados permanentemente.
- **Corta-chamas à prova de detonação *detonation flame arrester* -** corta-chamas projetado para prevenir a transmissão de uma detonação.
  Nota: Pode ser um corta-chamas de fim-de-linha ou um corta-chamas em-linha e pode ser para detonações estáveis e instáveis.
- **Deflagração -** é a explosão em que a frente de chama do meio em combustão avança em velocidade muito rápida, porém inferior a do som no ar, ou seja, se propaga em velocidade subsônica.
- **Detonação -** é a explosão em que a frente de chama do meio em combustão avança em velocidade acima do som no ar, ou seja, se propaga em velocidade supersônica, e é caracterizada por uma onda de choque.
- **Detonação estável -** é a detonação que avança através de um sistema confinado sem variação no tempo da velocidade de combustão e da pressão da onda de choque, ou seja, sem variação significativa das características de velocidade e pressão.
- **Detonação instável -** é a transição de um processo de combustão de deflagração para detonação estável.
  Uma detonação instável apresenta um maior nível de perigo do que uma detonação estável devido as maiores velocidades de chama e de pressões.
  Nota: A transição ocorre em uma zona espacial limitada, onde a velocidade da combustão não é constante e onde a pressão da onda de choque é significativamente maior que de uma detonação estável. A posição desta zona de transição depende, entre outros fatores, do diâmetro e configuração do tubo, gás e grupo de explosividade.
- **Explosão -** oxidação abrupta ou reação de decomposição produzindo um aumento expressivo na temperatura, na pressão ou em ambas, simultaneamente.
- **Grupo de explosividade -** classificação ou ranking de misturas combustíveis de gás-ar ou vapor-ar inflamáveis com relação ao MESG.

Grupo de explosividade	IIA – exemplos: Hidrocarbonetos, Gasolina, GLP, propano, GN IIB – exemplo: Óxido de Etileno IIB1 – exemplo: Álcool Etílico IIB2 – exemplo: Nitropropano IIB3 – exemplo: Etileno IIC – exemplos: Hidrogênio, Acetileno Origem: Explosion group Ex.G ranking of flammable gas-air mixtures with respect to the MESG per IEC 60079-1, Explosive atmospheres — Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures “d”

- **Lado protegido -** lado do componente da instalação a ser protegido por corta-chamas.

- **Lado desprotegido -** lado do componente da instalação contendo a fonte de ignição, sem corta-chamas.
- **Limite inferior de explosividade LIE -** menor concentração de gás ou vapor inflamável e de pó combustível misturado no ar que abaixo dela não há explosão
- **Limite superior de explosividade LSE -** maior concentração de gás ou vapor inflamável e de pó combustível misturado no ar que acima dela não há explosão

  Nota Abaixo do LIE, a mistura é considerada "pobre" para se inflamar ou explodir. Acima do LSE, a mistura é considerada "rica" para se inflamar ou explodir.
- **MESG maximum experimental safe gap** é o espaçamento experimental máximo seguro medido de acordo com a norma IEC 60079-20-1: 2010, que impede a passagem da chama de um determinado combustível.
  Também se utiliza a NFPA 497- *Explosion Vapor Group* com o mesmo objetivo.
- **Sensor de temperatura integrado -** sensor de temperatura integrado ao corta-chamas, quando especificado pelo fabricante ou usuário do corta-chamas, para fornecer um sinal indicativo de aumento de temperatura devido à presença da chama.
- **Resistência mecânica de explosão -** propriedade dos vasos e equipamentos projetados para resistir à pressão esperada de explosão, sem apresentar deformação permanente.
- **Resistência mecânica à pressão de explosão -** propriedade dos vasos e equipamentos projetados para resistir à pressão esperada de explosão, sem ruptura, mas permitindo deformação permanente.
- **Tubulação desprotegida -** tubulação à montante do corta chamas, no sentido do fluxo do fluido.
- **Tubulação protegida -** tubulação à jusante do corta-chamas, no sentido do fluxo do fluido.

4. Tipos de combustão que ocorrem em corta-chamas

Basicamente, a função do corta-chamas é impedir que a chama resultante da combustão de uma mistura inflamável se propague através dele.
Assim, para cada tipo de combustão há o corta-chamas mais conveniente a ser aplicado.

Os tipos de combustão são os seguintes:

- Deflagração atmosférica: caso de combustão gerada por uma descarga elétrica;
- Deflagração confinada;
- Detonação estável;
- Detonação instável;
- Combustão de curta duração;
- Combustão contínua.

4.1. Deflagração atmosférica ou fim-de-linha

A ignição de uma mistura explosiva inicia uma deflagração, que pode ser atmosférica ou confinada.
Na deflagração atmosférica a fonte da chama é externa, normalmente provocada por uma descarga atmosférica, por exemplo, raios sobre um tanque de armazenamento.
Um corta-chamas testado somente para este risco é classificado como corta-chamas à prova de deflagração atmosférica.

4.2.1. Deflagração confinada ou em-linha

Na deflagração confinada a fonte da chama é no interior de um tubo ou duto e acontece na condição de L/D < 27 (L-comprimento do trecho percorrido pela chama a partir da fonte de ignição até o corta-chamas e D- diâmetro do tubo).
A deflagração confinada acontece em tubulações ou dutos, em que a chama se propaga em alta velocidade, mas subsônica, ou seja, abaixo de velocidade do som no ar.

Nota: Velocidade de chama é a velocidade com que a frente da chama se desloca através da mistura ar combustível, inflamando a região ainda não queimada.

Na deflagração confinada, o valor da pressão máxima alcançada, para a maioria das substâncias combustíveis, equivale a seis a dez vezes a pressão absoluta na ocasião da ignição e após o corta-chamas a pressão cai para próxima da atmosférica.
Um corta-chamas testado somente para este risco é classificado como corta-chamas à prova de deflagração confinada.

Tabela - Velocidade do som no ar

Temperatura °C	Velocidade m/s	Velocidade km/h	Massa específica kg/m³
-10	325,4	1.171,4	1.341
-5	328,5	1.182,6	1.316
0	331,5	1.193,4	1.293
+5	334,5	1.247	1.269
+10	337,5	1.215,0	1.247
+15	340,5	1225,8	1.225
+20	343,4	1.237,0	1.204
+25	346,3	1.246,7	1.184
+30	349,2	1.245	1.164

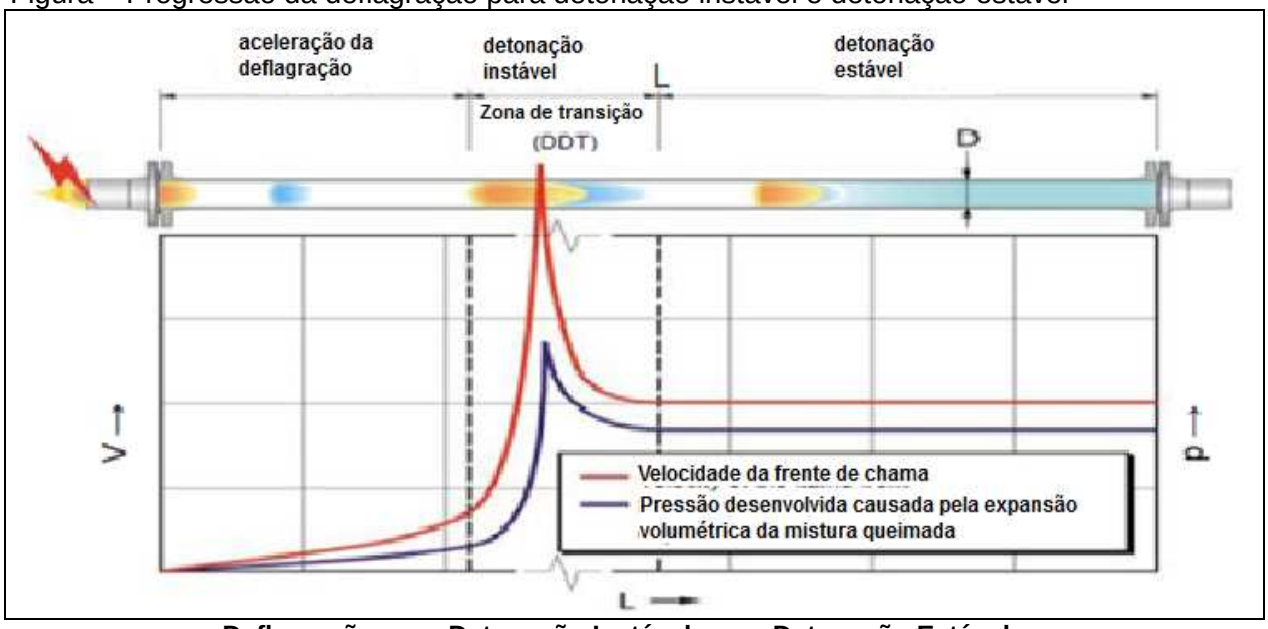
4.2.2. Deflagração confinada de pré-volume
É a deflagração confinada que acontece dentro de um equipamento, resistente à pressão da explosão.

4.3. Detonação
A detonação pode ser estável ou instável.
Uma deflagração quando confinada em uma tubulação, pode acelerar e sofrer uma transição para a detonação instável e em seguida para a detonação estável, desde que haja comprimento suficiente de tubulação.
Este comprimento de tubulação pode variar, dependendo das condições iniciais da mistura e da configuração desta tubulação.
Na detonação a fonte da chama é no interior de um tubo ou duto e acontece na condição de L/D ≥ 27 (L-comprimento do trecho percorrido pela chama a partir da fonte de ignição até o corta-chamas e D- diâmetro do tubo).
Na detonação a velocidade de propagação da chama e a pressão são muito elevadas, sendo a velocidade supersônica, 5 a 6 vezes acima da velocidade do som no ar (nas condições atmosféricas a velocidade típica é entre 1600 e 2200 m/s), e o impacto da onda de pressão é da ordem de mais de 80 vezes a pressão inicial.

4.3.1. Detonação estável
A detonação é estável enquanto em progresso através de um sistema confinado, sem variação significante de velocidade e pressão características.
O corta-chamas testado para o risco de detonação estável é classificado como corta-chamas à prova de detonação estável e é apropriado para deflagração confinada e detonação estável.

4.3.2. Detonação instável
A detonação é instável durante a transição do processo de combustão desde a deflagração até detonação estável.
A transição ocorre em um espaço limitado, no qual a velocidade da frente de chama não é constante e onde a pressão da explosão é significantemente maior do que na zona de detonação estável.
A posição desta zona de transição depende entre outros da pressão e da temperatura da mistura gasosa, do diâmetro do tubo, da configuração da tubulação, do gás e do grupo de explosividade e deve ser predeterminada experimentalmente, em cada caso.
As detonações instáveis são uma condição de risco específico, que exige um corta-chamas de desempenho superior ao corta-chamas a prova de detonações estáveis.
O corta-chamas testado para o risco de detonação instável é classificado como corta-chamas à prova de detonação instável e é apropriado para deflagração confinada, detonação estável e detonação instável.

Figura – Progressão da deflagração para detonação instável e detonação estável



Deflagração – Detonação Instável – Detonação Estável

L = distância à fonte da ignição
D= diâmetro do tubo ou duto
v= velocidade da frente de chama
p= pressão interna
DDT= zona de transição da deflagração para detonação

4.4. Combustão de curta duração e combustão contínua

4.4.1. Efeito do tempo de duração da combustão

A combustão estável, isto é, quando a chama permanece estabilizada sobre o elemento do corta-chamas, cria riscos diferentes, a depender do fluxo da mistura em combustão ser ou não contínuo.
A combustão pode ser de curta duração, quando o fogo é rapidamente dominado (máximo até 30 minutos) e é contínua, quando o combate ao fogo é demorado (acima de 30 minutos).
A situação de combustão de curta duração ou contínua pode ocorrer na deflagração atmosférica, na deflagração confinada e na detonação estável ou instável.

4.4.2. Combustão de curta duração

Se o fluxo da mistura inflamável pode ser interrompido no tempo máximo de 30 min, os corta-chamas, que previnem a transmissão da chama durante este período, são classificados como seguros se testados para combustão de curta duração.

Nota: Desvio do fluxo, diluição suficiente ou inertização são medidas equivalentes à interrupção do fluxo da mistura inflamável.

O corta-chamas testado para este risco é classificado como corta-chamas à prova de combustão de curta duração. Os corta-chamas à prova de combustão de curta duração devem ser equipados com um ou mais sensores de temperatura integrados, considerando-se a orientação pretendida do corta-chamas.

4.4.3. Combustão contínua

Se o fluxo da mistura inflamável não pode ser interrompido, ou por razões operacionais não se espera que seja interrompido, em até 30 min, os corta-chamas, que impedem a transmissão da chama nesta condição, são classificados como seguros se testados para combustão contínua.
O corta-chamas testado para este risco é classificado como corta-chamas à prova de combustão contínua.

5. Grupos de Explosividade e MESG

Vapores e gases de combustíveis de composições químicas diferentes têm distintas capacidades de combustão e propagação de chama.
Uma forma de distingui-los é classificar em grupos de explosividade correspondentes ao seu nível de risco.

O critério utilizado para isso é uma propriedade que se intitula de MESG - *Maximum Experimental Safe Gap*, que é um valor característico medido em laboratório, que corresponde à capacidade de propagação da chama da mistura combustível e ar.
Assim, os combustíveis são classificados, considerando os aspectos de segurança, em Grupos de Explosividade por meio de um número, o MESG - Máximo Espaçamento Experimental Seguro, que corresponde ao máximo espaçamento, determinado experimentalmente em ensaio de laboratório, que uma mistura de combustível mais ar, em chamas, não consegue ultrapassar.
A norma internacional ISO 16852 ou NBR ISO 16852 classifica os seguintes grupos de explosividade em função do MESG.

Tabela - Grupos de Explosividade e MESG correspondente

Grupo de explosividade	**MESG - Máximo Espaçamento Experimental Seguro (mm)**
IIA1	≥ 1,14
IIA	≥ 0,90
IIB1	≥ 0,85
IIB2	≥ 0,75
IIB3	≥ 0,65
IIB	≥ 0,5
IIC	< 0,5

Para a seleção do corta-chamas, além do tipo de combustão (deflagração ou detonação), é necessário conhecer o grupo de explosividade do combustível, para especificar o MESG – Máximo Espaçamento Experimental Seguro *Maximum Experimental Safety Gap*, que é a abertura entre os elementos da colmeia de chapas internas no corta-chamas, que garante que a chama não ultrapassa o elemento do corta-chamas.
O elemento interno do corta chama deve ter espaçamento ou abertura *gap* menor do que o MESG requerido pelo vapor ou gás combustível.
Ver no anexo as tabelas contidas nas Normas NFPA 497 e IEC 60079-1-1 com a classificação de substâncias em grupos de explosão e o MESG correspondente.

Tabela - Exemplos de Grupo de explosividade e MESG de alguns fluidos conforme as normas NFPA 497 e IEC 60079-1-1

Combustível	**Grupo de explosividade**	**MESG Maximum Experimental Safe Gap (NFPA 497)**	**MESG Maximum Experimental Safe Gap (IEC 60079-1-1)**
Metano	IIA	1,12 mm	1,14 mm
Etano	IIA	0,91 mm	0,91 mm
Propano	IIA	0,97 mm	0,92 mm
Butano	IIA	1,07 mm	0,98 mm
Gasolina GLP GN	IIA	---	---
Eteno ou Etileno	IIB3	0,65 mm	0,65 mm
Óxido de Etileno	IIB	0,59 mm	0,59 mm
Nitropropano	IIB2	0,84 mm	---
Álcool Etílico	IIB1	0,89 mm	---
Etanol	IIB1	0,89 mm	0,89 mm
Acetileno	IIC	0,25 mm	0,37 mm
Hidrogênio	IIC	0,28 mm	0,29 mm

Um corta-chamas de elemento interno com abertura que satisfaça ao MESG de determinado fluido testado pode ser utilizado para todos os outros fluidos com MESG superior.

6. Informações sobre corta-chamas

6.1. Tipos de corta-chamas

A depender da solução tecnológica para prevenir a transmissão da chama há os seguintes tipos de corta-chamas aplicáveis.

- Corta-chamas estático: o elemento de proteção contra chama é constituído de internos com abertura própria para a extinção das chamas da mistura de determinado combustível com ar.
- Corta-chamas de produto líquido: previne a transmissão de chama através de barreira formada por produto líquido.
- Corta-chamas hidráulico: previne a transmissão de chama através de barreira formada por água.
- Corta-chamas dinâmico ou válvula de alívio de pressão de alta velocidade: neste a velocidade nominal de fluxo na saída excede a velocidade da chama, evitando assim a transmissão da chama.

Tabela - Tipos de corta-chamas

Tipos de corta-chamas	Observação	Princípio de proteção
Corta-chamas estático	Tipo mensurável; elemento do corta-chama com espaçamentos (*gap*) de extinção de chama que podem ser desenhados, medidos e controlados. Tipo não mensurável; Elemento do corta-chama com espaçamentos (*gap*) de extinção de chama que não podem ser desenhados, medidos ou controlados	Extinção de chama
Corta-chama à prova de detonação por produto liquido	Corta-chama por selo líquido; Corta-chama por selo líquidocomválvula de retenção (*footvalve*);	Evitar a transmissão de chama por uma barreira formada pelo produto líquido
Corta-chamas hidráulico		Evitar a transmissão de chama por uma barreira formada por água
Corta-chamas dinâmico	Válvula de alívio de pressão de alta velocidade	A velocidade nominal de fluxo na saída da válvula é maior que a velocidade de propagação de chama

Destes tipos os mais utilizados em instalações industriais de processamento de óleo&gás são os corta-chamas do tipo estático e, por isso, são os abordados com mais detalhes neste trabalho.

6.2. Limites de uso de corta-chamas

Os limites de operação da mistura gás-ar ou vapor-ar para a aplicação de corta-chamas são:

- Pressão: corta-chamas testado com sucesso na pressão antes da ignição é apropriado para pressões até esse valor.
- Combustível: limitado às misturas com um MESG - Máximo Espaçamento Experimental Seguro igual a ou superior ao do teste.
- Os corta-chamas fabricados devem ter a capacidade de extinção da chama, no mínimo igual aos corta chamas ensaiados.

6.3. Funções do corta-chamas

- Resistir ao momento ou energia ou onda de choque associada ao fluxo da mistura em combustão;
- Reduzir a temperatura dos produtos da combustão, a ponto da mistura reagente não ser mais inflamável;
- Impedir a passagem da chama;
- Extinguir a chama.

6.4. Características do corta-chamas

- Direção da chama unidirecional;
  Nota: existem os corta-chamas bidirecionais, mas são menos utilizados.
- Chama normalmente à montante do elemento em relação ao fluxo, que é chamado de lado desprotegido;
- Corpo resistente à pressão e à temperatura da combustão;
- Elemento em aço inoxidável ou material resistente à temperatura e corrosão pelo fluido;
- Elemento capaz de reduzir a transferência térmica da chama;
- Elemento não deve ser desmontável;
- Elemento removível do corpo ou carcaça para limpeza e manutenção sem ser preciso remover o corpo do corta-chamas da tubulação (ou sem mexer na linha);
- Possibilidade de limpeza do elemento com jato de água, ar ou vapor;
- Instalação vertical de preferência, em caso horizontal deve haver dreno para o líquido que se acumula no interior do corpo;
- Facilidades para verificação e teste de entupimento do elemento;
- Ser à prova de chuva e respingos de água;
- As colmeias ou elementos internos do corta-chamas devem dimensionados de acordo com a explosividade de cada produto e o respectivo MESG Máximo Espaçamento Experimental Seguro Maximum Experimental Safe Gap conforme IEC 60079-1-1.

6.5. Classificação e tipos de corta-chamas (“flame-arresters”)

Segundo as normas aplicáveis, listadas nas referências, os corta chamas classificam-se em dois grupos: pela aplicação e pelo tipo de propagação de chama.

- Aplicação: uso em fim-de-linha ou uso em-linha;
- Tipos de propagação: Deflagração, Detonação e Combustão de curta duração ou contínua.

Desta forma, há as seguintes classes de corta-chamas mais utilizados:

- Corta-chamas de <u>fim-de-linha</u> à prova de deflagração atmosférica;
- Corta-chamas <u>em-linha</u> à prova de deflagração confinada;
- Corta-chamas <u>em-linha</u> à prova de detonação estável e deflagração confinada;
- Corta-chamas <u>em-linha</u> à prova de detonação instável, detonação estável e deflagração confinada.

Tabela - Classificação de corta-chamas

Classificação	Tipo de corta chama	Classes
Grupos de aplicação	Fim-de-linha (end-of-line) Em linha (in-line)	
Formas de propagação da chama	Deflagração atmosférica ou fim-de-linha	Corta chamas de fim-de-linha à prova de deflagração atmosférica
	Deflagração confinada ou em-linha	Corta chamas em-linha à prova de deflagração confinada em tubulação
	Deflagração confinada de pré-volume	Corta-chamas à prova de deflagração confinada de pré-volume
	Detonação estável	Corta chamas de fim-de-linha à prova de detonação estável Corta chamas em-linha à prova de detonação estável
	Detonação instável	Corta chamas em-linha à prova de detonação instável

Notas:

1- *Cada uma dessas classes pode ser subdividida em resistente à combustão de curta duração ou à combustão contínua.*
2- *Os corta-chamas de detonação estável ou instável podem ser ainda classificados em com restrição e sem restrição.*
   Essa classe com ou sem restrição considera a possibilidade ou não de haver alguma restrição de fluxo no trecho protegido.
3- *Nos testes de certificação de corta-chamas para detonação com restrição, é instalado, no tubo de saída do corta-chamas, um flange cego com um furo central, de diâmetro 2,5% da seção transversal do tubo, para simular uma restrição no lado protegido durante a operação, como por ex. uma válvula não totalmente aberta.*

Figura – Esquema do teste de detonação em-linha com restrição

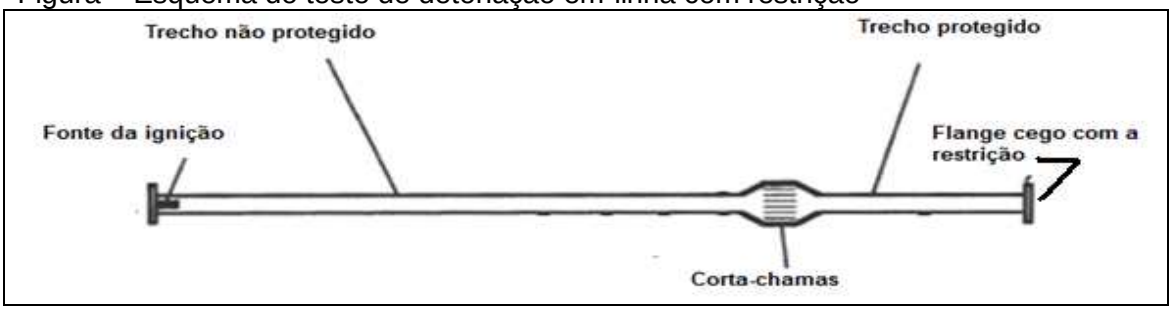
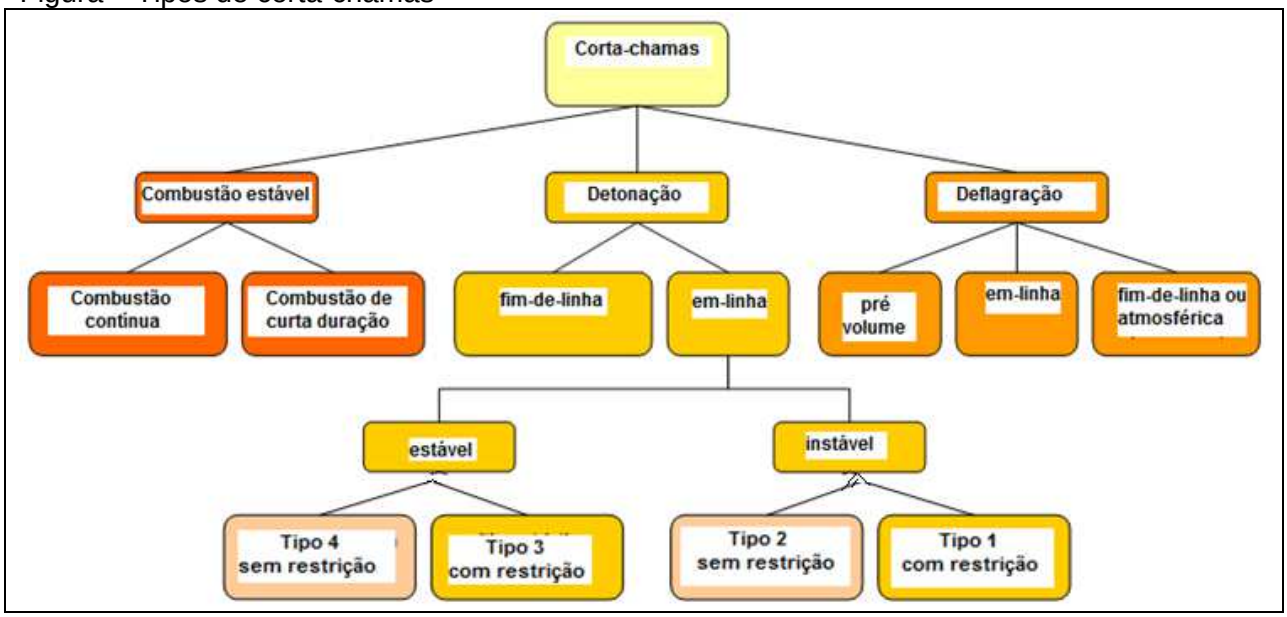


Figura – Tipos de corta-chamas



A classificação do corta-chamas referente ao risco específico está listada na tabela, a seguir.

Tabela – Aplicação de corta-chamas à prova de deflagração, detonação estável e detonação instável

Tipo de corta-chamas	Aplicação
Deflagração de fim-de-linha	Deflagração não confinada com risco de se propagar para o interior de um tanque ou vaso de pressão ou tubulação *end-of-line deflagration*
Deflagração em-linha	Deflagração confinada se propagando no interior e ao longo de um tubo de um sistema de tubulações *in-line deflagration*
Deflagração em pré-volume	Deflagração confinada em um tanque ou vaso de pressão com risco de se propagar para atmosfera externa ou para tubulação ou equipamento conectado. *pre-volume deflagration*
Detonação estável em-linha	Detonação estável se propagando no interior e ao longo de um tubo de um sistema de tubulações *in-line stable detonation*

Detonação instável em-linha	Detonação instável se propagando no interior e ao longo de um tubo de um sistema de tubulações *in-line unstable detonation*
Detonação estável de fim-de-linha	Detonação estável no final de uma tubulação com risco de se propagar para o interior de um tanque ou vaso de pressão *end-of-line stable detonation*

6.6. Aplicações típicas de corta-chamas em equipamentos e tubulações

As utilizações de corta-chamas são as mais diversas possíveis, sempre em que há risco de combustão, com geração de chama, se propagar para equipamento (tanque de armazenamento e vaso de pressão) ou tubulação ou duto.

- Tanques de armazenamento e instalações de carregamento de combustíveis;
- Unidades de recuperação de vapores de produtos combustíveis;
- Retorno de vapores em postos de gasolina;
- Sistema de combustão de vapores, incineradores, tochas (*flares*);
- Sistemas de processamento de petróleo e petroquímico;
- Navios, plataformas marítimas (*offshore*), veículos e sistemas de carregamento;
- Sistemas de gás de aterro sanitário e de biogás;
- Sistemas de tratamento de esgoto.

Figura – Aplicações de corta-chamas em instalação de recebimento, tancagem e processamento de combustíveis

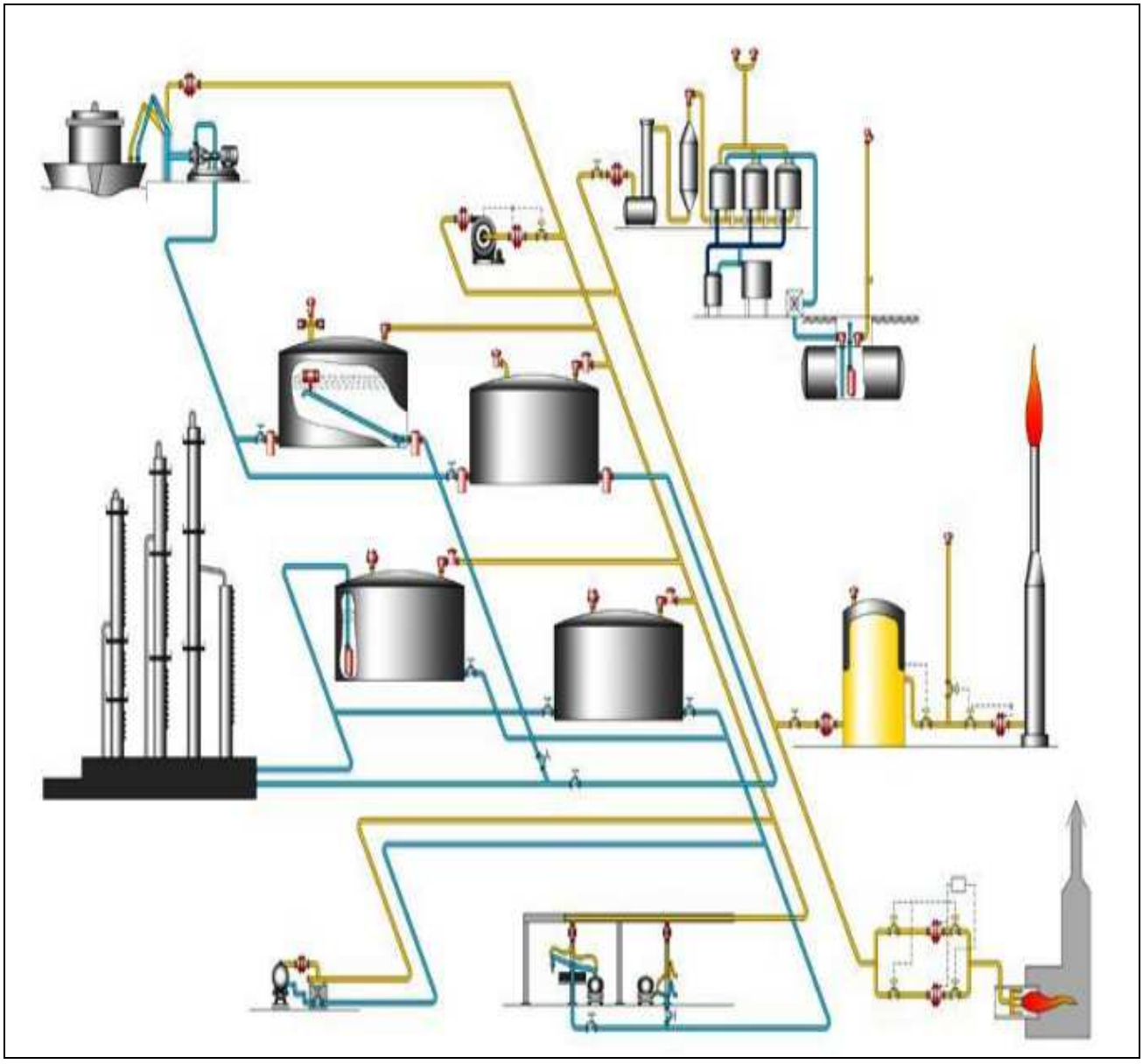


Tabela – Limites de aplicação

Limites de aplicação	Observações
Sentido de extinção de chama para corta-chamas em linha	Unidirecional (o lado protegido deve ser marcado) ou bidirecional
Concentração de oxigênio	Os corta-chamas são ensaiados para misturas com o ar. O ar tem aproximadamente 21 % de oxigênio em volume. Os corta-chamas especiais para misturas enriquecidas com oxigênio devem ser ensaiados e aprovados, para a concentração especificada.
Ensaio de pressão do corpo do corta-chamas (ABNT NBR ISO 16852) **Corta-chamas detonação em-linha e fim-de-linha ≥ 10 x pressão máxima operação e corta-chamas deflagração em-linha ≥ 106 Pascal. Corta-chamas deflagração fim-de-linha sem teste de pressão.**	É necessário para o corta-chama em linha, conhecer a pressão máxima de ensaio da tubulação.
Combustão contínua (corta-chama estático)	Os corta-chamas são ensaiados com hidrocarbonetos puros (ABNT NBR ISO 16852). A aplicação para outros produtos químicos (por exemplo, alcoóis, cetonas, etc.) deve ser ensaiada e marcada, explicitando que a combustão contínua é garantida para uma posição de instalação especifica (fim de linha ou em linha)e apenas para condições atmosféricas (p ≤ 1,1 bar, t ≤ 60 ° C) no elemento do corta-chamas.
Taxa máxima de sucção para esvaziamento	A taxa máxima de sucção para esvaziamento deve ser observada para corta-chamas de detonação por selo líquido
Temperatura da superfície	Limitar a temperatura máxima da superfície a 80 % da temperatura de auto-ignição da mistura inflamável
Resistência do material	Os dispositivos devem ser suficientemente resistentes(por exemplo, contra corrosão) às substâncias presentes no sistema, inclusive para os revestimentos
Pressão de projeto refere-se a pressão máxima de trabalho admissível (PMTA)	Para válvulas com corta-chamas integrado ou instalado em conjunto = pressão de ajuste + sobrepressão
Capacidade de vazão na pressão de projeto	Para os conjuntos corta-chamas e válvulas

Tabela – Limites de instalação

Limites de instalação	**Observações**
Orientação	O pior cenário para um corta-chamas em-linha é quando o fluxo é vertical para cima e a fonte potencial de ignição é de baixo para cima.
Drenagem de condensado	O acúmulo de condensado por causa de uma instalação incorreta (por ex. posição do dreno) pode levar a uma condição anormal de operação. A pressão de operação na unidade industrial pode se excedida.
Razão L/D máxima permitida	L/D é a razão entre o comprimento do tubo no lado desprotegido e o diâmetro nominal do tubo.
Diâmetros nominais das tubulações	Os diâmetros nominais das tubulações conectadas do lado da fonte de ignição (lado desprotegido) devem ser menores ou iguais ao diâmetro nominal dos corta-

	chamas. Os diâmetros nominais das tubulações conectados ao lado protegido do corta-chamas devem ser iguais ou maiores do que o diâmetro nominal das tubulações do lado desprotegido

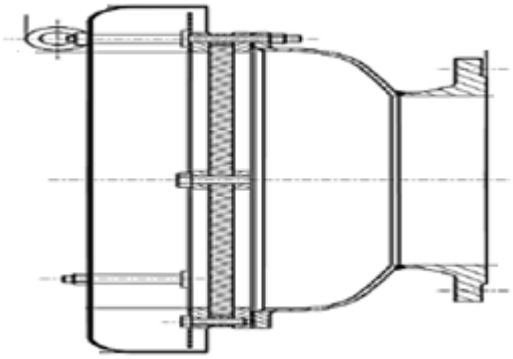
6.7. Tipos de corta-chamas estáticos

A seguir são informadas algumas características específicas de cada tipo de corta-chamas estáticos.

6.7.1. Corta-chamas de fim-de-linha

São corta-chamas utilizados em tubulações com uma das extremidades aberta para a atmosfera ambiente e em respiros livres e válvulas de alívio de tanques de armazenamento de teto fixo.

Tabela - Corta chama de fim-de-linha – características

• Sempre de deflagração atmosférica • Unidirecional: fluxo saindo e chama externamente sobre o elemento; • Velocidade de saída baixa; • Dispersão extremamente ruim; • Pode aquecer o elemento na presença de chama, no caso de combustão ser contínua; • Pode requerer de sistema de extinção da chama (snuffing system), no caso de combustão de curta-duração; • Rompe elemento sensor de temperatura para abrir tampa; • Adequado para fluxo com pressões muito baixas; • Jato na direção do vento predominante; • Dispersão tão melhor quanto mais pressão e/ou diferença de densidade houver.	Ex.: Corta-chamas de deflagração de fim-de-linha  **Corta-chamas de deflagração fim-de-linha**

6.7.2. Corta-chamas em-linha

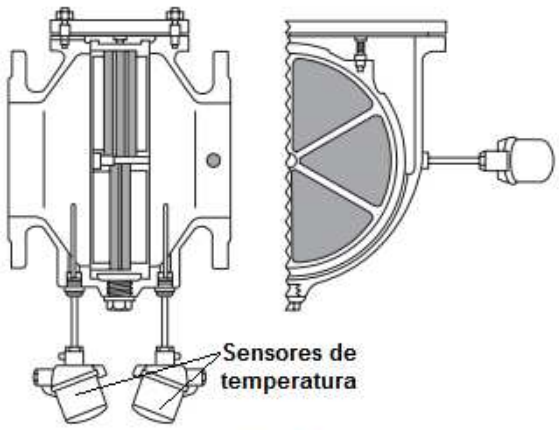
Para um corta-chamas em-linha, o diâmetro do tubo no lado protegido não deve ser menor que o diâmetro do tubo no lado desprotegido, nem maior que o flange de conexão do corta-chamas.
Para os corta-chamas tipos em-linha, as informações sobre os detalhes da tubulação, o corta-chamas e a possível fonte de ignição devem ser fornecidas na forma de um sketch esboço dimensionado ou desenho isométrico.
As derivações (ramais) de tubos e as válvulas no lado desprotegido devem ser instaladas o mais próximo possível ao corta-chamas de deflagração em linha.

6.7.2.1. Corta-chamas em-linha de deflagração confinada

O uso de corta-chamas de deflagração confinada deve ser limitado às seguintes situações:
a) a razão do comprimento do tubo (entre a provável fonte de ignição e o corta-chamas) e o diâmetro do tubo não deve exceder a razão ensaiada *LID*;
b) pelo menos 10 % da área transversal do tubo devem estar abertas para a fonte de ignição.

Tabela - Corta-chamas de deflagração em-linha ou confinada– características

• Unidirecional o Chama à montante em relação ao fluxo e sobre o elemento do corta-chamas; • Instalado a uma distância correspondente ao valor L/D<27 da fonte de ignição; • Velocidade de saída maximizada para a pressão disponível, reduzindo o diâmetro do orifício de saída;	Ex.: Corta chama de deflagração em-linha ou confinada com sensores de temperatura

• Aquece o elemento com extrema rapidez caso a chama se estabeleça sobre o elemento interno; • Precisa no mínimo de: o Sensores de temperatura; o Sistema de extinção (snuffing system); o Disparo automático do sistema de extinção; o Alarme local e na sala de controle.	 Corta chamas de deflagração em-linha

6.7.2.2. Corta-chamas de detonação

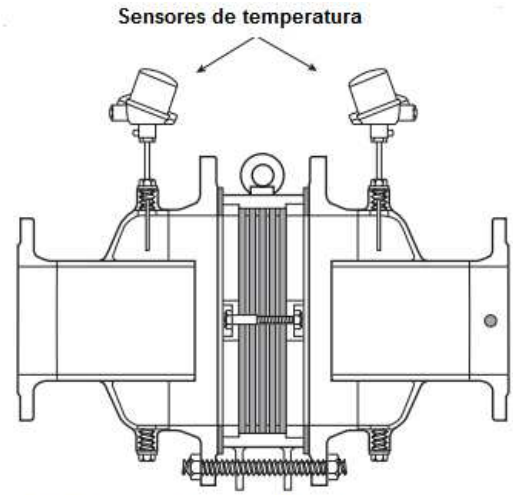
O corta-chamas de detonação é necessário quando o comprimento do tubo entre a fonte de ignição e o corta-chamas exceder o comprimento máximo do tubo admissível para corta-chamas de deflagração, ou seja **L/D≥27.**

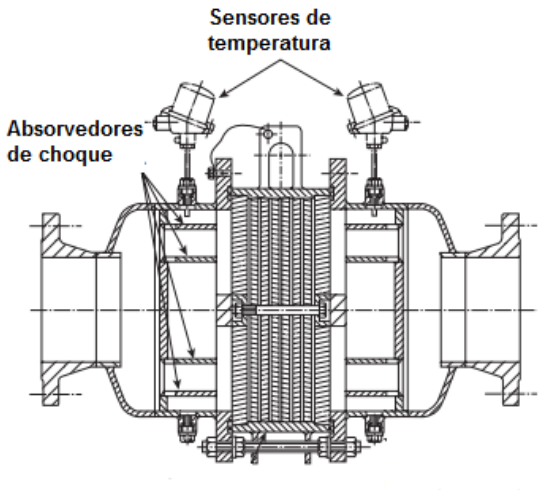
Os corta-chamas de detonação podem ser usados para arranjo de tubulação aberto ou fechado no lado desprotegido.

Corta-chamas de detonação estável são projetados e ensaiados para interromper deflagrações confinadas e detonações estáveis; eles só devem ser usados em conjunto com medidas de proteção adicionais, que devem ser mencionadas nas instruções para uso do Fabricante.

Corta-chamas de detonação instável são projetados e ensaiados para interromper deflagrações confinadas e detonações estáveis e instáveis; não há limites impostos para a instalação destes corta chamas.

Tabela - Corta-chamas de detonação em-linha – características

• Unidirecional o Chama à montante em relação ao fluxo e sobre o elemento do corta-chamas; • Possui obrigatoriamente câmara para redução do momento ou energia do fluxo; • Corpo ou carcaça e o elemento do corta-chamas devem suportar o pico de pressão; • A tubulação deve ser dimensionada para suportar o pico de pressão; • Instalado a uma distância correspondente ao valor L/D≥27 da fonte de ignição.	Ex.: Corta chama de detonação em-linha com sensores de temperatura  Corta-chamas de detonação estável



Corta-chamas de detonação instável

6.8. Recomendações para instalação de corta-chamas

Há diferentes arranjos de corta-chamas em tubulações, a depender de qual é o tipo: fim-de-linha e em-linha.

6.8.1. Corta-chama de fim-de-linha

Se o corta chama é de fim-de-linha, o tubo deve ser instalado de modo que os vapores inflamáveis não descarreguem sobre o equipamento, normalmente de 2 a 3 metros acima do topo do equipamento.

6.8.1.1. Corta-chamas de fim-de-linha à prova de combustão sobre o elemento

- Certificar-se de que, após a ignição da mistura, as chamas podem queimar sem impedimento vertical para cima, após a abertura do capuz.
- É proibido qualquer dispositivo ou estrutura instalada ou equipamento até 4 metros acima do corta-chamas, para evitar o aquecimento e a reflexão do calor.
- Atender à legislação de proteção contra incêndio, especialmente em relação à distância mínima a equipamentos e instalações estruturais vizinhas.
- Se dois ou mais dispositivos corta-chamas estiverem instalados próximos, em equipamento, tanque ou tubulação, isso pode levar à interferência de calor não admissível entre os dispositivos, no caso de as misturas escapadas se inflamarem. Assim sendo:
    - Manter uma distância mínima entre os dispositivos corta-chamas que deve ser mais de cinco vezes o maior diâmetro do elemento interno dos corta-chamas envolvidos.
    - Ao instalar diferentes tipos de dispositivos corta-chamas, manter sempre entre eles a maior distância mínima.
    - Certificar-se de que a altura de instalação dos dispositivos corta-chamas esteja no mesmo nível.
    - Nunca substitua elementos fusíveis por outras conexões roscadas ou fusíveis de qualquer outro tipo.

6.8.2. Corta-chamas em-linha

Nesses corta-chamas a preocupação é com acessórios na tubulação, como reduções de diâmetro e interligações de ramais, que causem instabilidade na propagação da detonação e resultem em condições inseguras.

6.8.2.1. Corta-chamas de deflagração em-linha

Os corta-chamas de deflagração em-linha são projetados e testados para interromper as deflagrações confinadas em uma tubulação.

- Corta-chamas de deflagração em-linha deve ser instalado o mais próximo possível da fonte de ignição.
- Não devem ser instalados acessórios de redução de seção transversal do tubo entre a fonte de ignição potencial e um corta-chamas de deflagração em-linha.

- As válvulas de bloqueio podem ser instaladas em tubulação se estiverem trancadas abertas durante a operação e não reduzam a área de fluxo livre.
- Os ramais de tubos e as válvulas no lado desprotegido devem ser instalados o mais próximo possível do corta-chamas de deflagração em-linha.
- Para os corta-chamas de deflagração em-linha, pelo menos 10% da área de seção transversal do tubo deve estar aberta na fonte de ignição.
- A relação entre o "L" comprimento do tubo (distância entre a fonte de ignição potencial e a localização do corta-chamas) e o "D" diâmetro do tubo não deve exceder a relação L/D testada.

Como regra geral, para corta-chamas de deflagração em-linha, a proporção L/D máxima permitida de acordo com ISO 16852 está listada na tabela a seguir.

Figura – Limites de instalação de corta-chamas de deflagração em-linha

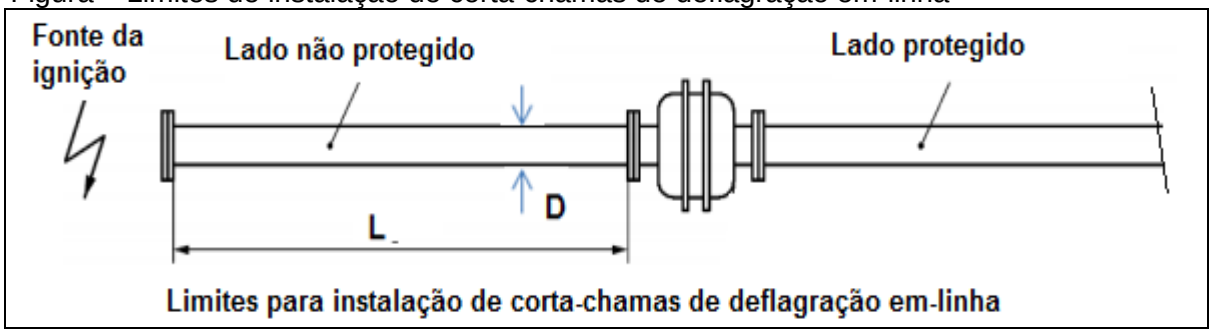


Tabela - Relação L/D máxima permitida para deflagração em-linha (ISO 16852)

Relação L/D máxima permitida	Grupo de explosividade
L/D ≤ 50	IIA1, IIA, IIB1, IIB2, IIB3
L/D ≤ 30	IIB, IIC

Para calcular o comprimento de tubo máximo permitido, tome a relação L/D permitida para o seu dispositivo corta-chamas e use a fórmula:

$$L = \frac{DN \times L/D}{1000}$$

L= comprimento de tubo máximo permitido (m)
DN = diâmetro interno do tubo (mm)

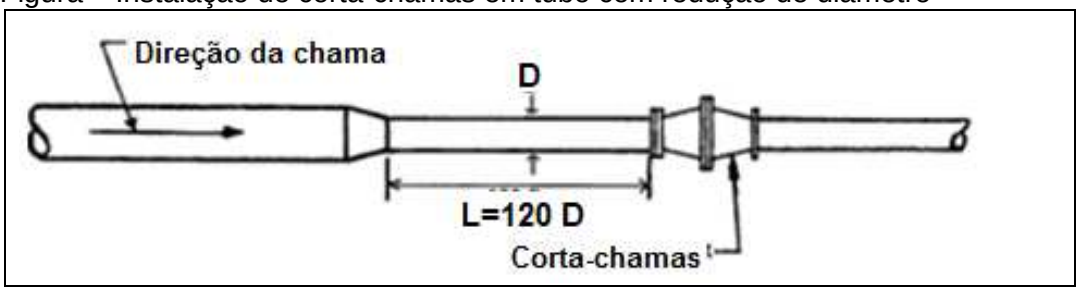
Exemplo:
Para um dispositivo corta-chamas com DN 150 mm e um máximo permitido L/D = 50, o comprimento máximo do tubo, do lado desprotegido, é de 7,5 m.

6.8.2.2 Corta-chamas de detonação instável
Podem ser usados em qualquer configuração de tubulação, pois o regime próprio da detonação instável já resulta em pressões e velocidades altíssimas, que o corta-chamas deve resistir, não havendo riscos de instabilidade na propagação da detonação, que resultem em condições inseguras.
.
6.8.2.3. Corta-chamas de detonação estável
O corta-chamas de detonação estável deve ser posicionado de forma que qualquer instabilidade que ocorra, durante a propagação da detonação através do tubo, não provoque uma condição insegura.
Essas instabilidades podem ser causadas por alterações no trecho reto necessário à montante do corta-chamas, também denominado de trecho não protegido.

- **Redução da seção transversal do tubo**

Requer-se uma distância mínima de tubo reto, antes do corta-chamas, que corresponda a um trecho de tubo reto que é pelo menos 120 vezes o diâmetro de sua seção transversal, sendo pelo menos 3 metros.

Figura – Instalação de corta-chamas em tubo com redução de diâmetro



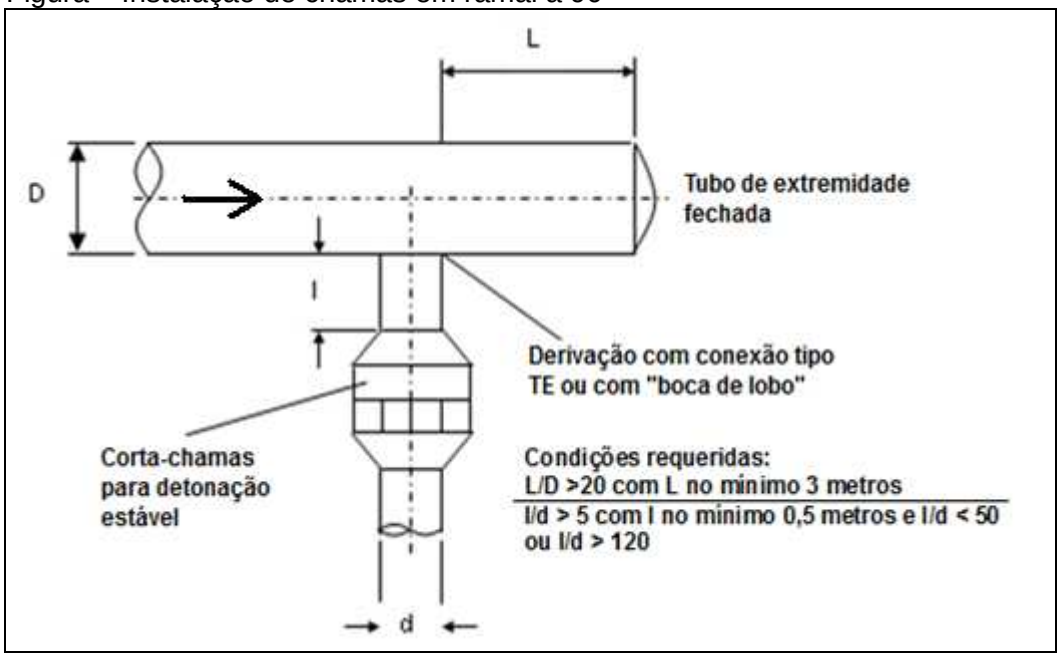
- **Derivação na tubulação com ramal**

A instalação do corta-chamas estável perto de ramais ou derivações de tubulação requer atenção especial e recomendações do fabricante.

A seguir, estão casos específicos comprovados pela experiência prática.

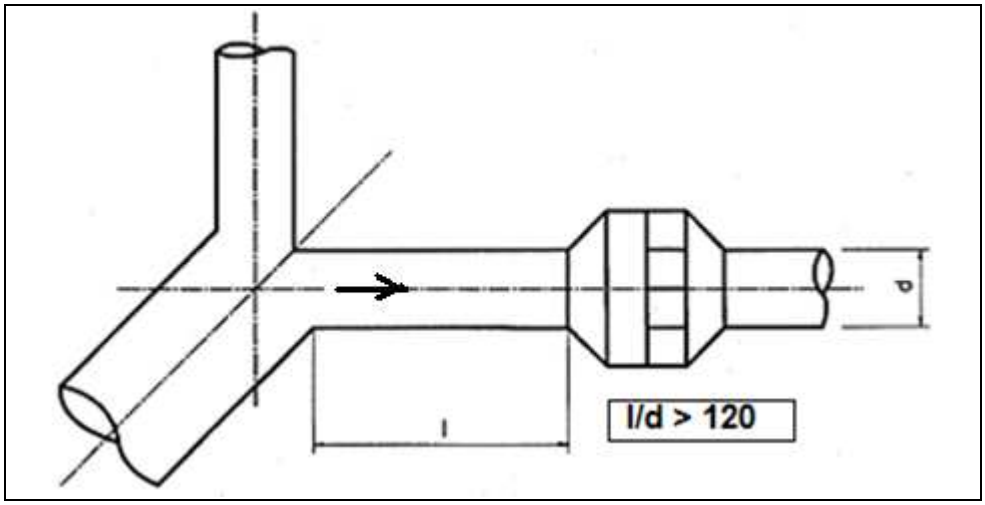
- Em ramal de tubulação, com derivação em conexão de ângulo reto (como tê ou boca de lobo), o corta-chamas para detonação estável deve ser colocado no ramal à distância conforme ilustrado na figura a seguir.

Figura – Instalação de chamas em ramal a 90º



- Em ramal de tubulação, com derivação bifurcada ou em “Y”, o corta-chamas para detonação estável deve ser colocado no ramal à distância conforme ilustrado nas figura a seguir.

Figura – Instalação de corta-chamas em bifurcação



6.8.3. Uso de sensor de temperatura

Os corta-chamas de combustão contínua não necessitam de sensor da temperatura no corpo, já os corta-chamas de combustão de curta duração precisam de sensor de temperatura.

- Os corta-chamas à prova de combustão de curta duração devem ser equipados com um ou mais sensores de temperatura integrados, considerando-se a utilização pretendida do corta-chamas.
- O sensor de temperatura deve ser à prova de explosão para medir temperaturas tanto em meios líquidos como gasosos e sua função deve ser testada com o corta-chamas, conforme a norma de certificação ISO 16852 ou ABNT NBR ISO 16852.
- O sensor de temperatura tem que responder na metade do tempo no qual o corta-chamas é seguro para a combustão de curta duração.
- Certificar-se de que o sistema de prevenção da queima estabilizada seja ativado logo após a temperatura ajustada é excedida.
- Garantir que o tempo de resposta para ativação seja respeitado, de modo que a temperatura resultante não seja superior a 50°C acima da temperatura de operação permitida para o dispositivo corta-chamas.
- O sensor de temperatura é afetado ou destruído durante o fogo, portanto troque a sonda de medição, se a temperatura da chama exceder a temperatura de operação do sensor de temperatura.
- Qualquer sensor de temperatura a ser instalado deve seguir as especificações técnicas do sensor de temperatura testado junto com o corta-chamas na certificação, incluindo a resistência mecânica e o mesmo tempo de resposta.

7. Informações necessárias para seleção de dispositivos corta-chamas

As seguintes informações são necessárias à seleção do tipo de corta-chamas:

- Condições operacionais do fluxo (pressão, temperatura e composição química);
- Perda de carga máxima admissível;
- Pressão diferencial máxima;
- Tipo de fluido armazenado, caracterizado pelo seu grau explosividade e o nº de MESG "maximum experimental safe gap";
- Fluxo uni ou bidirecional;
- Chama estável ou não;
- Tipo de combustão esperado: deflagração atmosférica; deflagração confinada; detonação estável ou instável; combustão de curta duração ou contínua;
- Tempo de duração requerido para o corta-chamas sob chamas, no caso de combustão de curta duração;
- Classificação da área;
- Probabilidade de se ter uma fonte de ignição;
- Esquema da instalação ou isométrico com diâmetros, cotas de distâncias, acessórios e válvulas existentes;
- Informar sobre a existência de restrições nos trechos de tubulação desprotegida e protegida;

- Materiais construtivos;
- Termopar no corpo;
- Injeção de fluido de limpeza;
- Exigência de certificado "*type approval*" de testes de protótipo: importante para se assegurar a confiabilidade requerida dos corta-chamas, através de certificação por organismos credenciados e segundo as normas vigentes.

8. Construção do Corta chamas

Todas as partes do corta-chamas devem resistir às cargas mecânicas (pressão interna), dinâmicas (ondas de choque), térmicas e ataque químico requeridos para o uso pretendido.

8.1. Corpo ou carcaça do corta-chamas

O material normalmente usado para o corpo de corta-chamas é o Ferro Fundido, Aço Carbono Fundido ou Aço Inoxidável Fundido, conforme as especificações pertinentes das normas ASTM e as dimensões das extremidades flangeadas devem ser conforme a norma ASME B16.5.

- Aço Carbono Fundido;
- Aço Inoxidável Fundido;
- Ferro Fundido;
- Alumínio Fundido (sob condição de limite de temperatura).

No corta-chamas fim-de-linha *end-of-line* o material do corpo deve ser aço fundido, já para os em-linha *in-line* é aceitável o Alumínio fundido.

Notas:

1- Para corta-chamas de topo de tanque não se deve usar corpo de Alumínio.

O motivo é que ele deve resistir à combustão contínua e o ponto de fusão do Alumínio é, relativamente, baixo (cerca de 600ºC), sendo que a resistência mecânica cai muito rapidamente com o aumento da temperatura.

2- Os corta-chamas com termopar sensor de temperatura do corpo, para ativar as providencias de extinção da chama, podem ser fabricados de Alumínio, a depender da confiabilidade do sensor.

3- A norma ISO 16852 e sua congênere ABNT NBR ISO 16852 recomendam tomar cuidado ao se usar materiais, como Alumínio ou plásticos, pois, podem causar descarga de faíscas ou carga eletrostática.

Os revestimentos superficiais dos componentes, que podem ser expostos às chamas durante a operação, não devem ser danificados a ponto de tornarem possível a transmissão ou passagem da chama.

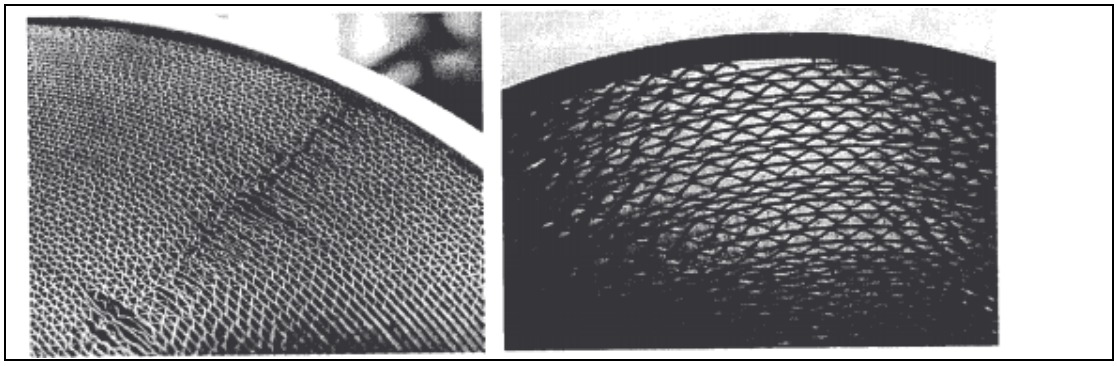
8.2. Elemento interno ou colmeia do corta-chamas

O elemento ou colmeia interna do corta-chamas pode ser de um dos seguintes tipos:

- Fitas metálicas corrugadas;
- Placas metálicas paralelas;
- Placas metálicas perfuradas;
- Cartucho metálico expandido;
- Tela metálica;
- Material sinterizado;
- Esferas cerâmicas.

Quando fabricado com material metálico deve ser usado aço inoxidável austenítico tipo 304 ou 316, conforme as especificações pertinentes das normas ASTM:

Figura – Elemento interno tipo placas metálicas perfuradas



9. Certificação formal de desempenho de corta-chamas

Todos os projetos de todos os tipos de corta-chamas *flame arresters*, por serem dispositivos de segurança operacional, devem ser submetidos aos procedimentos de certificação de 3ª parte "type approval", para verificação e determinação da capacidade de vazão, perda de pressão, garantia do bloqueio de chama e resistência à chama (quando for para uso com chama contínua).

A homologação por *type approval* é o procedimento utilizado para a certificação do projeto de um produto, que inclui avaliação técnica do projeto e execução de ensaios ou testes de desempenho em protótipo, para conferir a conformidade com os requisitos da norma de projeto e construção.

No processo de homologação, a certificação tipo *type approval* prescreve que os testes devem ser executados em laboratórios independentes autorizados pelo Organismo Certificador "Third Part", seguindo procedimentos específicos atestados pelo Certificador, que emite o certificado de aprovação e conformidade.

O Organismo Certificador deve ser acreditado ("Notified Body") por órgãos federais locais ou internacionais.
No Brasil, o Inmetro-Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia é o responsável pela acreditação de OCPs-Organismos de Certificação de Produto, que são empresas que conduzem e concedem a certificação de conformidade de produtos, cada um em uma determinada área.

Os corta-chamas devem ser certificados conforme os testes prescritos na Norma ISO 16852 *Flame arresters performance requirements, test methods and limits for use*, ou NBR ISO 16852 *Corta chamas – Requisitos de desempenho, métodos de teste e limites para uso*, que especifica os requisitos para o corta-chamas impedir a transmissão da chama, quando misturas explosivas de ar-gás ou vapor-ar estão presentes.

Os corta-chamas são testados segundo a norma de projeto e construção, utilizando-se protótipos, em laboratórios independentes e autorizados pelo Órgão ou Organismo Certificador, capaz de realizar os testes especificados pela norma e outorgar a certificação de conformidade.

Os ensaios ou testes de certificação de protótipo devem ser para cada projeto de tipo e modelo de corta-chama. Para cada modelo e cada diâmetro nominal é escolhida da linha de fabricação do Fabricante a quantidade de corta-chamas protótipos especificada pelo Certificador.

O fabricante, ao escolher um desses laboratórios autorizados, concorda em ceder os corta-chamas nas quantidades solicitadas, dar acesso às instalações da fábrica, ao processo de fabricação e às qualificações do pessoal da fabricação, para complementar o processo de certificação dos corta-chamas a serem fabricados.

A comprovação de certificação de 3ª parte "Type Approval", com base nos testes requeridos na norma ISO 16852 ou ISO NBR 16852, segundo o tipo de propagação da chama e explosividade do fluido, que inclui, além de bloqueio de chama e resistência à chama, os testes de vazão e de perda de pressão, é requisito para o fornecimento e uso de corta-chamas. Estes testes são realizados em protótipos.

Os ensaios de certificação de protótipo devem ser para cada tipo e modelo de corta-chama.

Para cada modelo e cada diâmetro nominal é escolhida da linha de fabricação do Fabricante a quantidade especificada de corta-chamas protótipo.

Os resultados de desempenho dos ensaios devem ser apresentados com os carimbos e assinaturas dos responsáveis do Órgão Certificador, do laboratório e do representante do Fabricante, que assistiram aos ensaios.

No certificado devem estar claramente registrados:

a. Entidade ou Organismo ou Órgão Certificador;
b. Laboratório autorizado para a execução dos testes;
c. Nome do fabricante;
d. Local de fabricação;
e. Tipo e modelo de corta-chamas;
f. Diâmetro e classe de pressão;
g. Aplicação do corta-chamas: deflagração fim-de-linha atmosférica; deflagração confinada em-linha; detonação fim-de-linha; detonação estável em-linha e detonação instável em-linha, com ou sem restrição; combustão de curta duração ou contínua;
h. Explosividade do combustível e MESG;
i. Norma utilizada na certificação: ISO 16852 ou NBR ISO 16852;
j. Testes realizados:
    - resistência mecânica,
    - capacidade de vazão,
    - perda de pressão;
    - transmissão de chama,
    - resistência à chama de curta duração ou à chama contínua;
k. Data da emissão do certificado;
l. Validade do certificado.

Somente devem ser usados nas instalações industriais os projetos de corta chamas testados, aprovados e com a emissão da certificação “type approval”, da verificação da adequabilidade à norma de construção, ISO 16852 ou NBR ISO 16852.

A certificação “type approval” de cada protótipo compreende:

1º- Normalização do procedimento de execução dos ensaios e testes;
2º- Entidade certificadora acreditada por organismo reconhecido nacional ou internacionalmente, possuindo ou não laboratório para os testes de desempenho;
3º- Laboratório de testes ou ensaios autorizado pela Entidade Certificadora, para garantia das medições e resultados;
4º- A certificação do produto inclui a auditoria da própria fábrica.

1. Normalização

O 1º requisito, normalização para execução dos testes de certificação, é atendido pelo uso da Norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852, que padroniza os procedimentos de testes requeridos.

- ISO 16852 - Flame arresters - Performance requirements, test methods and limits for use;
- NBR ISO 16852 - Corta chamas - Requisitos de desempenho, métodos de teste e limites para uso.

2. Entidade ou Órgão ou Organismo Certificador e laboratório autorizado

Para o 2º requisito, os testes devem ser executados em laboratório independente e autorizado pela Entidade Certificadora, acreditada por organismo nacional ou internacional reconhecido.
Se for utilizado laboratório privado, este deve ser verificado e autorizado pela entidade certificadora.

Na ausência de organismos acreditados nacionais, os fabricantes devem buscar tais empresas no exterior e que tenham as competências e a acreditação necessárias para executar testes e análises técnicas de documentação.

No Brasil, o Inmetro é o responsável pela acreditação de OCPs-Organismos de Certificação de Produto, que são empresas que conduzem e concedem a certificação de conformidade de produtos, em uma determinada área.
Após a acreditação, o OCP é reconhecido pelo Inmetro como competente para conduzir o processo de certificação referente ao escopo acreditado.
Especificamente para Certificação de Produtos - OCP, os Organismos Acreditados pelo Inmetro estão no site *http://www.inmetro.gov.br/organismos/resultado_consulta.asp*

No exterior, são reconhecidas, como organismos acreditados, as seguintes empresas, para a realização da certificação *type approval* de protótipo de corta-chamas, conforme a norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852:

- UL - Underwriters Laboratories EUA;
  https://www.standardsportal.org/usa_en/sdo/ul.aspx
- FM - Factory Mutual EUA;
  https://www.bloomberg.com/research/stocks/.../snapshot.asp?
- United States Coast Guard EUA;
  https://www.uscg.mil/home/
- FMC - The Federal Maritime Commission EUA;
  https://www.fmc.gov/
- NFPA - National Fire Protection Association EUA;
  https://www.nfpa.org/
- IMO - International Maritime Organization EUA;
  https://www.iso.org/organization/9581.html
- TÜV - Technischer Überwachungs Verein Alemanha;
  https://wirtschaftslexikon.gabler.de/.../technische-ueberwachungs-...
- PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt Alemanha;
  http://www.ptb.de/cms/en/dienstleistungen/kbs.html
- IBExU - Institut für Sicherheitstechnik GmbH Alemanha.
  http://www.ibexu.de/edaten/pruefen.htm
- American Bureau of Shipping (ABS) Products and Services Type Approval
  https://ww2.eagle.org/en/Products-and-Services/type-approval.html?gclid=Cj0KCQjwwb3rBRDrARIsALR3Xebb3YpqG2LAE71PIvvR6rjiinBpTOWJrNdPmy4MTPVbSi30H3gilVkaAtfZEALw_wcB
- DNV Type Approval
  https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNV/stdcert/2013-01/Standard1-2.pdf
- Certification of marine materials and equipment | Bureau Veritas
  https://www.bureauveritas.com/home/about-us/our-business/marine-and-offshore/marine/marine-solutions/marine-materials-and-equipment-certification/

3. Auditoria no Laboratório para testes de certificação

Para o 3º requisito, Laboratório autorizado, o Organismo Certificador deve auditar antecipadamente as condições físicas do laboratório dos testes de certificação.
A auditoria no Laboratório de testes deve comprovar se as instalações são adequadas aos testes, conforme a normalização ISO 16852 ou NBR ISO 16852, com máquinas, dispositivos e instrumentos calibrados, para a garantia da confiabilidade dos resultados dos ensaios; se os procedimentos de execução são qualificados e se o pessoal de execução e supervisão dos testes é treinado e qualificado.

Alguns desses Organismos Acreditados têm seus próprios laboratórios ou campos de testes, para que seja cumprido com a exigência de não haver qualquer influência de fabricante.

Já alguns fabricantes costumam ter uma instalação para testes preliminares do projeto do corta-chamas, em que são realizadas as pesquisas, para se determinar o melhor projeto de cada tipo e modelo de corta chamas a ser fabricado, antes de submeter à certificação.
De forma alguma é suficiente, para a certificação, que o fabricante declare que os corta-chamas tenham sido testados de acordo a norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852, em laboratório próprio ou contratado.

O local de realização dos ensaios ou testes de certificação “type approval” dos protótipos desses projetos deve ser em laboratório independente autorizado pela Entidade Certificadora.
Os testes devem ser acompanhados pelo Fabricante do corta-chamas e pelo Organismo Certificador Acreditado.

4. Auditoria na Fábrica

Para o 4º requisito, auditoria de Fábrica, a certificação "type approval" compreende também a auditoria da fábrica do produto.
Isto é necessário para se assegurar a qualidade e a repetitividade da fabricação do produto certificado.
A certificação do protótipo ou *type approval* compreende também a certificação do processo de produção, garantindo que todo produto fabricado posteriormente seja idêntico ao protótipo testado.

A avaliação do produto compreende não apenas a verificação do projeto, do controle de qualidade da matéria prima, da fabricação própria e de subfornecedores (fundidos, por ex.), das máquinas operatrizes, mas também o treinamento e a qualificação da mão-de-obra e os procedimentos de fabricação e controle da qualidade.

5. Ensaios ou testes previstos para a certificação

No processo de certificação “type approval” de corta-chamas, os ensaios ou testes estão previstos na norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852, e a depender do tipo de aplicação de cada corta-chamas são os seguintes:

- Ensaio de vazão;
- Ensaio de pressão;
  Nota: Ensaios de pressão de corta-chamas de detonação em-linha e fim-de-linha devem ser executados em cada corta-chamas a uma pressão que não seja menor que 10 x pressão máxima de operação e, para todos os corta-chamas à prova de deflagração confinada em- linha, a não menos que 1,1 x 10^6 Pascal. O tempo de ensaio para estes tipos de corta-chamas deve ser de no mínimo 3 min. Nenhuma deformação permanente deve ocorrer durante o teste. Os corta-chamas de deflagração de fim- de linha não precisam ser testados sob pressão.
- Ensaio de estanqueidade;
- Ensaios de transmissão de chama:
  - Ensaio de deflagração
    - Corta-chamas de deflagração de fim-de-linha ou atmosférica;
    - Corta-chamas de deflagração em-linha ou confinada;
  - Ensaio de detonação
    - Detonação estável sem restrição;
    - Detonação estável com restrição;
    - Detonação instável sem restrição;
    - Detonação instável com restrição;
- Ensaio de chama de combustão de curta duração;
- Ensaio de chama de combustão contínua.

Para cada tipo e modelo de corta-chamas são selecionados protótipos, de cada diâmetro da linha de fabricação, a serem testados.
Além disso, os testes dos corta chamas devem ser executados ou supervisionados pela Entidade ou Organismo ou Órgão Certificador, testemunhados pelo Fabricante e somente se aprovados são emitidos os certificados de desempenho pelo Órgão Acreditado como Certificador.

Para os corta-chama do tipo "end-of-line", como de deflagração atmosférica ("deflagration test"), o teste de certificação não pode deixar a chama passar através do seu elemento interno.
No teste de certificação do corta-chamas de combustão contínua ("endurance burning tests"), o elemento interno do corta-chamas deve resistir à presença da chama continua, sem se fundir, por tempo indefinido.
Para os corta-chamas "in-line", isto é, no interior de uma tubulação (entre dois trechos de tubos), se aceita a certificação "short time burning", isto é, resiste por cerca de poucos minutos (até 3 a 4 minutos), e se instala um sensor de temperatura, que ao indicar o aumento da temperatura no corta-chamas, a fonte da chama é cortada, ou seja, interrompe-se a circulação do fluido.
Para os corta-chamas “end-of-line”, isto não é possível, pois a alimentação da chama é externa.

6. Emissão do atestado de certificação

Os certificados com os resultados de teste de protótipo, segundo a norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852, são emitidos pelo Organismo Acreditado, o que autoriza o fabricante poder declarar que o corta-chamas é fabricado conforme a norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852, mencionando o laboratório e o número do certificado de testes (type approval) aprovados.

Para que o fornecedor possa fazer essas declarações precisa ter o processo de produção, ou seja, a própria fábrica auditada pelo Organismo Acreditado, segundo a norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852, de modo a garantir a repetibilidade do produto fabricado e os corta-chamas sejam sempre produzidos com as mesmas características do protótipo certificado.

O certificado de conformidade do protótipo, com a norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852, é válido enquanto nenhuma mudança construtiva é introduzida no projeto do corta-chamas testado e aprovado.

7. Testes de produção

Na fábrica, cada corta-chamas produzido deve ter o mesmo projeto do respectivo protótipo certificado e a avaliação da qualidade do produto fabricado é executada através da inspeção de fabricação e dos testes de estanqueidade e de resistência à pressão (teste de pressão hidrostático).

10. Utilização do corta-chamas (“flame arrester”) em instalações de tanques de armazenamento de projeto e construção conforme normas API Std 650 e API Std 620

Há dois tipos de corta-chamas, normalmente utilizados em instalações de tanques de armazenamento:

- Corta-chamas de fim-de-linha (“end-of-line”), instalados em Respiros Livres e em Válvulas de Alívio de Pressão e Vácuo, sobre o teto fixo do tanque, que descarregam para a atmosfera;

- Corta-chamas intermediário ou em-linha (“in-line”), instalados em tubulação ou duto de Sistema de Recolhimento e Recuperação de Vapores e Gases emitidos do tanque de armazenamento e direcionados para reprocessamento ou para incineração.

Tabela - Tipos de corta-chamas empregados

Conforme a forma da propagação da chama	Deflagração Atmosférica e Combustão contínua	Corta chamas estático de fim-de-linha à prova de deflagração atmosférica e combustão contínua
	Deflagração Atmosférica e Combustão de curta duração	Corta chamas estático de fim-de-linha à prova de deflagração atmosférica e combustão de curta duração
	Deflagração em tubulação ou duto	Corta chamas estático em-linha à prova de deflagração confinada em tubulação
	Detonação estável em tubulação ou duto	Corta chamas estático em-linha à prova de detonação estável em tubulação
	Detonação instável em tubulação ou duto	Corta chamas estático em-linha à prova de detonação instável em tubulação

10.1 Aplicação de corta-chamas de fim-de-linha (“end-of-line”), instalados em Respiros Livres e em Válvulas de Alívio de Pressão e Vácuo, que descarregam para a atmosfera

Quando o líquido dentro do tanque emite vapores e gases inflamáveis, é a pressão que se acumula dentro do tanque, por ex. na etapa de enchimento, que empurra os vapores e gases para fora do tanque, passando através do corta-chamas.

O propósito do corta-chamas é de não permitir a entrada de chama externa, isto é, de fora do tanque para dentro. Em caso de fogo nos vapores e gases efluentes do tanque, causado pela deflagração por descarga atmosférica, por ex., o corta-chamas absorve a energia, impedindo a propagação da chama para o interior do tanque.

Se esta chama perdurar sobre o corta-chamas, que é o caso da combustão contínua após a deflagração por descarga atmosférica, o elemento ou colmeia do corta-chamas está sujeito ao fogo e deve sustentar a chama, impedindo o seu ingresso no tanque e sem se deteriorar.

O corta-chamas deve, pois:

- Reduzir a energia associada ao fluxo do fluido;
- Reduzir a temperatura dos produtos da combustão ao ponto da mistura de reagentes não ser inflamável;
- Impedir a passagem ou transmissão da chama;
- Extinguir a chama.

10.1.1. Situações de uso de corta-chamas em tanque de armazenamento

O corta-chamas de proteção do tanque é prescrito para as seguintes situações, estabelecidas na norma API Std 2000, a depender do ponto de fulgor *flash point* do líquido armazenado:

- Item 4.5.2.c: o corta chamas deve ser usado em tanques de armazenamento;
- Item 4.5.4: o fogo se propaga através da válvula de alívio de pressão e vácuo sem corta chamas;

a. Proteção para impedir a entrada de chama em um tanque

São usados corta-chamas do tipo estático de fim-de-linha *end-of*-line com certificado de deflagração atmosférica e combustão contínua, para impedir a entrada de chama no interior do tanque, normalmente, em conjunto com válvula de pressão e vácuo ou acoplado com respiro aberto, a depender do ponto de fulgor do líquido armazenado.

Tabela - Critérios da norma API Std 2000

Ponto de Fulgor (ºC) do líquido armazenado	**Dispositivo de Proteção do tanque de teto fixo**
< 60ºC (140ºF)	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua ("end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning").
≥ 60ºC (140ºF)	Respiro Aberto + Corta chama fim-de-linha certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua ("end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning").
Quando o produto é aquecido à temperatura igual ou acima do ponto de fulgor.	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua ("end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning").
Quando o tanque for de projeto conforme Anexo F, do API Std 650	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua ("end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning").
Para Sistemas de Recuperação de Vapores emitidos de tanque	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama em-linha com sensores de temperatura e certificado para detonação instável e combustão de curta duração ("in-line instable detonation flame arrester and short burning");

Notas:

Para produtos ultraviscosos (exemplo: óleo combustível ultraviscoso e resíduo asfáltico), mesmo se aquecidos próximo ao ponto de fulgor, se deve usar respiro aberto sem corta chama.

A razão é que, nesse caso, o uso de válvula de pressão e vácuo ou respiro aberto, com corta-chama, costuma causar problemas de entupimento por vapores que por condensação polimerizam e se solidificam nas sedes das válvulas ou nos elementos internos do corta-chama, provocando o risco de pressurização ou vácuo do tanque.

A utilização de telas internas nos respiros abertos deve levar em consideração, em função do produto armazenado, a possibilidade de ser causa de obstrução do dispositivo.

O corta-chamas é utilizado em respiro aberto e em válvula de alívio de pressão e vácuo, porém no cálculo da vazão de alívio de pressão e de vácuo requeridos para o tanque, a perda de pressão introduzida com o corta-chamas deve ser levada em conta.

Assim, em tanques atmosféricos de teto fixo, usar corta chama para fim de linha, à prova de deflagração atmosférica e combustão contínua, obrigatoriamente nos seguintes locais:

- Instalados acoplados ao respiro aberto;
- Instalados em Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo.

Figura – Deflagração atmosférica e combustão contínua

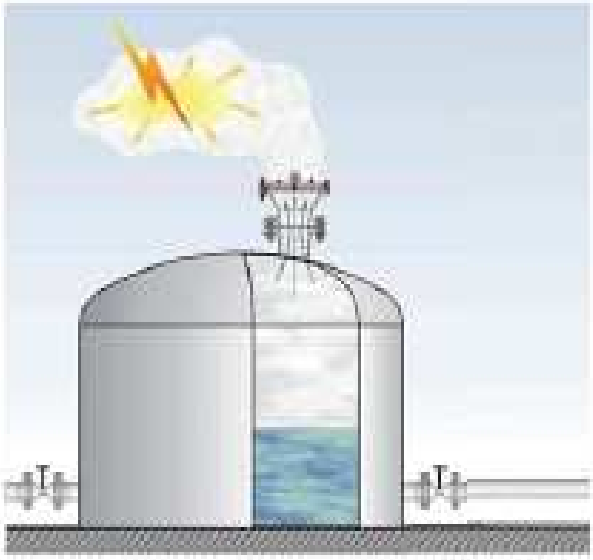
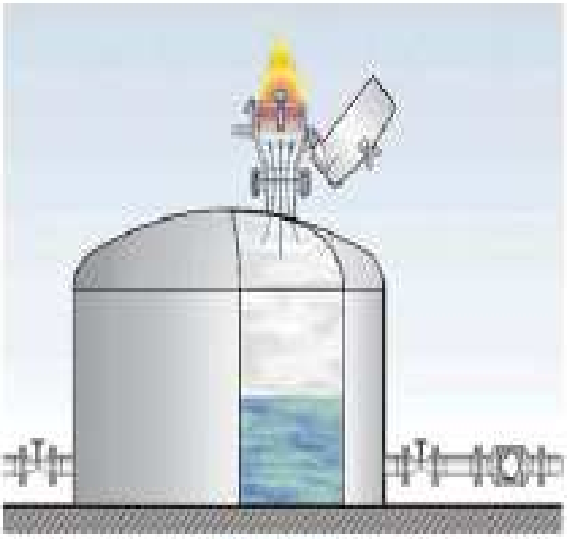
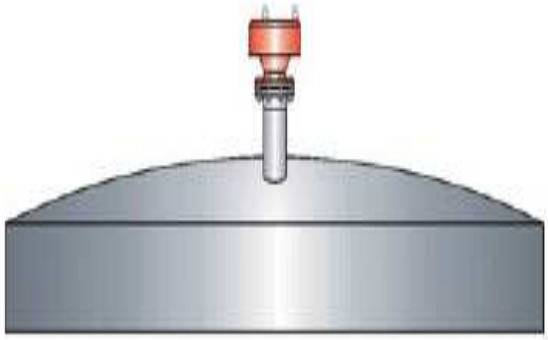
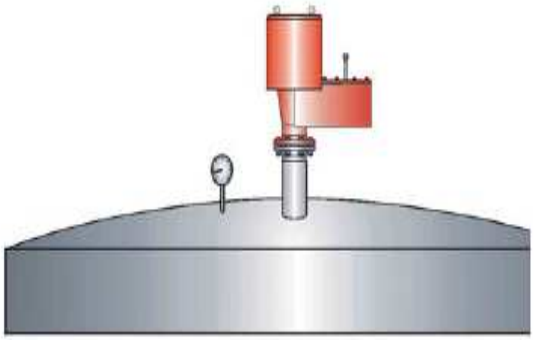
Deflagração atmosférica	Combustão contínua
	

Figura – Corta-chamas em tanque de armazenamento de teto fixo

Respiro livre com corta-chama instalado em Tanque de Armazenamento de teto fixo	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo com corta-chama instalada em Tanque de Armazenamento de teto fixo
	

b. Outras utilizações de corta-chamas em tanques de armazenamento,

- **Proteção das consequências de uma explosão interna em um tanque**

Em algumas aplicações especiais, corta-chamas de deflagração pré-volume são aplicados para proteger o ambiente contra o efeito de uma explosão interna em um tanque ou vaso de pressão.

- **Proteção contra nos casos de emprego de bombas de carga de alta velocidade**

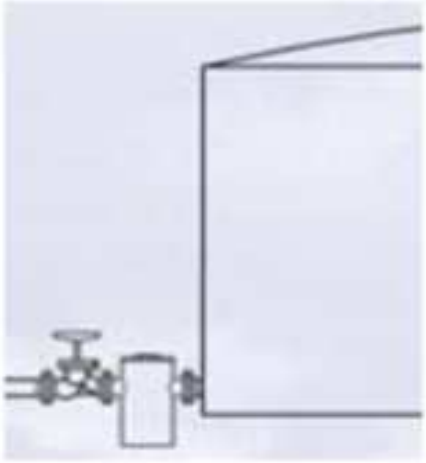
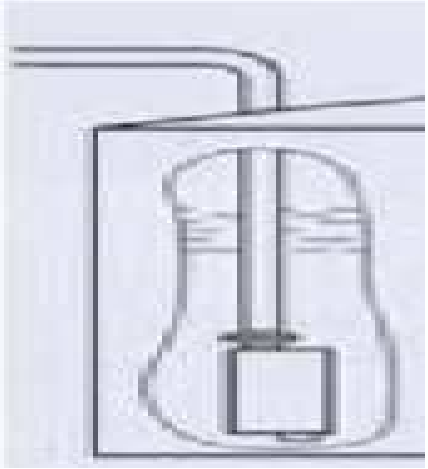
As bombas de produto de tanques, de alta velocidade, podem gerar pelo menos dois inconvenientes:

- Durante o enchimento de um tanque de armazenamento, podem desenvolver cargas eletrostáticas no produto, levando a riscos de explosão.

- Dependendo do tipo e composição do produto armazenado, podem gerar espuma dentro do tanque que afeta o funcionamento da própria bomba, quando o tanque estiver sendo esvaziado.

Para a proteção do tanque, nessas condições, uma possibilidade é o uso de corta-chamas à prova de detonação por selo líquido e com válvula de retenção.
A válvula de retenção auxilia a reduzir o NPSH (Net Positive Suction Head) requerido, e permite o bombeamento mesmo com a presença da espuma.
E o corta-chamas por selo líquido, à prova de detonação, protege o tanque contra explosões ou detonações causadas pela carga eletroestática produzida pela bomba de alta velocidade ao funcionar a seco.

Figura – Corta-chamas nas linhas de líquido de enchimento e de esvaziamento de tanque de armazenamento.

Corta-chamas à prova de deflagração pré-volume nas linhas de líquido de enchimento e de esvaziamento de tanque de armazenamento.	Corta- chamas à prova de detonação de fim de linha nas linhas de líquido de enchimento e de esvaziamento de tanque de armazenamento.
	
Os corta-chamas à prova de deflagração de pré-volume são usados, instalados em tubulações com produtos líquidos combustíveis inflamáveis, para proteger o ambiente contra o efeito de uma explosão interna em um tanque ou vaso de pressão.	Os corta- chamas à prova de detonação de fim de linha são usados, instalados em tubulações com produtos líquidos combustíveis inflamáveis, para proteger a tubulação contra o efeito de uma explosão interna em um tanque ou vaso de pressão.

10.1.2. Sobre obrigatoriedade do corta-chamas em tanques de armazenamento
O uso do dispositivo corta-chamas no respiro aberto ou na válvula de alívio de pressão e vácuo é o método seguro para reduzir o risco da entrada de chamas no interior de equipamentos e tanques.

No passado, até a 5ª edição, o API Std 2000 prescrevia que a Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo era intrinsecamente segura, podendo ser instalada sem corta-chamas, por se admitir que a velocidade de entrada da chama fosse menor que a velocidade de escape dos gases e vapores, através da sede da válvula, impedindo o retorno de chama, de fogo externo.

Atualmente, a partir de 2009, a norma API Std 2000 6ª Edição, no item 4.5.4, consta que testes demonstraram que o fogo se propaga através da Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo, para o interior do tanque, pois a onda de pressão gerada pela deflagração atmosférica é suficiente para elevar o obturador de vácuo, permitindo a entrada de chama no tanque.
Estes testes ainda demonstraram que em baixas vazões, a chama também passa pelo ramal de pressão.

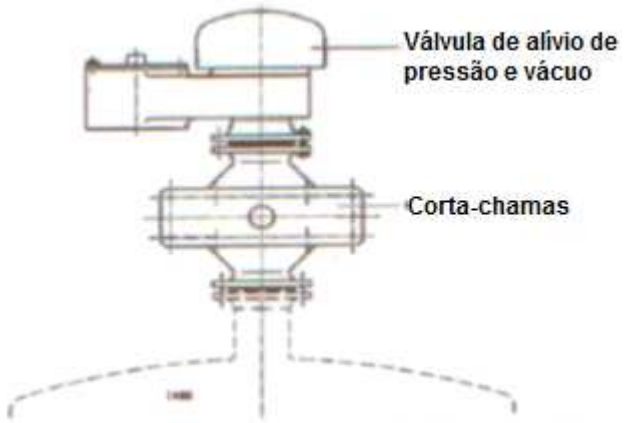
A válvula de alívio de pressão e vácuo não atua como corta chama, isto é, não impede que a chama se propague para o interior do tanque, pois o fluxo de descarga não é estável e elevado o suficiente para impedir a propagação da chama ao interior do tanque.

E cita claramente, no item 4.5.1C, que os corta-chamas são uma solução efetiva para este risco. Assim, a partir da 6ª edição do API RP 2000, é obrigatório o uso de corta-chama em conjunto com Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo, em tanques armazenando líquido com ponto de fulgor *flash point* menor ou igual a 60ºC e em tanques onde o produto é aquecido até ou acima da temperatura do *flash point*. E acima de 60ºC usa-se o respiro aberto
Portanto o corta-chamas deve ser utilizado acoplado com a válvula de alívio de pressão e vácuo e o respiro aberto.

Uma regra prática, para o uso do corta-chamas acoplado ao respiro aberto ou à válvula de alívio de pressão e vácuo, é prever o aumento do diâmetro nominal do bocal do tanque, para o diâmetro imediatamente superior, de modo a compensar a perda de carga adicional que o corta-chamas acarreta.

10.1.3. Instalação do corta-chamas em tanques de armazenamento
O corta chama deve ser localizado de forma a ser facilmente acessado para inspeção e manutenção.
O dispositivo corta-chamas deve ser instalado à jusante do respiro aberto ou da Válvula de alívio de pressão e vácuo, nunca entre o bocal e o respiro ou a válvula.
A instalação ilustrada na figura "Corta chama à montante da Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo" apresenta o inconveniente da destruição da válvula em caso de fogo, conforme a fotografia da figura "Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo submetida a fogo", com grande probabilidade das chamas entrarem no tanque.
Além disso, há o risco do entupimento dos elementos do corta chamas, pelo produto que polimeriza ou forma borra.

Figura – Instalação segura de corta-chamas com válvula de alívio de tanque de armazenamento

Corta chama à montante da Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo	**Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo submetida a fogo**
	

Portanto, a instalação ou montagem mais segura do corta-chamas deve ser na saída da Válvula de alívio de pressão e vácuo ou do respiro aberto, como ilustrado nas figuras a seguir, em que a chama é mantida fora da válvula e o produto não obstrui os elementos do corta chamas.

Figura – Corta-chamas em válvula de alívio de pressão e vácuo

Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo convencional com corta-chamas próprio para deflagração atmosférica e combustão contínua	**Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo tipo conjugada com corta-chamas próprio para deflagração atmosférica e combustão contínua**

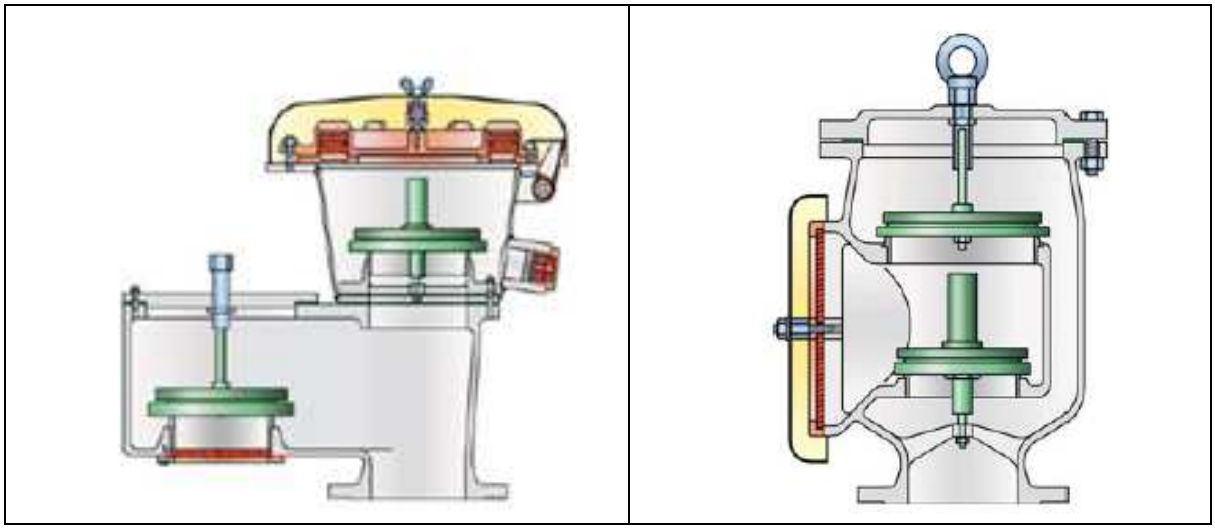
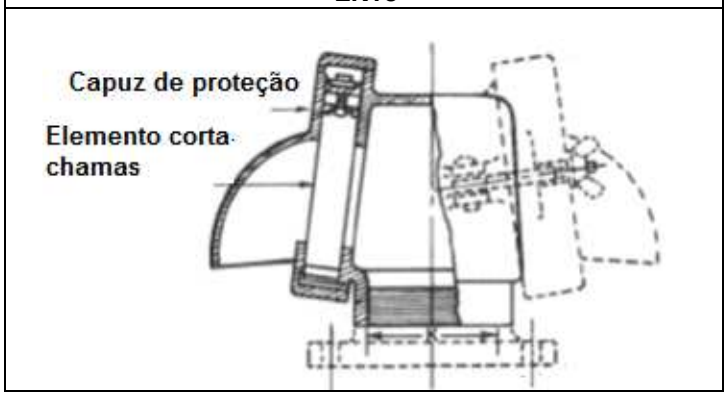


Figura – Corta-chamas em respiro livre

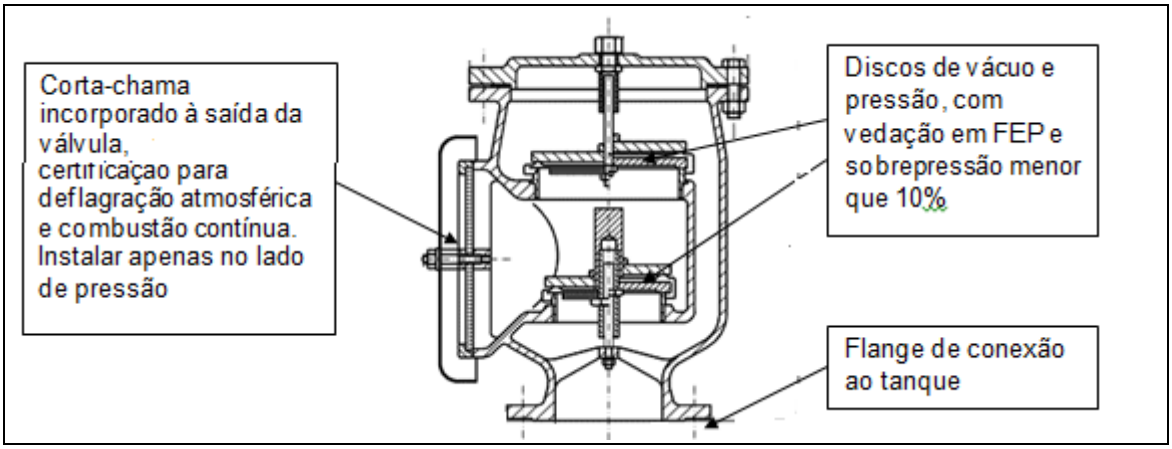
Corta-chamas próprio para deflagração atmosférica e combustão contínua, para instalação em Respiro Livre


10.1.4. Materiais de Válvula de alívio de pressão e vácuo com corta-chamas de tanques de armazenamento

Os materiais, comumente utilizados são:

- Corpo ou carcaça das Válvulas de alívio pressão e vácuo: Ferro Fundido ou Aço Fundido. Não utilizar o Alumínio fundido, pois tem baixo ponto de fusão e não vai resistir à presença da chama.
- Os materiais devem ser conforme as especificações pertinentes das normas do ASTM e as dimensões dos flanges conforme norma ASME B16.5.
- Haste, sede e disco ou palheta: aço inoxidável austenítico Tipo 304.
- A fixação da sede ao corpo deve ser por encravamento, proibido sede colada ou rosqueada ou soldada.
- Material das sedes e das palhetas, de pressão e vácuo, deve ser aço inoxidável austenítico Tipo 304 e o acabamento superficial deve ser polido (“polishing”) e lapidado (“lapping”).
- Vedação sede X disco ou palheta: junta de diafragma de material macio, normalmente Teflon PTFE ou FEP, a depender da temperatura do fluxo de vapores e gases emitido, recobrindo toda a sede, o que evita que a palheta cole na sede.
- Elemento do corta-chamas: aço inoxidável austenítico Tipo 304.

Figura – Materiais de construção de válvula de alívio com corta-chamas



10.2. Testes de certificação de corta-chamas conforme Norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852

10.2.1. Corta-chamas tipo fim-de-linha ("end-of-line") utilizados em tanques de armazenamento

Para os corta-chamas tipo fim-de-linha, a ser utilizados em teto fixo de tanques de armazenamento, a certificação deve compreender os testes de capacidade de vazão ("flow test") e de resistência à passagem de chama ("flame transmission test").

Nessas condições, o corta-chamas deve ter Certificação de Deflagração Atmosférica e Combustão Contínua, sendo previstos os seguintes testes: "flame transmission test" e "endurance burning test".

Tabela - Extratos do International Standard ISO 16852 - Flame arresters — Performance requirements, test methods and limits for use:

ISO 16852 Table 5 — Summary of tests to be conducted

Type of flame arrester		Flame transmission test	Burning test (when required)	Flow test
End-of-line deflagration flame arrester	short time burn proof	7.3.2.1	7.3.4	A.3
	endurance burn proof		7.3.5	

Flame transmission: stabilized burning

Stabilized burning after ignition creates additional hazards in applications where there could be a continuous flow of the explosive mixture towards the unprotected side of the flame arrester. The following situations shall be taken into account:

- if the flow of the explosive mixture can be stopped within a specific time that is between 1 min and 30 min, flame arresters which prevent flame transmission during that period of stabilized burning are suitable for that hazard, and they are classified as safe against short time burning;

- if the flow of the explosive mixture cannot be stopped or, for operational reasons, is not intended to be stopped within 30 min, flame arresters which prevent flame transmission for this type of stabilized burning are suitable for that hazard, and they are classified as safe against endurance burning.

O teste "flame transmission test" é o especificado para certificação à prova de deflagração por descarga atmosférica, que é a verificação da possibilidade do corta-chama permitir a entrada de chama no tanque.

Já "burning test" é o especificado para certificação da resistência à combustão, que pode ser de curta duração ("short time burning") ou de longa duração ("endurance burning"), conforme definido na ISO 16852.

- Combustão de curta duração ("short combustion"), quando o fluxo é interrompido em até 30 minutos.
- Combustão contínua ou de longa duração ("endurance combustion"), se o fluxo da mistura não é interrompido em até 30 minutos.

A partir de testes específicos, está provado que a chama pode passar pela Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo do tanque. Por isso, o corta-chamas a ser especificado, para uso em conjunto

com Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo em Tanques de Teto Fixo, deve ser do tipo fim-de-linha (“end-of-line”), com as seguintes certificações:

- Deve ser certificado para as condições de deflagração atmosférica ("deflagration test") e combustão contínua ("endurance burning tests").
- No teste de certificação de deflagração atmosférica, o corta-chamas não pode deixar a chama passar através do seu elemento interno.
- No teste de certificação de combustão contínua, o elemento interno do corta-chama deve resistir à presença de chama estável e contínua, sem deixar a chama passar nem se deformar ou fundir, por tempo indeterminado.
- A certificação para combustão contínua (“endurance burning”) é somente para o lado de pressão.

Para os corta-chamas fim-de-linha (“end-of-line”) de tanques, não se aceita a certificação para combustão de curta duração, pois a alimentação da chama é externa e não se tem garantia de que seja rapidamente extinta, por isso, o corta-chamas deve ser do tipo combustão contínua (“endurance burning”), em que o tempo de exposição ao fogo é indefinido.

10.2.2. Corta-chamas intermediário ou em-linha (“in-line”), instalados em tubulação ou duto de Sistema de Recuperação de Vapores recolhidos de tanque de armazenamento e redirecionados para processamento ou para incineração.

Além do uso diretamente sobre tanques, os corta-chamas também são utilizados em sistemas de tubulações ou dutos, que interligam tanques ou outros equipamentos.
Um exemplo dessa utilização são corta-chamas à prova de deflagração confinada ou de detonação que protegem as instalações de Sistemas de recolhimento ou recuperação de vapores e gases emitidos de tanques, para reprocessamento ou queima em incinerador.

Para os corta-chamas tipo em-linha, a ser utilizados em instalações de tubulações ou dutos interligando tanques de armazenamento entre si ou a outros equipamentos, a certificação deve compreender os testes de capacidade de vazão (“flow teste”) e de resistência à passagem de chama ("flame transmission test").
Nessas condições, o corta-chamas deve ter Certificação de deflagração confinada ou detonação estável ou detonação instável, a depender da configuração da instalação, e combustão de curta duração ("short time combustion") ou contínua ("endurance burning test").

Tabela - Extrato do International Standard ISO 16852 - Flame arresters — Performance requirements, test methods and limits for use:

ISO 16852 Table 5 — Summary of tests to be conducted

Type of flame arrester		Flame transmission test	Burning test (when required)	Flow test
In-line deflagration flame arrester	short time burn proof	7.3.2.2	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Stable detonation flame arrester without restriction	short time burn proof	7.3.3.2	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Stable detonation flame arrester with restriction	short time burn proof	7.3.3.3	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Unstable detonation flame arrester without restriction	short time burn proof	7.3.3.4	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Unstable detonation flame arrester with restriction	short time burn proof	7.3.3.5	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	

Para os corta-chamas em-linha ("in-line"), isto é, no interior de uma tubulação (entre dois trechos de tubos), é aceitável a certificação de combustão de curta duração "short time burning", desde que sejam instalados sensores de temperatura, para monitorar a temperatura do elemento, que ao indicar o aumento da temperatura no corta-chama, denunciando a presença de chama, a fonte da chama é cortada automaticamente, ou seja, se interrompe a circulação do fluido combustível.

10.3. Materiais de corta-chamas utilizados em instalações de tubulações interligando tanques de armazenamento a outros equipamentos

Os materiais, comumente utilizados são:

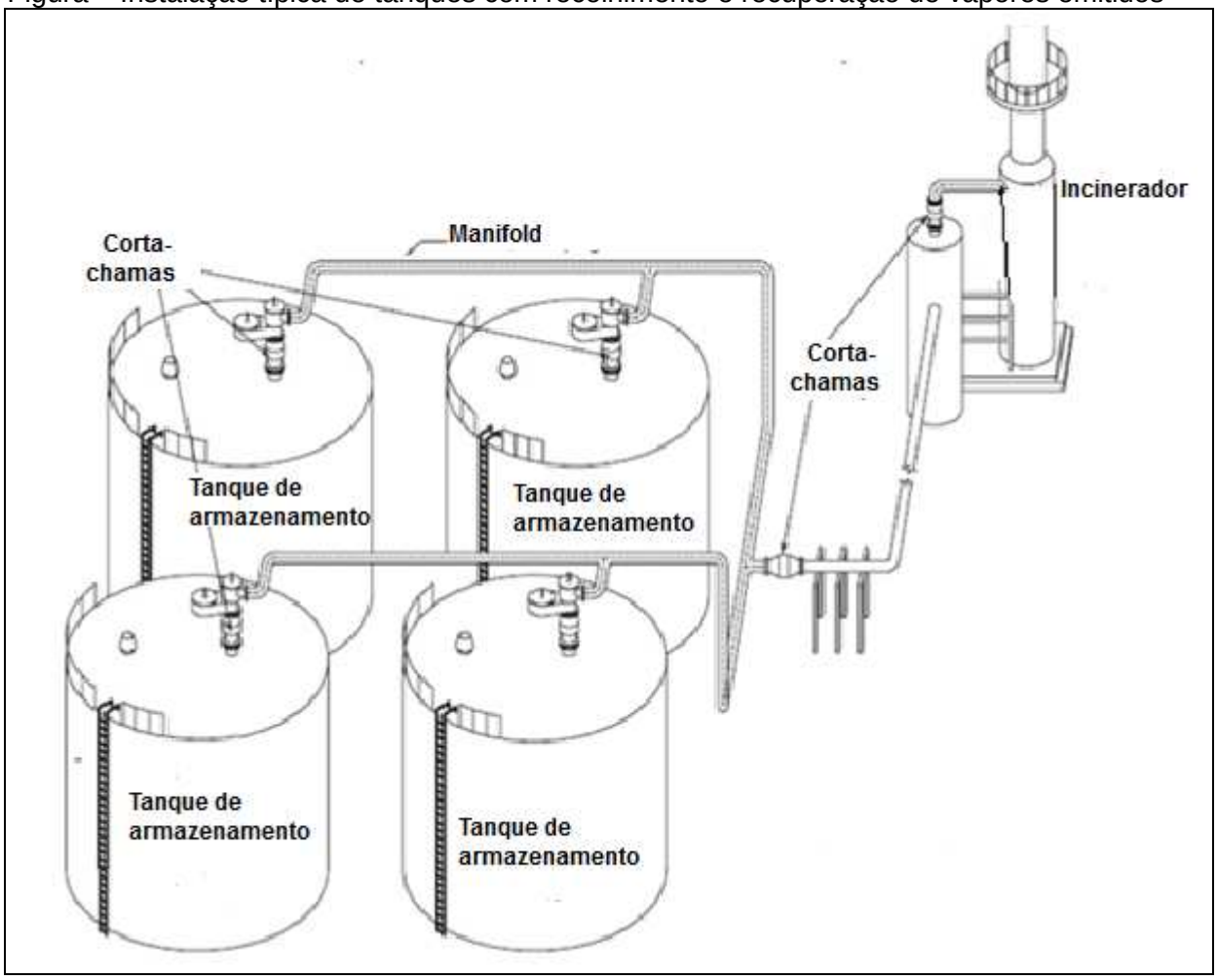
- Corpo ou carcaça: Ferro Fundido ou Aço Fundido. O Alumínio fundido pode ser utilizado desde que se instale um sensor de temperatura, para monitorar a temperatura do elemento, que ao indicar o aumento da temperatura no corta-chama, denunciando a presença de chama, a fonte da chama é cortada automaticamente, ou seja, se interrompe a circulação do fluido combustível.
  Conforme alerta da Norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852, recomenda-se tomar cuidado ao usar materiais, como Alumínio ou plásticos, que podem causar descarga de faíscas ou carga eletrostática.
- Os materiais devem ser conforme as especificações pertinentes das normas ASTM e as dimensões dos flanges conforme a norma ASME B16.5.
- Elemento do corta-chamas: aço inoxidável austenítico Tipo 304.

10.4. Instalação típica de Sistema de Recuperação de Vapores e Gases efluentes do interior de tanque de armazenamento

- **Corta-chamas em-linha instalados nas tubulações e dutos**

Em tanques interligados em sistema de recolhimento dos vapores e gases, é necessário haver corta-chamas à prova de detonação em cada linha.

Figura – Instalação típica de tanques com recolhimento e recuperação de vapores emitidos



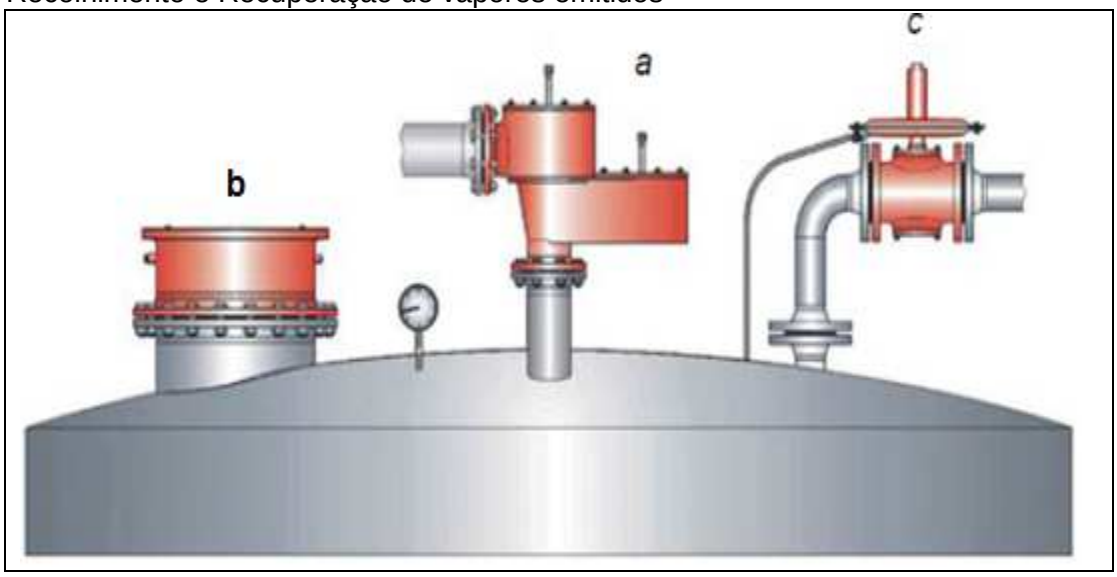
- **Válvulas a serem instaladas no teto fixo de tanque com Sistema de Recuperação dos Vapores e Gases emitidos**

(a) Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo, descarregando para o Sistema de Recuperação dos Vapores emitidos do Tanque;

(b) Válvula de Alívio de Pressão de emergência para o caso de fogo, descarregando para a atmosfera.

(c) Válvula de controle de reposição do colchão de inertização com Nitrogênio, do espaço vapor do tanque, de prevenção contra incêndio.

Figura – Válvulas típicas de teto fixo de tanque interligado a Sistema de Recolhimento e Recuperação de vapores emitidos



11. Possíveis problemas que causam a falha de corta-chamas

O principal risco é a polimerização ou cristalização ou goma de produtos viscosos, que leva à obstrução do interno do corta chamas, obrigando à inspeção frequente e periódica.

Daí a importância de inspeção e manutenção periódicas dos corta-chamas em serviço, pois o entupimento do elemento interno do corta-chamas pode causar sobrepressão ou vácuo no tanque, levando ao colapso do tanque.

Porém outras condições influem diretamente na falta de confiabilidade da instalação:

- Projeto incorreto (vazão insuficiente, alta perda de pressão, etc.);
- Pressão operacional excessiva;
- Tubo desprotegido mais longo que no aparato de teste;
- Falha mecânica ou de material inadequado;
- Deposição de sedimentos, cinza ou cristais do fluido circulante no elemento do corta-chamas;
- Congelamento;
- Tubo de diâmetro maior à montante do corta-chamas;
- Corrosão do elemento e da carcaça;
- Duração mais demorada da chama, além do previsto no projeto;
- Restrições no tubo do lado protegido;
- Corta-chamas de Deflagração onde deveria ser Detonação (por ex. relação L/D >>>27, que caracteriza detonação e não deflagração);
- Erro na especificação do MESG do elemento, por ex.: o combustível é o Etileno (II B3) e elemento utilizado é para combustível tipo II A, logo ocorre a passagem da chama;
- Efeito indesejado da injeção de vapor ou do isolamento térmico;
- By-pass no elemento corta-chamas por tubo de instrumentação;
- Manutenção inadequada;
- A presença de um acessório (curva, redução, bifurcação, válvula, etc.) à montante do corta-chamas pode refletir uma onda de pressão que permitiria a chama passar através do elemento do corta-chamas;
- Caso durante manutenção ou limpeza, seja alterado o espaçamento do elemento, o corta - chama deixa de ser efetivo;
- Falta de certificado de protótipo emitido por entidade idônea (UL, FMC, NFPA, etc.).

12. Marcação do dispositivo corta-chamas conforme norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852

A norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852 requer que o corta-chamas e o elemento interno sejam identificados com as seguintes marcações.

12.1. Marcação do corta-chamas

O corta-chamas deve ser marcado com as seguintes informações:
a) nome e endereço do fabricante;
b) designação do modelo ou série;
c) número de série;
d) ano de fabricação;
e) edição e ano da norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852 utilizada nos testes de certificação;
f) pressão e vácuo de ajuste da válvula de alívio para corta-chamas integrado;
g) pressão de ajuste para corta-chamas dinâmico;
h) lado protegido para o corta-chamas unidirecional;
H) vazão máxima de fluxo para corta-chamas hidráulico;
I) grupo de explosividade e MESG.

Além da marcação, a ISO 16852 ou NBR ISO 16852 requer que haja informações complementares para o usuário, sobre limites de instalação e aplicação, no manual de operação e manutenção do fabricante.

- Designação de tipo de acordo com a norma ISO 16852 ou NBR ISO 16852;
- Para corta-chamas de deflagração, o termo "DEF" e a relação L/D adequada. Para corta-chamas de fim-de-linha, L/D não aplicável;
- Para corta-chamas de detonação, o termo "DET" em combinação com o número de código a seguir:
  "1" - testado para a detonação instável com restrição;
  "2" - testado para a detonação instável sem restrição;
  "3" – testado para detonação estável com restrição;
  "4" – testado para detonação estável sem restrições;
- Para corta-chamas classificado para combustão, o termo "BC" mais a classificação "a", "b" ou "c":
  "a" – combustão contínua (sem limite de tempo de chama);
  "b" – combustão de curta duração (informar o tempo de combustão entre 1 min até 30 min);
  "c" - sem tempo de queima;
- Grupo de explosividade;
- Temperatura de operação;
- Pressão máxima de operação.

12.2. Marcação do elemento corta-chamas

O elemento interno de proteção contra a transmissão de chama deve ser marcado como o próprio corta-chamas ou, no mínimo, com as seguintes informações:
a) nome do fabricante;
b) código de identificação;
c) número ou código de série;
d) lado protegido (somente elementos de corta-chamas uni direcional);
e) MESG e grupo de explosividade.

ANEXOS

Anexo 1

Boas práticas conforme *Annex C Best Practice* da norma API STANDARD 2000 Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks

Os fabricantes e os usuários devem estar atentos aos aspectos listados abaixo.

- A pior condição de instalação de corta-chamas em-linha é a de fluxo verticalmente para cima com a potencial fonte de ignição abaixo.
- O acúmulo de condensado devido à instalação incorreta pode levar a condições de operação incertas e a pressão de operação pode ser excedida.
- O máximo valor de L/D, que é a relação entre o comprimento da tubulação no lado desprotegido e o diâmetro nominal do tubo nesse trecho, não deve ser excedido.
- O diâmetro nominal de tubulação conectada ao lado da fonte de ignição (lado desprotegido) deve ser menor ou igual ao diâmetro nominal do dispositivo corta-chamas.
- O diâmetro nominal de tubulação conectada ao lado protegido deve ser igual ou maior ao diâmetro nominal do lado desprotegido.

- As velocidades das chamas e as pressões de misturas explosivas podem ser realçadas pela turbulência à montante do corta-chamas, que pode ser causada por curvas, válvulas ou qualquer alteração de seção transversal no tubo.
- Para os corta-chamas de deflagração e detonação em-linha, as tubulações no lado desprotegido, ou seja, a tubulação entre a fonte de ignição e a posição do corta-chamas, devem ser tão retas quanto possível sem obstruções.
- Os corta-chamas de chamas dinâmicos são sensíveis à turbulência e à queda de pressão causadas por obstruções e tubulações mais longas no lado protegido, isto é, entre o tanque e o corta-chamas dinâmico. Isso pode causar "batimento nas palhetas" ou oscilações não amortecidas.
- As peças metálicas isoladas eletricamente por juntas de vedação devem ser ligadas à terra (aterradas).
- Os corta-chamas não devem ser posicionados perto de equipamento quente, a menos que sejam certificados para a temperatura elevada, pois a transferência de calor para o corta-chamas reduz o seu desempenho e pode causar falha.
  Além disso, a distância entre os corta-chamas de fim-de-linha de combustão contínua vizinhos deve ser mais de cinco vezes o diâmetro do maior corta-chamas.
- O monitoramento contínuo da queda de pressão, no corta-chamas, é recomendado se o processo é conhecido por conter partículas ou substâncias que podem bloquear o elemento interno do corta-chamas e causar sobrepressão do sistema.
- As válvulas e dispositivos de bloqueio devem estar totalmente abertos durante o funcionamento normal.
- A adequação de um corta-chamas deve ser verificada se as condições do processo ou a configuração da tubulação tiverem sido alteradas.
- O uso de MESG como medida inequívoca da eficácia do corta-chamas não foi ainda validada para uma ampla gama de misturas de gases.
  Se houver alguma dúvida quanto às propriedades de qualquer gás específico ou combinação de gases, devem ser pesquisadas outras referências normativas.
- Possível reação catalítica pode ser evitada escolhendo corretamente o material do elemento interno do corta-chamas.
- Os corta-chamas devem ser instalados de acordo com o manual de operação do fabricante e devem ter manutenção regularmente, dependendo das condições de operação existentes. Se for detectado que uma deflagração ou detonação ou uma queima estabilizada ocorreu no corta-chamas, o dispositivo completo precisa ser verificado.
- A pressão nominal das tubulações e acessórios de tubulação tem que suportar a pressão de explosão esperada sem rompimento.
- Os corta-chamas devem ser instalados de forma a que possam ter fácil acesso para manutenção e ser instalados, adequadamente, perto do componente da planta a ser protegido.

Anexo 2
Avaliação de risco de explosão

A avaliação dos riscos de explosão está focada em:

- Probabilidade de ocorrer uma atmosfera explosiva

E posteriormente em

- Probabilidade de que fontes de ignição estejam presentes e se tornem efetivas.

As áreas perigosas são classificadas em zonas de risco, a partir da frequência e duração de presença de atmosfera explosiva, ou seja, mistura de vapores ou gases explosivos.

Tabela – Zonas de Risco de uma instalação industrial

Zona de risco	Ocorrência da atmosfera explosiva	Exemplo
Zona 0	Constantemente por longos períodos Mais de 10 000 h/ano	No interior de tanque, tubulação ou duto de combustível.
Zona 1	Algumas vezes presente De 10 a 10 000 h/ano	Áreas vizinhas à Zona 0; estações de carregamento de combustíveis; junto a respiro aberto de tanques

Zona 2	Raramente presente e por curto período Menos de 10 h/ano	Junto a respiros e drenos de equipamentos e tubulações.

A análise de risco da segurança da instalação deve ser realizada, para determinar que dispositivos devem ser instalados, para prevenir e combater o fogo.

O número de medidas independentes ou redundâncias necessárias contra a transmissão da chama, quando se enfrentam consequências de alto nível, isto é, alta probabilidade de eventos adversos que resultam em consequências de grande extensão, é mostrado na tabela abaixo, denominada Matriz de Segurança, que considera zona de risco e a existência de fonte de ignição.

Como redundâncias entendem-se:

- Sensores de fogo;
- Corta-chamas;
- Controle de temperatura;
- Rede de combate a fogo com sprinklers;
- Extintor de incêndio tipo canhão.

Tabela – Matriz de Segurança da instalação industrial

Probabilidade de existência de fonte de ignição	**Número de medidas de segurança independentes**		
	Zona 0	Zona 1	Zona 2
Continuamente em operação	3	2	1
Por falha esperada de equipamento	2	1	0
Por falha não esperada de equipamento (ex. Tanque de armazenamento de combustível)	1	0	0
Nenhuma	0	0	0

Anexo 3
Folha de dados de corta-chamas *data sheet* do fabricante Protectoseal

PROTECTOSEAL DETONATION ARRESTER SPECIFICATION SHEET			
COMPANY:		**DATE:**	
PHONE:		**ISSUED BY:**	
FAX:		**ADDRESS:**	
E-MAIL:			
PROJECT:			

SERVICE CONDITIONS

1	Tag Number				
2	Tank Number				
3	Capacity of Tank				
4	Tank Design Pressure mm H_2O				
5	Tank Design Vacuum mm H_2O				
6	Gas / Vapor %Mol or ppm				
	Gas / Vapor % Mol or ppm				
	Gas / Vapor % Mol or ppm				
	Gas / Vapor % Mol or ppm				
	Gas / Vapor % Mol or ppm				
	Gas / Vapor % Mol or ppm				
	Gas / Vapor % Mol or ppm				
	Gas / Vapor % Mol or ppm				
7	Specify by Weight or Volume				
8	Molecular Weight Average				
9	Vapor Group NEC or IEC Rating				

10	Flash Point ºF				
11	Temperature ºF Operating / Maximum	/	/	/	/
12	Pressure Operating / Maximum mm H_2O	/	/	/	/

DETONATION ARRESTER APPLICATION

13	Deflagrations & Stable Detonations				
14	Deflagrations, Stable & Unstable (Overdriven Detonations)				
15	Distance between Arrester & Ignition Source				
16	List Bends between Arrester & Ignition Source				
17	Additional Informations (drawings and isometrics)				

FLOW REQUIREMENTS

18	Flow Requirements				
19	Allowable Pressure Drop Across Arrester				

MATERIALS OF CONSTRUCTION

20	Body Material				
21	Arrester Element Winding				
22	Arrester Element Housing				

DESIGN TYPE

23	Vertical or Horizontal Installation				
24	Size: Inlet / Outlet	/	/	/	/
25	Connection Type				
26	Drain Plugs (qty / size/ NPT or flanged)				
27	Other Options				

RECOMMENDATION

28	Protectoseal Model Number				

Anexo 4

Folha de dados *data sheet* de corta-chamas para detonação instável

In-line Flame Arrester Bi-Directional Unstable Detonation Flame Arrester Data Sheet			
COMPANY			
REFINERY			
E-MAIL			
PHONE			
PROJECT			
SERVICE CONDITIONS			
1 Tag Number			
2 Installation: in-line flame arrester			
3 Identification of the piping or equipment			
4 Design Pressure (barg)			
5 Design temperature (ºC)			
6 Bi-directional flow			
7 Type of fluid and chemical composition: identify the gas or vapor contents			
Gas / Vapor %mol or ppmv			
Gas / Vapor %mol or ppmv			
Gas / Vapor %mol or ppmv			
Gas / Vapor %mol or ppmv			
Gas / Vapor %mol or ppmv			
Gas / Vapor %mol or ppmv			
Gas / Vapor %mol or ppmv			
Gas / Vapor %mol or ppmv			
8 Molecular Weight Average			
9 Flash Point (ºC)			
10 Temperature (ºC) Operating / Maximum			
11 Pressure (barg) Operating / Maximum			
12 Auto ignition temperature (ºC)			
13 Lower Explosive Limit (LEL) and Upper Explosive Limit" (UELFL)			
14 Explosion Vapor Group according to NFPA 497			
15 MESG – Maximum Experimental Safe Group according to NFPA 497			
DETONATION ARRESTER APPLICATION			
16 Suitable for Unstable Detonations this includes Deflagrations and Stable Detonation			
17 Attached are the informations on location of the flame arrester with the isometric drawing showing upstream and downstream piping with pipe dimensions and all accessories like bends, reducers and tees or else up to the arrester. Vendor has to guarantee the arrester good performance for the conditions informed on the isometric.			
18 Additional Informations			
FLOW REQUIREMENTS			
19 Flow Rate (Nm^3/h)			
20 Allowable pressure drop across arrester (bar)			
MATERIALS OF CONSTRUCTION			
21 Arrester Housing or Body			
22 Arrester Element Winding			
23 Bolt or Stud bolts			
24 Nuts			

DESIGN TYPE			
25 Installation: Vertical or Horizontal Position			
26 Size: Inlet / Outlet nominal diameter			
27 Connection type: Flanged ASME B16.5 150 FR 125 RMS			
28 Drain Plugs (qty / size/ NPT or flanged)			
29 Hydrotest pressure (barg)			
30 Leakage test (barg)			

Notes

1- The Detonation Arresters shall be able to stop confined deflagration and unstable detonation.

2- Main characteristics:
Element removal shall be possible with the body or housing in place.
The element assembly shall be not dismountable.
Cleaning of the element assembly with water, steam or air jet.
Provide with temperature sensors.
Provide with differential pressure sensors to detect arrester element clogging.
Provide connections to install a snuffing system with inert gas to extinguishing or cooling by an automatic device.
Provide connections to install local alarms and at control room.
The body or housing shall be designed to the pressure generated by detonation.
Provide a chamber into the body to absorb the flow momentum as designed, tested and certified.
The arrester shall be water proof.
Elements shall be designed and fabricated taking into account the Explosion Group and the respective MESG ("Maximum Experimental Safe Gap") in accordance with NFPA 497- Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.
All welding shall be performed in accordance with ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX.
Flanged or tapped fittings shall be provided on the arrester housing for drains, pressure taps and temperature probes.
Configuration: Concentric housing.
Casting shall be visual inspected by MSS SP-55 and Penetrant Liquid examined according to ASME Sec V.

3- The supply proposal shall include the copy of the Certificate from 3th Party of a prototype tested according to ISO 16852.
The approved Test Labs are:
UL, Underwriters Laboratories;
USCG, United States Coast Guard;
FM – Factory Mutual;
FMC - The Federal Maritime Commission;
NFPA - National Fire Protection Association;
IMO – International Maritime Organization.
IBExU - Institut für Sicherheitstechnik GmbH
PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt

4- Required standards
ISO 16852 Flame arresters — Performance requirements, test methods and limits for use

Anexo 5
Valores de MESG de gases e vapores inflamáveis tabelados pela norma IEC-60079-1-1

INTERNATIONAL STANDARD IEC-60079-1-1 First edition 2002-07
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres –
Part 1-1:
Flameproof enclosures "d" –
Method of test for ascertainment of maximum experimental safe gap

6.4 Tabulated values

60079-1-1 © IEC:2002 – 15 –

Table 1 – Tabulated values

Inflammable gas or vapour		Most incendive mixture Volume %	MESG mm	$g_{100} - g_0$ mm
Carbon monoxide	CO	40,8	0,94	0,03
Methane	CH_4	8,2	1,14	0,11
Propane	C_3H_3	4,2	0,92	0,03
Butane	C_4H_{10}	3,2	0,98	0,02
Pentane	C_5H_{12}	2,55	0,93	0,02
Hexane	C_6H_{14}	2,5	0,93	0,02
Heptane	C_7H_{16}	2,3	0,91	0,02
Iso-octane	C_8H_{18}	2,0	1,04	0,04
n-Octane	C_7H_{18}	1,94	0,94	0,02
Decane	$C_{10}H_{22}$	120/105 (mg/l)	[1,02]	–
Cyclohexanone	$C_6H_{10}O$	3,0	0,95	0,03
Acetone	C_3H_6O	5,9/4,5	[1,02]	–
Methyl ethyl ketone	C_4H_8O	4,8	0,92	0,02
Methyl acetate	$C_3H_6O_2$	208/152 (mg/l)	[0,99]	–
Ethyl acetate	$C_4H_8O_2$	4,7	0,99	0,04
n-Propyl acetate	$C_5H_{10}O_2$	135 (mg/l)	[1,04]	–
Cyclohexane	C_6H_{12}	90 (mg/l)	[0,94]	–
n-Butyl acetate	$C_6H_{12}O_2$	130 (mg/l)	[1,02]	–
Amyl acetate	$C_7H_{14}O_2$	110 (mg/l)	[0,99]	–
Vinyl Chloride	C_2H_3Cl	7,3	0,99	0,04
Methanol	CH_3OH	11,0	0,92	0,03
Ethanol	C_2H_5OH	6,5	0,89	0,02
Vinylidene chloride	$C_2H_2Cl_2$	10,5	3,91	0,08
Phenyltrifluormethane	$C_6H_5CF_3$	19,3	1,40	0,05
Isobutanol	$C_4H_{10}O$	105/125 (mg/l)	[0,96]	–
n-Butanol	$C_4H_{10}O$	115/125 (mg/l)	[0,94]	–
Pentanol	$C_5H_{11}OH$	100/100 (mg/l)	[0,99]	–
Ethylnitride	C_2H_5ONO	270/270 (mg/l)	[0,96]	–
Ammonia	NH_3	24,5/17,0	[3,17]	–
1,3-Butadiene	C_4H_6	3,9	0,79	0,02
Ethylene	C_2H_4	6,5	0,65	0,02
Diethyl ether	$C_4H_{10}O$	3,47	0,87	0,01

NOTE Values in square brackets, e.g. [0,96] are those obtained with the United Kingdom 8-litre sphere apparatus and not with the apparatus described in this standard. In these cases, the two gas concentrations quoted are the most incentive internal mixture and the most easily ignited external mixture.

All other values are obtained with the standard apparatus described in this standard, but in general with three tests per step of adjustment only.

Table 1 – Tabulated values (*continued*)

Inflammable gas or vapour		Most incentive mixture Volume %	MESG mm	$g_{100} - g_0$ mm
Ethylene oxide	C_2H_4O	~8	0,59	0,02
Town gas	H_2 57 % CO 16 %	~21/~21	[0,53]	–
Acetylene	C_2H_2	8,5	0,37	0,01
Hydrogen	H_2	27	0,29	0,01
Carbon disulphide	CS_2	8,5	0,34	0,02
Dioxane	$C_4H_8O_2$	4,75	0,70	0,02
Isopentane	C_5H_{12}	2,45	0,98	0,02
n-Butyl chloride	C_4H_9Cl	3,9	1,06	0,04
Di-*n*-Butyl ether	C_8H_{18}	2,6	0,86	0,02
Dimethyl ether	C_2H_6O	7,0	0,84	0,06
Propylene	C_3H_6	4,8	0,91	0,02
Acetonitrile	C_2H_3N	7,2	1,50	0,05
Di-isopropyl ether	$C_6H_{14}O$	2,6	0,94	0,06
1,2-Dichloroethane	$C_2H_4Cl_2$	9,5	1,80	0,05
Propylene oxide	C_3H_6O	4,55	0,70	0,03
Ethane	C_2H_6	5,9	0,91	0,02
Methyl isobutyl ketone	$C_6H_{12}O$	3,0	0,98	0,03
Acrylonitrile	$CH_2 = CHCN$	7,1	0,87	0,02
Methyl acrylate	$C_4H_6O_2$	5,6	0,85	0,02
Butylglycolate	$C_6H_{12}O_3$	4,2	0,88	0,02
2,4-Pentanedione	$C_5H_8O_2$	3,3	0,95	0,15
Hexanol	$C_6H_{13}OH$	3,0	0,94	0,06
Isopropanol	C_3H_7OH	5,1	0,99	0,02
Ethyl acrylate	$C_5H_8O_2$	4,3	0,86	0,04
Hydrocyanic acid	HCN	18,4	0,80	0,02
Vinyl acetate	$C_4H_6O_2$	4,75	0,94	0,02

Anexo 6
Valores de MESG de gases e vapores inflamáveis tabelados pela norma NFPA 497

Classification of the combustibles and inflammables and correspondent MESG according to NFPA 497 Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.

NFPA 497 Chemical (Vapor) Classification

Group A

Acetylene

Group B

Acrolein (Inhibited)
Allyl Glycidyl Ether
1,3-Butadiene
n-Butyl Glycidyl Ether
Ethylene Oxide
Formaldehyde (Gas)
Hydrogen
Manufactured Gases containing at least 30% hydrogen (by volume)
Propyl Nitrate
Propylene Oxide

Group C

Acetaldhyde
Allyl Alcohol
n-Butyraldehyde
n-Butyl Formal
Butyl Mercaptan
Carbon Monoxide
Chloroacetaldehyde
1-Chloro-1-Nitropropane
Crotonaldehyde
n-Decaldehyde
1,1 Dichloro-1-Nitroethane
Dicyclopentadiene
Diethylamine
Diethylaminoethanol
Diethyl Ether
Diethylene Glycol Monobutyl Ether
Diethylene Glycol Monomethyl Ether
n-n-Dimethyl Aniline
Dimethylamine
Di-N- Propylamine
1,4-Dioxane
Dipropylene Glycol Methyl Ether
Diisopropylamine
Epichlorohydrin
Ethylene
Ethylenimine
Ethylene Glycol Monoethyl Ether Acetate
Ethylene Glycol Monobutyl Ether Acetate
Ethylene Glycol Monobutyl Ether
Ethylene Glycol Monoethyl Ether
2-Ethylhexaldehyde
Ethyl Mercaptan
n-Ethyl Morpholine
2-Ethyl-3-Propyl Acrolein
Furfural
Furfuryl Alcohol
Hydrazine
Hydrogen Cyanide
Hydrogen Selenide
Hydrogen Sulfide
Isobutyraldehyde
Isodecaldehyde
Isooctyl Aldehyde
Isopropyl Glycidyl Ether
Methyl Ether
Methyl Formal
Methyl Mercaptan
Methylacetylene
Methylacetylene-Propadiene
Methylal
Monomethyl Aniline
Monomethyl Hydrazine
Morpholine
Nitroethane
Nitromethane
1-Nitropropane
2-Nitropropane
Propionaldehyde
n-Propyl Ether
Tetrahydrofuran
Tetramethyl Lead
Triethylamine
Unsymmetrical Dimethyl Hydrazine
Valeraldehyde
Xylidine

Group D

Acetic Acid
Acetic Acid-Tert.-Butyl Ester
Acetic Anhydride
Acetone
Acetone Cyanohydrin
Acetonitrile
Acrylic Acid
Acrylonitrile
Adiponitrile
Allyl Chloride
Alpha-Methyl Styrene
Ammonia
n-Amyl Acetate
sec-Amyl Acetate
tert-Butyl Acetate
Aniline
Benzene
Benzyl Chloride
Bromopropyne
n-Butane
Butylene
Butyl Acrylate (Inhibited)
1-Butanol
Butyl alcohol (s) (butanol-2)
Butylamine
Butylene
n-Butyl Acetate
sec-Butyl Acetate
Butyl-2-Propenoate
para tert.-Butyl Toluene
n-Butyric Acid
Carbon Disulfide
Chlorobenzene
Chloroprene
Cresol
Cumene
Cyclohexane
Cyclohexanol
Cyclohexanone
Cyclohexene
Cyclopropane
p-Cymene
Decene
n-Decanol
Decyl Alcohol
Diacetone Alcohol
Di-Isobutylene
Di-Isobutyl Ketone
1,4-Dichloro-2,3 Epoxybutane
1,1-Dichloroethane
1,2-Dichloroethylene
1,3-Dichloropropene
Diethyl Benzene
Dimethyl Formamide
Dimethyl Sulfate
2,2-Dimethylbutane
2,3-Dimethylheptane
3,3-Dimethylheptane
2,3-Dimethylhexane
2,3-Dimethylpentane
Dipentene
Dodecene
Ethane
Ethanol
Ethylamine
Ethylenediamine
Ethylene Chlorohydrin
Ethylene Dichloride
Ethylene Glycol Monomethyl Ether
2-Ethylhexanol
2-Ethylhexyl Acrylate
Ethyl Acetate
Ethyl Acrylate (Inhibited)
Ethyl Alcohol
Ethyl Sec-Amyl Ketone
Ethyl Benzene
Ethyl Butanol
Ethyl Butyl Ketone
Ethyl Chloride
Ethyl Formate
Ethyl Silicate
Formic Acid
Fuel Oil 1
Gasoline
n-Heptane
n-Heptene
n-Hexane
Hexanol
n-Hexanone
Hexene
sec-Hexyl Acetate
Isoamyl Acetate
Isoamyl Alcohol
Isobutane
Isobutyl Acetate
Isobutyl Acrylate
Isobutyl Alcohol
Isohexane
Isopentane
Isophorone
Isoprene
Isopropyl Acetate
Isopropyl Ether
Isopropylamine
Kerosone
Liquified Petroleum Gas
Mesityl Oxide
Methane
Methanol
Methyl Acetate
Methyl Acrylate
Methyl Alcohol
Methyl Amyl Alcohol
Methyl Chloride
Methyl Ethyl Keotone
Methyl Formate
2-Methylhexane
Methyl Isobutyl Keotone
Methyl Isocyanate
Methyl Methacrylate
Methyl N-Amyl Ketone
Methyl Tertiary Butyl Ether
2-Methylpropane
Methyl 1-Propanol
Methyl 2-Propanol
2-Methyl 5-Ethyl Pyridine
Methylamine
2-Methylbutane
Methylcyclohexane
Methylcyclohexanol
2-Methycyclohexanone
2-Methylheptane
3-Methylhexane
2-Methylpropane
3-Methylpentane
2 Methyl-1-Propanol
2-Methyl-2-Propanol
2-Methyloctane
3-Methyloctane
4-Methyloctane
Monoethanolamine
Monoisopropanolamine
Naptha (Coal Tar)
Naptha (Petroleum)
Neopentane
nitrobenzene
n-Nonane
Nonene
Nonyl Alcohol
n-Octane
Octene
n-Octyl Alcohol
n-Pentane
1-Pentanol
2-Pentanone
1-Pentene
2-Pentene
2-Pentyl Acetate
Phenylhydrazine
Propane
1-Propanol
2-Propanol
Propiolactone
Propionic Acid
Propionic Anhydride
N-Propyl Acetate
Propylene
Propylene Dichloride
Pyridine
Styrene
Tetrahydrnaphthalene
Toluene
n-Tridecene
Triethylbenzene
2,2,3-Trimethylbutane
2,2,4-Trimethylbutane
2,2,3-Trimethylpentane
2,2,4-Trimethylpentane
2,3,3-Trimethylpentane
Triproppylamine
Turpentine
n-Undecene
Vinyl Acetate
Vinyl Chloride
Vinyl Toluene
Vinylidene Chloride
Xylene

The information on this page is taken from NFPA 497 - Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas 2012. It is provided for reference only and is not to be used for design purposes. Only some of the materials listed here have been classified by test. Refer to NFPA 497 for more detailed information on this table and a more complete explanation of material classification.

Table 4.4.2 Selected Chemicals

Chemical	CAS No.	Class I Division Group	Type[a]	Flash Point (°C)	AIT (°C)	%LFL	%UFL	Vapor Density (Air = 1)	Vapor Pressure[b] (mm Hg)	Class I Zone Group[c]	MIE (mJ)	MIC Ratio	MESG (mm)
Acetaldehyde	75-07-0	C[d]	I	−38	175	4.0	60.0	1.5	874.9	IIA	0.37	0.98	0.92
Acetic Acid	64-19-7	D[d]	II	39	426		19.9	2.1	15.6	IIA		2.67	1.76
Acetic Acid-tert-Butyl Ester	540-88-5	D	II			1.7	9.8	4.0	40.6				
Acetic Anhydride	108-24-7	D	II	49	316	2.7	10.3	3.5	4.9	IIA			1.23
Acetone	67-64-1	D[d]	I	−20	465	2.5	12.8	2.0	230.7	IIA	1.15	1.00	1.02
Acetone Cyanohydrin	75-86-5	D	IIIA	74	688	2.2	12.0	2.9	0.3				
Acetonitrile	75-05-8	D	I	6	524	3.0	16.0	1.4	91.1	IIA			1.50
Acetylene	74-86-2	A[d]	GAS		305	2.5	100	0.9	36600	IIC	0.017	0.28	0.25
Acrolein (Inhibited)	107-02-8	B(C)[d]	I		235	2.8	31.0	1.9	274.1	IIB	0.13		
Acrylic Acid	79-10-7	D	II	54	438	2.4	8.0	2.5	4.3	IIB			0.86
Acrylonitrile	107-13-1	D[d]	I	0	481	3	17	1.8	108.5	IIB	0.16	0.78	0.87
Adiponitrile	111-69-3	D	IIIA	93	550			1.0	0.002				
Allyl Alcohol	107-18-6	C[d]	I	22	378	2.5	18.0	2.0	25.4	IIB			0.84
Allyl Chloride	107-05-1	D	I	−32	485	2.9	11.1	2.6	366	IIA		1.33	1.17
Allyl Glycidyl Ether	106-92-3	B(C)[e]	II		57			3.9					
Alpha-Methyl Styrene	98-83-9	D	II		574	0.8	11.0	4.1	2.7				
n-Amyl Acetate	628-63-7	D	I	25	360	1.1	7.5	4.5	4.2	IIA			1.02
sec-Amyl Acetate	626-38-0	D	I	23		1.1	7.5	4.5		IIA			
Ammonia	7664-41-7	D[d,f]	GAS		651	15	28	0.6	7498.0	IIA	680	6.85	3.17
Aniline	62-53-3	D	IIIA	70	615	1.2	8.3	3.2	0.7	IIA			
Benzene	71-43-2	D[d]	I	−11	498	1.2	7.8	2.8	94.8	IIA	0.20	1.00	0.99
Benzyl Chloride	98-87-3	D	IIIA		585	1.1		4.4	0.5				
Bromopropyne	106-96-7	D	I	10	324	3.0							
n-Butane	106-97-8	D[d,g]	GAS		288	1.9	8.5	2.0		IIA	0.25	0.94	1.07
1,3-Butadiene	106-99-0	B(D)[d,e]	GAS		420	2.0	11.5	1.9		IIB	0.13	0.76	0.79
1-Butanol	71-36-3	D[d]	I	36	343	1.4	11.2	2.6	7.0	IIA			0.91
Butyl alcohol (s) (butanol-2)	78-92-2	D[d]	I	23.8	405	1.7	9.8	2.6		IIA			
Butylamine	109-73-9	D	GAS	−12	312	1.7	9.8	2.5	92.9	IIA		1.13	
Butylene	25167-67-3	D	I		385	1.6	10.0	1.9	2214.6	IIA			0.94
n-Butyraldehyde	123-72-8	C[d]	I	−12	218	1.9	12.5	2.5	112.2	IIA			0.92
n-Butyl Acetate	123-86-4	D[d]	I	22	421	1.7	7.6	4.0	11.5	IIA		1.08	1.04
sec-Butyl Acetate	105-46-4	D	II	−8		1.7	9.8	4.0	22.2				
tert-Butyl Acetate	540-88-5	D	II			1.7	9.8	4.0	40.6				
n-Butyl Acrylate (Inhibited)	141-32-2	D	II	49	293	1.7	9.9	4.4	5.5	IIB			0.88
n-Butyl Glycidyl Ether	2426-08-6	B(C)[e]	II										
n-Butyl Formal	110-62-3	C	IIIA						34.3				
Butyl Mercaptan	109-79-5	C	I	2				3.1	46.4				
Butyl-2-Propenoate	141-32-2	D	II	49		1.7	9.9	4.4	5.5				
para tert-Butyl Toluene	98-51-1	D	IIIA										
n-Butyric Acid	107-92-6	D[d]	IIIA	72	443	2.0	10.0	3.0	0.8				
Carbon Disulfide	75-15-0	[d,h]	I	−30	90	1.3	50.0	2.6	358.8	IIC	0.009	0.39	0.20
Carbon Monoxide	630-08-0	C[d]	GAS		609	12.5	74	0.97		IIB			0.54
Chloroacetaldehyde	107-20-0	C	IIIA	88					63.1				
Chlorobenzene	108-90-7	D	I	29	593	1.3	9.6	3.9	11.9				
1-Chloro-1- Nitropropane	2425-66-3	C	IIIA										
Chloroprene	126-99-8	D	GAS	−20		4.0	20.0	3.0					
Cresol	1319-77-3	D	IIIA	81	559	1.1		3.7					
Crotonaldehyde	4170-30-3	C[d]	I	13	232	2.1	15.5	2.4	33.1	IIB			0.81
Cumene	98-82-8	D	I	36	424	0.9	6.5	4.1	4.6	IIA			1.05
Cyclohexane	110-82-7	D	I	−17	245	1.3	8.0	2.9	98.8	IIA	0.22	1.0	0.94
Cyclohexanol	108-93-0	D	IIIA	68	300			3.5	0.7	IIA			
Cyclohexanone	108-94-1	D	II	44	420	1.1	9.4	3.4	4.3	IIA			0.98
Cyclohexene	110-83-8	D	I	−6	244	1.2		2.8	89.4	IIA		0.97	
Cyclopropane	75-19-4	D[d]	I		503	2.4	10.4	1.5	5430	IIA	0.17	0.84	0.91
p-Cymene	99-87-6	D	II	47	436	0.7	5.6	4.6	1.5	IIA			
Decene	872-05-9	D	II		235			4.8	1.7				
n-Decaldehyde	112-31-2	C	IIIA						0.09				
n-Decanol	112-30-1	D	IIIA	82	288			5.3	0.008				
Decyl Alcohol	112-30-1	D	IIIA	82	288			5.3	0.008				
Diacetone Alcohol	123-42-2	D	IIIA	64	603	1.8	6.9	4.0	1.4				

Table 4.4.2 *Continued*

Chemical	CAS No.	Class I Division Group	Type[a]	Flash Point (°C)	AIT (°C)	%LFL	%UFL	Vapor Density (Air = 1)	Vapor Pressure[b] (mm Hg)	Class I Zone Group[c]	MIE (mJ)	MIC Ratio	MESG (mm)
Di-Isobutylene	25167-70-8	D[d]	I	2	391	0.8	4.8	3.8			0.96		
Di-Isobutyl Ketone	108-83-8	D	II	60	396	0.8	7.1	4.9	1.7				
o-Dichlorobenzene	955-50-1	D	IIIA	66	647	2.2	9.2	5.1		IIA			
1,4-Dichloro-2,3 Epoxybutane	3583-47-9	D[d]	I			1.9	8.5	2.0		IIA	0.25	0.98	1.07
1,1-Dichloroethane	1300-21-6	D	I		458	6.2	16.0	3.4	227	IIA			1.82
1,2-Dichloroethylene	156-59-2	D	I	97	460	5.6	12.8	3.4	204	IIA			3.91
1,1-Dichloro-1- Nitroethane	594-72-9	C	IIIA	76				5.0					
1,3-Dichloropropene	10061-02-6	D	I	35		5.3	14.5	3.8					
Dicyclopentadiene	77-73-6	C	I	32	503				2.8	IIA			0.91
Diethylamine	109-87-9	C[d]	I	−28	312	1.8	10.1	2.5		IIA			1.15
Diethylaminoethanol	100-37-8	C	IIIA	60	320			4.0	1.6	IIA			
Diethyl Benzene	25340-17-4	D	II	57	395			4.6					
Diethyl Ether (Ethyl Ether)	60-29-7	C[d]	I	−45	160	1.9	36	2.6	538	IIB	0.19	0.88	0.83
Diethylene Glycol Monobutyl Ether	112-34-5	C	IIIA	78	228	0.9	24.6	5.6	0.02				
Diethylene Glycol Monomethyl Ether	111-77-3	C	IIIA	93	241				0.2				
n-n-Dimethyl Aniline	121-69-7	C	IIIA	63	371	1.0		4.2	0.7				
Dimethyl Formamide	68-12-2	D	II	58	455	2.2	15.2	2.5	4.1	IIA			1.08
Dimethyl Sulfate	77-78-1	D	IIIA	83	188			4.4	0.7				
Dimethylamine	124-40-3	C	GAS		400	2.8	14.4	1.6		IIA			
2,2-Dimethylbutane	75-83-2	D[g]	I	−48	405				319.3				
2,3-Dimethylbutane	78-29-8	D[g]	I		396								
3,3-Dimethylheptane	1071-26-7	D[g]	I		325				10.8				
2,3-Dimethylhexane	31394-54-4	D[g]	I		438								
2,3-Dimethylpentane	107-83-5	D[g]	I		335				211.7				
Di-N-Propylamine	142-84-7	C	I	17	299				27.1	IIA			0.95
1,4-Dioxane	123-91-1	C[d]	I	12	180	2.0	22.0	3.0	38.2	IIB	0.19		0.70
Dipentene	138-86-3	D	II	45	237	0.7	6.1	4.7		IIA			1.18
Dipropylene Glycol Methyl Ether	34590-94-8	C	IIIA	85		1.1	3.0	5.1	0.5				
Diisopropylamine	108-18-9	C	GAS	−6	316	1.1	7.1	3.5		IIA			1.02
Dodecene	6842-15-5	D	IIIA	100	255								
Epichlorohydrin	3132-64-7	C[d]	I	33	411	3.8	21.0	3.2	13.0				
Ethane	74-84-0	D[d]	GAS	−29	472	3.0	12.5	1.0		IIA	0.24	0.82	0.91
Ethanol	64-17-5	D[d]	I	13	363	3.3	19.0	1.6	59.5	IIA		0.88	0.89
Ethylamine	75-04-7	D[d]	I	−18	385	3.5	14.0	1.6	1048		2.4		
Ethylene	74-85-1	C[d]	GAS		490	2.7	36.0	1.0		IIB	0.070	0.53	0.65
Ethylenediamine	107-15-3	D[d]	I	33	385	2.5	12.0	2.1	12.5				
Ethylenimine	151-56-4	C[d]	I	−11	320	3.3	54.8	1.5	211		0.48		
Ethylene Chlorohydrin	107-07-3	D	IIIA	59	425	4.9	15.9	2.8	7.2				
Ethylene Dichloride	107-06-2	D[d]	I	13	413	6.2	16.0	3.4	79.7				
Ethylene Glycol Monoethyl Ether Acetate	111-15-9	C	II	47	379	1.7		4.7	2.3	IIA		0.53	0.97
Ethylene Glycol Monobutyl Ether Acetate	112-07-2	C	IIIA		340	0.9	8.5		0.9				
Ethylene Glycol Monobutyl Ether	111-76-2	C	IIIA		238	1.1	12.7	4.1	1.0				
Ethylene Glycol Monoethyl Ether	110-80-5	C	II		235	1.7	15.6	3.0	5.4				0.84
Ethylene Glycol Monomethyl Ether	109-86-4	D	II		285	1.8	14.0	2.6	9.2				0.85
Ethylene Oxide	75-21-8	B(C)[d,e]	I	−20	429	3	100	1.5	1314	IIB	0.065	0.47	0.59
2-Ethylhexaldehyde	123-05-7	C	II	52	191	0.8	7.2	4.4	1.9				
2-Ethylhexanol	104-76-7	D	IIIA	81		0.9	9.7	4.5	0.2				
2-Ethylhexyl Acrylate	103-09-3	D	IIIA	88	252				0.3				
Ethyl Acetate	141-78-6	D[d]	I	−4	427	2.0	11.5	3.0	93.2	IIA	0.46		0.99
Ethyl Acrylate (Inhibited)	140-88-5	D[d]	I	9	372	1.4	14.0	3.5	37.5	IIA			0.86
Ethyl Alcohol	64-17-5	D[d]	I	13	363	3.3	19.0	1.6	59.5	IIA		0.88	0.89
Ethyl Sec-Amyl Ketone	541-85-5	D	II	59									
Ethyl Benzene	100-41-4	D	I	15	432	0.8	6.7	3.7	9.6				
Ethyl Butanol	97-95-0	D	II	57		1.2	7.7	3.5	1.5				
Ethyl Butyl Ketone	106-35-4	D	II	46				4.0	3.6				

Table 4.4.2 *Continued*

Chemical	CAS No.	Class I Division Group	Type[a]	Flash Point (°C)	AIT (°C)	%LFL	%UFL	Vapor Density (Air = 1)	Vapor Pressure[b] (mm Hg)	Class I Zone Group[c]	MIE (mJ)	MIC Ratio	MESG (mm)
Ethyl Chloride	75-00-3	D	GAS	−50	519	3.8	15.4	2.2					
Ethyl Formate	109-94-4	D	GAS	−20	455	2.8	16.0	2.6		IIA			0.94
Ethyl Mercaptan	75-08-1	C[d]	I	−18	300	2.8	18.0	2.1	527.4	IIB		0.90	0.90
n-Ethyl Morpholine	100-74-3	C	I	32				4.0					
2-Ethyl-3-Propyl Acrolein	645-62-5	C	IIIA	68				4.4					
Ethyl Silicate	78-10-4	D	II					7.2					
Formaldehyde (Gas)	50-00-0	B	GAS		430	7	73	1.0		IIB			0.57
Formic Acid	64-18-6	D	II	50	434	18.0	57.0	1.6	42.7	IIA			1.86
Fuel Oil 1	8008-20-6	D	II or IIIA[k]	38–72[k]	210	0.7	5.0						
Fuel Oil 2			II or IIIA[k]	52–96[k]	257								
Fuel Oil 6			IIIA or IIIB[k]	66–132[k]									
Furfural	98-01-1	C	IIIA	60	316	2.1	19.3	3.3	2.3				0.94
Furfuryl Alcohol	98-00-0	C	IIIA	75	490	1.8	16.3	3.4	0.6				
Gasoline	8006-61-9	D[d]	I	−46	280	1.4	7.6	3.0					
n-Heptane	142-82-5	D[d]	I	−4	204	1.0	6.7	3.5	45.5	IIA	0.24	0.88	0.91
n-Heptene	81624-04-6	D[g]	I	−1	204			3.4					0.97
n-Hexane	110-54-3	D[d,g]	I	−23	225	1.1	7.5	3.0	152	IIA	0.24	0.88	0.93
Hexanol	111-27-3	D	IIIA	63				3.5	0.8	IIA			0.98
2-Hexanone	591-78-6	D	I	35	424	1.2	8.0	3.5	10.6				
Hexene	592-41-6	D	I	−26	245	1.2	6.9		186				
sec-Hexyl Acetate	108-84-9	D	II	45				5.0					
Hydrazine	302-01-2	C	II	38	23		98.0	1.1	14.4				
Hydrogen	1333-74-0	B[d]	GAS		500	4	75	0.1		IIC	0.019	0.25	0.28
Hydrogen Cyanide	74-90-8	C[d]	GAS	−18	538	5.6	40.0	0.9		IIB			0.80
Hydrogen Selenide	7783-07-5	C	I						7793				
Hydrogen Sulfide	7783-06-4	C[d]	GAS		260	4.0	44.0	1.2		IIB	0.068		0.90
Isoamyl Acetate	123-92-2	D	I	25	360	1.0	7.5	4.5	6.1				
Isoamyl Alcohol	123-51-3	D	II	43	350	1.2	9.0	3.0	3.2	IIA			1.02
Isobutane	75-28-5	D[g]	GAS		460	1.8	8.4	2.0		IIA			0.95
Isobutyl Acetate	110-19-0	D[d]	I	18	421	2.4	10.5	4.0	17.8				
Isobutyl Acrylate	106-63-8	D	I		427			4.4	7.1				
Isobutyl Alcohol	78-83-1	D[d]	I	−40	416	1.2	10.9	2.5	10.5	IIA		0.92	0.98
Isobutyraldehyde	78-84-2	C	GAS	−40	196	1.6	10.6	2.5		IIA			0.92
Isodecaldehyde	112-31-2	C	IIIA					5.4	0.09				
Isohexane	107-83-5	D[g]			264				211.7	IIA		1.00	
Isopentane	78-78-4	D[g]			420				688.6				
Isooctyl Aldehyde	123-05-7	C	II		197				1.9				
Isophorone	78-59-1	D		84	460	0.8	3.8	4.8	0.4				
Isoprene	78-79-5	D[d]	I	−54	220	1.5	8.9	2.4	550.6				
Isopropyl Acetate	108-21-4	D	I		460	1.8	8.0	3.5	60.4				
Isopropyl Ether	108-20-3	D[d]	I	−28	443	1.4	7.9	3.5	148.7	IIA	1.14		0.94
Isopropyl Glycidyl Ether	4016-14-2	C	I										
Isopropylamine	75-31-0	D	GAS	−26	402	2.3	10.4	2.0			2.0		
Kerosene	8008-20-6	D	II	72	210	0.7	5.0			IIA			
Liquefied Petroleum Gas	68476-85-7	D	I		405								
Mesityl Oxide	141-97-9	D[d]	I	31	344	1.4	7.2	3.4	47.6				
Methane	74-82-8	D[d]	GAS		600	5	15	0.6		IIA	0.28	1.00	1.12
Methanol	67-56-1	D[d]	I	12	385	6.0	36.0	1.1	126.3	IIA	0.14	0.82	0.92
Methyl Acetate	79-20-9	D	GAS	−10	454	3.1	16.0	2.6		IIA		1.08	0.99
Methyl Acrylate	96-33-3	D	GAS	−3	468	2.8	25.0	3.0		IIB		0.98	0.85
Methyl Alcohol	67-56-1	D[d]	I		385	6.0	36	1.1	126.3	IIA			0.91
Methyl Amyl Alcohol	108-11-2	D	II	41		1.0	5.5	3.5	5.3	IIA			1.01
Methyl Chloride	74-87-3	D	GAS	−46	632	8.1	17.4	1.7		IIA			1.00
Methyl Ether	115-10-6	C[d]	GAS	−41	350	3.4	27.0	1.6		IIB		0.85	0.84
Methyl Ethyl Ketone	78-93-3	D[d]	I	−6	404	1.4	11.4	2.5	92.4	IIB	0.53	0.92	0.84
Methyl Formal	534-15-6	C[d]	I	1	238			3.1					
Methyl Formate	107-31-3	D	GAS	−19	449	4.5	23.0	2.1		IIA			0.94
2-Methylhexane	31394-54-4	D[g]	I		280								
Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	D[d]	I	13	440	1.2	8.0	3.5	11				
Methyl Isocyanate	624-83-9	D	GAS	−15	534	5.3	26.0	2.0		IIA			1.21
Methyl Mercaptan	74-93-1	C	GAS	−18		3.9	21.8	1.7					
Methyl Methacrylate	80-62-6	D	I	10	422	1.7	8.2	3.6	37.2	IIA			0.95

Table 4.4.2 *Continued*

Chemical	CAS No.	Class I Division Group	Type[a]	Flash Point (°C)	AIT (°C)	%LFL	%UFL	Vapor Density (Air = 1)	Vapor Pressure[b] (mm Hg)	Class I Zone Group[c]	MIE (mJ)	MIC Ratio	MESG (mm)
Methyl N-Amyl Ketone	110-43-0	D	II	49	393	1.1	7.9	3.9	3.8				
Methyl Tertiary Butyl Ether	1634-04-4	D	I	−80	435	1.6	8.4	0.2	250.1				
2-Methyloctane	3221-61-2				220				6.3				
2-Methylpropane	75-28-5	D[g]	I		460				2639				
Methyl-1-Propanol	78-83-1	D[d]	I	−40	416	1.2	10.9	2.5	10.1	IIA			0.98
Methyl-2-Propanol	75-65-0	D[d]	I	10	360	2.4	8.0	2.6	42.2				
2-Methyl-5-Ethyl Pyridine	104-90-5	D		74		1.1	6.6	4.2					
Methylacetylene	74-99-7	C[d]	I			1.7		1.4	4306		0.11		
Methylacetylene-Propadiene	27846-30-6	C	I							IIB			0.74
Methylal	109-87-5	C	I	−18	237	1.6	17.6	2.6	398				
Methylamine	74-89-5	D	GAS		430	4.9	20.7	1.0		IIA			1.10
2-Methylbutane	78-78-4	D[g]		−56	420	1.4	8.3	2.6	688.6				
Methylcyclohexane	208-87-2	D	I	−4	250	1.2	6.7	3.4			0.27		
Methylcyclohexanol	25630-42-3	D		68	296			3.9					
2-Methycyclohexanone	583-60-8	D	II					3.9					
2-Methylheptane		D[g]			420								
3-Methylhexane	589-34-4	D[g]			280				61.5				
3-Methylpentane	94-14-0	D[g]			278								
2-Methylpropane	75-28-5	D[g]	I		460				2639				
2-Methyl-1-Propanol	78-83-1	D[d]	I	−40	223	1.2	10.9	2.5	10.5				
2-Methyl-2-Propanol	75-65-0	D[d]	I		478	2.4	8.0	2.6	42.2				
2-Methyloctane	2216-32-2	D[g]			220								
3-Methyloctane	2216-33-3	D[g]			220				6.3				
4-Methyloctane	2216-34-4	D[g]			225				6.8				
Monoethanolamine	141-43-5	D		85	410			2.1	0.4	IIA			
Monoisopropanolamine	78-96-6	D		77	374			2.6	1.1				
Monomethyl Aniline	100-61-8	C			482				0.5				
Monomethyl Hydrazine	60-34-4	C	I	23	194	2.5	92.0	1.6					
Morpholine	110-91-8	C[d]	II	35	310	1.4	11.2	3.0	10.1	IIA			0.95
Naphtha (Coal Tar)	8030-30-6	D	II	42	277					IIA			
Naphtha (Petroleum)	8030-30-6	D[d,i]	I	42	288	1.1	5.9	2.5		IIA			
Neopentane	463-82-1	D[g]		−65	450	1.4	8.3	2.6	1286				
Nitrobenzene	98-95-3	D		88	482	1.8		4.3	0.3	IIA			0.94
Nitroethane	79-24-3	C	I	28	414	3.4		2.6	20.7	IIB			0.87
Nitromethane	75-52-5	C	I	35	418	7.3		2.1	36.1	IIA		0.92	1.17
1-Nitropropane	108-03-2	C	I	34	421	2.2		3.1	10.1	IIB			0.84
2-Nitropropane	79-46-9	C[d]	I	28	428	2.6	11.0	3.1	17.1				
n-Nonane	111-84-2	D[g]	I	31	205	0.8	2.9	4.4	4.4	IIA			
Nonene	27214-95-8	D	I			0.8		4.4					
Nonyl Alcohol	143-08-8	D				0.8	6.1	5.0	0.02	IIA			
n-Octane	111-65-9	D[d,g]	I	13	206	1.0	6.5	3.9	14.0	IIA			0.94
Octene	25377-83-7	D	I	8	230	0.9		3.9					
n-Octyl Alcohol	111-87-5	D						4.5	0.08	IIA			1.05
n-Pentane	109-66-0	D[d,g]	I	−40	243	1.5	7.8	2.5	513	IIA	0.28	0.97	0.93
1-Pentanol	71-41-0	D[d]	I	33	300	1.2	10.0	3.0	2.5	IIA			1.30
2-Pentanone	107-87-9	D	I	7	452	1.5	8.2	3.0	35.6	IIA			0.99
1-Pentene	109-67-1	D	I	−18	275	1.5	8.7	2.4	639.7				
2-Pentene	109-68-2	D	I	−18				2.4					
2-Pentyl Acetate	626-38-0	D	I	23		1.1	7.5	4.5					
Phenylhydrazine	100-63-0	D		89				3.7	0.03				
Process Gas > 30% H_2		B[j]	GAS		520	4.0	75.0	0.1			0.019	0.45	
Propane	74-98-6	D[d]	GAS		450	2.1	9.5	1.6		IIA	0.25	0.82	0.97
1-Propanol	71-23-8	D[d]	I	15	413	2.2	13.7	2.1	20.7	IIA			0.89
2-Propanol	67-63-0	D[d]	I	12	399	2.0	12.7	2.1	45.4	IIA	0.65		1.00
Propiolactone	57-57-8	D				2.9		2.5	2.2				
Propionaldehyde	123-38-6	C	I	−9	207	2.6	17.0	2.0	318.5	IIB			0.86
Propionic Acid	79-09-4	D	II	54	466	2.9	12.1	2.5	3.7	IIA			1.10
Propionic Anhydride	123-62-6	D		74	285	1.3	9.5	4.5	1.4				
n-Propyl Acetate	109-60-4	D	I	14	450	1.7	8.0	3.5	33.4	IIA			1.05
n-Propyl Ether	111-43-3	C[d]	I	21	215	1.3	7.0	3.5	62.3				

Table 4.4.2 *Continued*

Chemical	CAS No.	Class I Division Group	Type[a]	Flash Point (°C)	AIT (°C)	%LFL	%UFL	Vapor Density (Air = 1)	Vapor Pressure[b] (mm Hg)	Class I Zone Group[c]	MIE (mJ)	MIC Ratio	MESG (mm)
Propyl Nitrate	627-13-4	B[d]	I	20	175	2.0	100.0						
Propylene	115-07-1	D[d]	GAS		460	2.4	10.3	1.5		IIA	0.28		0.91
Propylene Dichloride	78-87-5	D	I	16	557	3.4	14.5	3.9	51.7	IIA			1.32
Propylene Oxide	75-56-9	B(C)[d,e]	I	−37	449	2.3	36.0	2.0	534.4	IIB	0.13		0.70
Pyridine	110-86-1	D[d]	I	20	482	1.8	12.4	2.7	20.8	IIA			
Styrene	100-42-5	D[d]	I	31	490	0.9	6.8	3.6	6.1	IIA		1.21	
Tetrahydrofuran	109-99-9	C[d]	I	−14	321	2.0	11.8	2.5	161.6	IIB	0.54		0.87
Tetrahydronaphthalene	119-64-2	D	IIIA		385	0.8	5.0	4.6	0.4				
Tetramethyl Lead	75-74-1	C	II	38				9.2					
Toluene	108-88-3	D[d]	I	4	480	1.1	7.1	3.1	28.53	IIA	0.24		
n-Tridecene	2437-56-1	D	IIIA			0.6		6.4	593.4				
Triethylamine	121-44-8	C[d]	I	−9	249	1.2	8.0	3.5	68.5	IIA	0.75		1.05
Triethylbenzene	25340-18-5	D		83			56.0	5.6					
2,2,3-Trimethylbutane		D[g]			442								
2,2,4-Trimethylbutane		D[g]			407								
2,2,3-Trimethylpentane		D[g]			396								
2,2,4-Trimethylpentane		D[g]			415					IIA			1.04
2,3,3-Trimethylpentane		D[g]			425								
Tripropylamine	102-69-2	D	II	41				4.9	1.5	IIA			1.13
Turpentine	8006-64-2	D	I	35	253	0.8			4.8				
n-Undecene	28761-27-5	D	IIIA			0.7		5.5					
Unsymmetrical Dimethyl Hydrazine	57-14-7	C[d]	I	−15	249	2.0	95.0	1.9		IIB			0.85
Valeraldehyde	110-62-3	C	I	280	222			3.0	34.3				
Vinyl Acetate	108-05-4	D[d]	I	−6	402	2.6	13.4	3.0	113.4	IIA	0.70		0.94
Vinyl Chloride	75-01-4	D[d]	GAS	−78	472	3.6	33.0	2.2		IIA			0.96
Vinyl Toluene	25013-15-4	D		52	494	0.8	11.0	4.1					
Vinylidene Chloride	75-35-4	D	I		570	6.5	15.5	3.4	599.4	IIA			3.91
Xylene	1330-20-7	D[d]	I	25	464	0.9	7.0	3.7		IIA	0.2		1.09
Xylidine	121-69-7	C	IIIA	63	371	1.0		4.2	0.7				

a Type is used to designate if the material is a gas, flammable liquid, or combustible liquid. *(See 4.2.6 and 4.2.7.)*
b Vapor pressure reflected in units of mm Hg at 25°C (77°F) unless stated otherwise.
c Class I, Zone Groups are based on 1996 IEC TR3 60079-20, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus*, which contains additional data on MESG and group classifications.
d Material has been classified by test.
e Where all conduit runs into explosion proof equipment are provided with explosion proof seals installed within 450 mm (18 in.) of the enclosure, equipment for the group classification shown in parentheses is permitted.
f For classification of areas involving ammonia, see ASHRAE 15, *Safety Code for Mechanical Refrigeration*, and ANSI/CGA G2.1, *Safety Requirements for the Storage and Handling of Anhydrous Ammonia*.
g Commercial grades of aliphatic hydrocarbon solvents are mixtures of several isomers of the same chemical formula (or molecular weight). The auto ignition temperatures (AIT) of the individual isomers are significantly different. The electrical equipment should be suitable for the AIT of the solvent mixture. *(See A.4.4.2.)*
h Certain chemicals have characteristics that require safeguards beyond those required for any of the above groups. Carbon disulfide is one of these chemicals because of its low auto ignition temperature and the small joint clearance necessary to arrest its flame propagation.
i Petroleum naphtha is a saturated hydrocarbon mixture whose boiling range is 20°C to 135°C (68°F to 275°F). It is also known as benzene, ligroin, petroleum ether, and naphtha.
j Fuel and process gas mixtures found by test not to present hazards similar to those of hydrogen may be grouped based on the test results.
k Liquid type and flash point vary due to regional blending differences.

Anexo 7
Extratos do API Std 2000 sobre o risco da propagação ou passagem de chama através da válvula de alívio e pressão e vácuo

4.5.2 Design options for explosion prevention
If the tank's vapour space can be within the flammable range, the user shall determine what safeguards are required to prevent internal deflagration. The following are typical safeguards.
a) Different tank selection: A different type of tank design can reduce or eliminate the formation of a flammable atmosphere.
EXAMPLES Floating roof tank or a tank rated for full vacuum.
b) Inert-gas blanketing, which is an effective means of reducing the likelihood of a flammable atmosphere inside a tank, when engineered and maintained properly. Note that inerting can introduce an asphyxiation risk, and in sour services can promote the formation of pyrophoric deposits.
c) A flame arrester, the use of which in an open vent line or on the inlet to the pressure/vacuum valve is an effective method to reduce the risk of flame transmission. The user is cautioned that the use of a flame arrester within the tank's relief path introduces the risk of tank damage from overpressure or vacuum due to plugging if the arrester is not maintained properly. More information on flame arresters can be found in ISO 16852, NFPA 69, TRbF 20, EN 12874, FM 6061, and USCG 33 CFR 154. The use of a flame arrester increases the pressure drop of the venting system. The manufacturer(s) should be consulted for assessing the magnitude of these effects.
For the proper selection of a flame arrester, the piping configuration, operating pressure and temperature, oxygen concentration, compatibility of flame arrester material and explosive gas group (IIA, IIB, etc.) should be considered. For selection of the correct flame arrester, the manufacturer should be consulted.

d) Pressure/vacuum valve: The petroleum industry has had good experience with tanks protected by pressure and vacuum vents without flame arresters. As a result, there has been a belief that this good experience is due to the pressure vents' potentially inherent flame-arresting capabilities. Recent testing, however, disproves this hypothesis at least for the tested conditions. See 4.5.4 for more information on flame propagation through pressure vents.

4.5.4 Flame propagation through pressure/vacuum valves
Testing has demonstrated that a flame can propagate through a pressure/vacuum valve and into the vapour space of the tank. Tests have shown that ignition of a PV's relief stream (possibly due to a lighting strike) can result in a flashback to the PV with enough overpressure to lift the vacuum pallet, allowing the flame to enter the tank's vapour space. Other tests show that, under low-flow conditions, a flame can propagate though the pressure side of the PV; see Reference [23].
Flashbacks through PV are rare in the petroleum industry. The following are some factors that may explain this.
The materials stored in most cone roof tanks often do not result in a flammable atmosphere in the tank.
A lightning strike is likely to occur under conditions of cloud cover, so there is a reduced likelihood that the tank is out-breathing. However, it can still be out-breathing if liquid is entering.
A lightning strike is almost always preceded by winds, which keeps the size of the flammable cloud near the PV to a minimum.

4.6.2.5 For API Std 650 tanks not covered by API Std 650:2007, Appendix F, the pressure-relief devices selected should limit the pressure in the tank to prevent excessive lifting and flexing of the roofs of the tanks.
Lifting and flexing of the roof of a tank is a condition that is determined by the weight of the roof. The total force caused by internal pressure should not exceed the weight of the roof and attachments, such as platforms and handrails. For example, the gauge pressure should be limited to approximately 350 Pa (3,5 mbar; 1,4 in H2O) for a 4,76 mm (3/16 in) carbon steel roof.

5.2 Flame transmission: stabilized burning

Stabilized burning after ignition creates additional hazards in applications where there could be a continuous flow of the explosive mixture towards the unprotected side of the flame arrester. The following situations shall be taken into account:
– if the flow of the explosive mixture can be stopped within a specific time that is between 1 min and 30 min, flame arresters which prevent flame transmission during that period of stabilized burning are suitable for that hazard, and they are classified as safe against short time burning;
NOTE Bypassing, sufficient diluting or inerting are measures equivalent to stopping the flow.
– if the flow of the explosive mixture cannot be stopped or, for operational reasons, is not intended to be stopped within 30 min, flame arresters which prevent flame transmission for this type of stabilized burning are suitable for that hazard, and they are classified as safe against endurance burning.

Flame arresters directly combined with separate pressure and/or vacuum valves used as end-of-line venting systems shall be tested in the same way as end-of-line flame arresters with integrated pressure and/or vacuum valves.
NOTE These end-of-line venting systems could be classified as follows:
a) as end-of-line deflagration arresters, in accordance with 7.3.2.1;
b) as end-of-line deflagration arresters, in accordance with 7.3.2.1, and with a short time burning test, in accordance with 7.3.4;
c) as end-of-line deflagration arresters, in accordance with 7.3.2.1, and with an endurance burning test, in accordance with 7.3.5.

Depending on their intended use, flame arresters shall be tested to the specific explosion group of the explosive gas-air or vapor-air mixture (see Table 2, columns 1 and 2).

Range of application (marking)		
Explosion group	MESG of mixture mm	Gas type
IIA1	⩾ 1,14	Methane
IIA[b]	> 0,90	Propane
IIB1[b]	⩾ 0,85	Ethylene
IIB2[b]	⩾ 0,75	
IIB3[b]	⩾ 0,65	
IIB[b]	⩾ 0,50	Hydrogen
IIC	< 0,50	Hydrogen
NOTE The ranking in columns 1 and 2 is not comparable with the ranking in IEC 60079-1-1.		

For the purposes of this International Standard , group IIC covers hydrogen and other gas-air or vapour-air mixtures with MESG less than 0,5 mm, and group IIB is divided into four sub-groups: IIB1, IIB2, IIB3 and IIB.

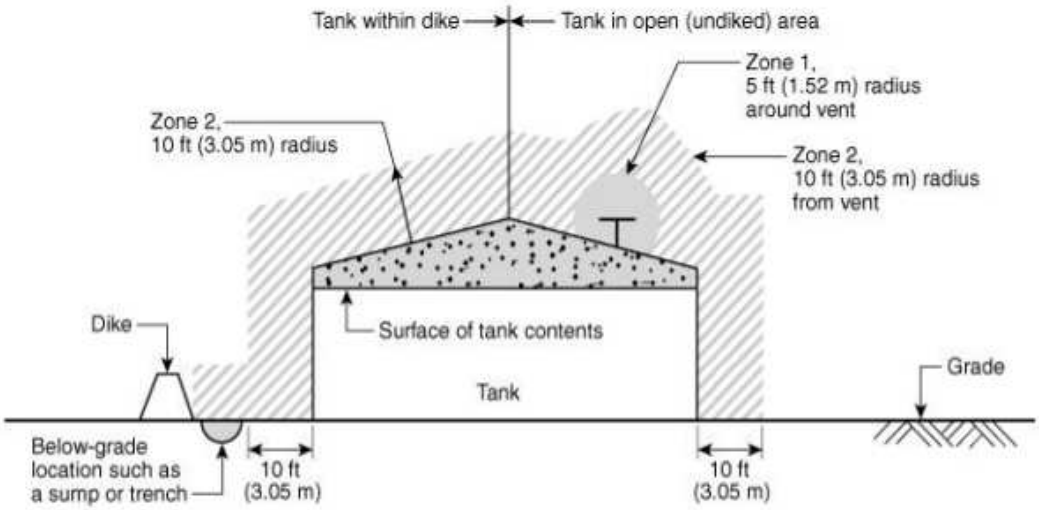
Explosion group IIA	deflagration and detonation tests
Explosion group IIA1	only deflagration tests
Explosion group IIB.	deflagration and detonation tests
Explosion group IIB1	deflagration and detonation tests
Explosion group IIB2	deflagration and detonation tests
Explosion group IIB3	deflagration and detonation tests
Explosion group IIC hydrogen and other gas-air or vapour-air mixtures with MESG less than 0,5 mm	deflagration and detonation tests

Explosion group IIA is divided into two sub-groups: IIA1 and IIA. This International Standard covers deflagration and detonation tests for IIA, IIB1, IIB2, IIB3, IIB and IIC. IIA1 shall only be used for the testing of deflagration flame arresters.
The limiting MESG values, which define the explosion groups IIA1, IIA, IIB1, IIB2, IIB3, IIB and IIC, are shown in Table 2.

A flame arrester for a particular explosion group is suitable for explosive mixtures of another group having a higher MESG.
NOTE The testing of flame arresters attached to flow machines (e.g. blowers, fans, pumps, compressors) is not covered and needs specific testing.

Anexo 8

NFPA 497 – Classificação de área de risco de tanque de armazenamento instalado



Material: Flammable liquid

	Small/low	Moderate	Large/high
Process equipment size		X	X
Pressure			X
Flow rate		X	X

Zone 0
Zone 1
Zone 2

FIGURE 5.10.4(a) Product Storage Tank Located Outdoors, at Grade. The material being stored is a flammable liquid.

Anexo 9

Ensaios de certificação a serem realizados de acordo com o tipo de corta-chamas, conforme norma ISO 16952

6.9 Summary of tests to be conducted

The tests to be conducted are given in Table 5.

Table 5 — Summary of tests to be conducted

Type of flame arrester		Flame transmission test	Burning test (when required)	Flow test
End-of-line deflagration flame arrester	short time burn proof	7.3.2.1	7.3.4	A.3
	endurance burn proof		7.3.5	
In-line deflagration flame arrester	short time burn proof	7.3.2.2	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Pre-volume flame arrester		7.3.2.3	—	A.2 or A.3
Stable detonation flame arrester without restriction	short time burn proof	7.3.3.2	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Stable detonation flame arrester with restriction	short time burn proof	7.3.3.3	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Unstable detonation flame arrester without restriction	short time burn proof	7.3.3.4	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Unstable detonation flame arrester with restriction	short time burn proof	7.3.3.5	7.3.4	A.2
	endurance burn proof		7.3.5	
Liquid seal and foot valve		8.3	—	—
Dynamic flame arrester (high velocity vent valve)		9.2	9.3	A.3.2 and A.4
Hydraulic flame arrester		10.2.3, 10.2.4	10.2.2	—

Anexo 10
Ensaios de certificação a serem realizados de acordo com o tipo de corta-chamas, conforme norma ABNT NBR ISO 16852.

Tipo de corta-chamas		Ensaio de transmissão da chama	Ensaio de combustão (quando necessário)	Ensaio de vazão
Corta-chamas de deflagração de fim de linha	Prova de chama de curta duração	7.3.2.1	7.3.4	A.3
	Prova de chama contínua		7.3.5	
Corta-chamas de deflagração em linha	Prova de chama de curta duração	7.3.2.2	7.3.4	A.2
	Prova de chama contínua		7.3.5	
Corta-chamas de pré-volume		7.3.2.3	—	A.2 ou A.3
Corta-chamas de detonação estável sem restrição	Prova de chama de curta duração	7.3.3.2	7.3.4	A.2
	Prova de chama contínua		7.3.5	
Corta-chamas de detonação estável com restrição	Prova de chama de curta duração	7.3.3.3	7.3.4	A.2
	Prova de chama contínua		7.3.5	
Corta-chamas de detonação instável sem restrição	Prova de chama de curta duração	7.3.3.4	7.3.4	A.2
	Prova de chama contínua		7.3.5	
Corta-chamas de detonação instável com restrição	Prova de chama de curta duração	7.3.3.5	7.3.4	A.2
	Prova de chama contínua		7.3.5	
Selagem líquida e válvula de pé		8.3	—	—
Corta-chamas dinâmico (válvula de abertura de alta velocidade)		9.2	9.3	A.3.2 e A.4
Corta-chamas hidráulico		10.2.3 10.2.4	10.2.2	—

Anexo 11
Extraído do texto da norma ISO 16852 sobre marcação do corta-chamas e seu interno
11.2 Marking
11.2.1 Flame arrester
11.2.1.1 General information
The flame arrester shall be marked with the following information:
a) name and address of the manufacturer;
b) designation of series;
c) serial number;
d) year of construction [if not incorporated in point c)];
e) the number of this International Standard;
f) set pressure and/or set vacuum for flame arresters with integrated pressure and/or vacuum valve, or for
dynamic flame arresters;
g) protected side (directional types only);
h) maximum flow rate (hydraulic flame arresters);
i) explosion group.

11.2.1.2 Warning information
Flame arresters shall have a hazard sign with the following information:
a) warning;
b) flame arresters have installation and application limits;
c) type designation in accordance with this International Standard;
d) for deflagration flame arresters, the sign “DEF” and the ratio *L*u/*D*; for end-of-line flame arresters, *L*u/*D* is
not applicable (“n/a”);
e) for detonation flame arresters, the sign “DET” in combination with the type number:
– “1” – tested for unstable detonation with restriction;
– “2” – tested for unstable detonation without restriction;
– “3” – tested for stable detonation with restriction;
– “4” – tested for stable detonation without restriction;
f) for burn rating, the sign “BC” plus the classification “a”, “b” or “c” (as specified below), together with the burn time (in min) for class “b”, i.e.:
– “a” – endurance burn (no time limit);
– “b” – short time burn from 1 min to 30 min;
– “c” – no burn time;
g) explosion group;
h) operational temperature *T*0;
i) maximum operational pressure *p*0.

Examples of marking plates are shown in Figures 14 and 15 below.
Figure 14 shows an example of a marking plate for an end-of-line deflagration arrester safe for endurance burning for explosion group IIA, for an operational temperature *T*0 of 60 °C and a maximum operational pressure *p*0 of 0,11 MPa1).

Warning			
Flame arresters have installation and application limits. Type designation in accordance with ISO 16852			
DEF	L_u/D = n/a	BC: a	
	Ex. G IIA	T_0 = 60 °C	p_0 = 0,11 MPa

Figure 14 — Example of marking plate, burn rating “a”

Figure 15 shows an example of a marking plate for a detonation arrester of Type 2, for explosion group IIB3, for a short time burn “b” of 15 min, an operational temperature *T*0 of 120 °C and a maximum operational pressure *p*0 of 0,16 MPa.

Warning			
Flame arresters have installation and application limits. Type designation in accordance with ISO 16852			
DET 2	L_u/D = n/a	BC: b; t_{BT} = 15 min	
	Ex. G IIB3	T_0 = 120 °C	p_0 = 0,16 MPa

Figure 15 — Example of marking plate, burn rating “b”

11.2.2 Flame arrester element

The flame arrester element shall be marked with the above, or as a minimum with the following information:

a) name of manufacturer or trade mark;
b) identification code;
c) serial number or code;
d) protected side (directional flame arrester elements only).

Compliance with item e) in 11.2.1.1 shall not be stated unless all appropriate requirements of this International Standard are met.

Manufacturers and users shall ensure that any marking is legible and labels and attachment devices are durable and resistant to environmental corrosion under operating conditions.

Créditos:
Agradecemos a colaboração dos fabricantes de corta-chamas Protego e Protectoseal e do engº Paulo Roberto Pagot da Petrobras.