Conselhos de Segurança.
1 – Manipulação de Gases Liquefeitos Criogénicos.

1. Introdução

Estas instruções de segurança são recomendações para a segura manipulação de gases criogénicos liquefeitos, complementando mas não substituindo, regulamentações obrigatórias.
Um gás ou líquido está no estado criogénico quando a sua temperatura se encontra significativamente abaixo da ambiente (abaixo -50°C). A tabela abaixo mostra os gases frequentemente manipulados neste estado.

2. Propriedades

Quando um gás arrefece vai liquefazer, ou seja, ficar no estado líquido. Quando se adiciona calor, ele volta ao estado gasoso. Como tal, o termo "gás liquefeito criogénico" indica o estado físico do líquido ou do gás tendo em conta a sua temperatura.

As propriedades químicas dos gases no estado liquido criogénico são essencialmente as mesmas que no estado gasoso. No estado criogénico há, no entanto, que ter em atenção as temperaturas extremamente baixas do produto. Este facto requer cuidados extras no manuseamento dos gases liquefeitos criogénicos. Ter em consideração:

- Contacto: O contacto direto com líquidos criogénicos pode causar congelações graves e/ou queimaduras pelo frio (frostbite). Salpicos de líquidos criogénicos podem causar danos severos, em especial nos olhos. Nota: os valores dos líquidos criogénicos estão igualmente frios.

- Contacto com o equipamento: Por exemplo, as tubagens que contém liquido criogénico estão a temperaturas extremamente reduzidas. Partes nuas ou insuficientemente protegidas do corpo do trabalhador que entrem em contacto com as tubagens sem isolamento/proteção adequada, podem ficar rapidamente agarradas ao equipamento devido à congelação e humidade disponível no ar, originando a necessidade de arrancar a carne que está em contacto com a superfície. Com tal, é necessário a proteção de todo o corpo e deve ser evitada o uso de roupas molhadas.

- Fragilização: Existem materiais (por exemplo: a maioria dos plásticos e aços ferríticos) que se fraturam a temperaturas muito baixas.

3. Medidas de precaução

As medidas de precaução são aplicáveis a todos os gases criogénicos liquefeitos. Estas medidas têm de ser aplicadas conjuntamente com as medidas de segurança das fichas de dados de segurança dos gases e outros "conselhos de segurança", como por exemplo "Falta de oxigénio", "Enriquecimento de Oxigénio", entre outros.

3.1. Equipamento de Proteção Individual (EPI)

O uso sistemático de equipamento de proteção pessoal que evite o contacto com gases criogénicos, líquidos ou partes do equipamento, exclui praticamente os possíveis danos para a saúde. O vestuário deve estar limpo, seco e fabricado com fibras naturais. Não deve estar justo ao corpo, para que se

Propriedades físicas de alguns gases criogénicos

Gás	Oxigénio	Azoto	Argon	Hidrogénio	Hélio	LNG	Dióxido de carbono
Símbolo químico	O_2	N_2	Ar	H_2	He	CH_4	CO_2
Ponto de ebulição a 1013 mbar [°C]	–183	–196	–186	–253	–269	–161	–78,5 *)
Densidade do líquido a 1013 mbar [°C]	1,142	0,808	1,40	0,071	0,125	0,42	1,178 **)
Densidade do gás a 15°C, 1013 mbar [kg/m³]	1,34	1,17	1,67	0,084	0,167	0,72	1,85
Densidade relativa (ao ar) a 15°C, 1013 mbar	1,09	0,95	1,36	0,0685	0,136	0,55	1,5
Quantidade de gás vaporizado de 1 litro de liquido [l]	853	691	839	845	749	587	632

* temperatura de sublimação ** a 5,18 bar

possa remover fácil e rapidamente no caso de impregnado com o gás ou líquido criogénico. As pernas e os braços devem estar totalmente cobertos. Evitar algibeiras abertas, dobras nas calças ou mangas arregaçadas. Deve-se utilizar luvas isolantes, secas, feitas de um material que não quebre facilmente (por ex: pele, Kevlar®) no manuseamento de equipamentos ou quando existe a possibilidade de contacto com o produto/salpicos de liquido. A dimensão das luvas devem ser adequadas ao utilizador, devem poder ser tiradas rapidamente no caso de haver penetração de líquidos criogénicos. As dobras/punhos das luvas devem evitar a penetração fácil do líquido.
Se o salpico de líquidos criogénicos puder atingir os olhos e/ou a face, usar proteção facial, por ex., ao despejar um líquido criogénico, ao ligar ou desligar flexíveis ou na imersão de peças no líquido. Os óculos de proteção podem ser usados mas não atribuem a proteção desejada.

Deve utilizar-se calçado de segurança em bom estado. As solas não devem estar desgastadas. Caso os gases ou líquidos criogénicos sejam inflamáveis (por ex., hidrogénio líquido, LNG) devem utilizar-se sapatos com solas condutoras (antiestáticas). O uso de botas não é recomendado, dada a dificuldade de se retirarem rapidamente.

Equipamento de respiração pode ser necessário quando devido à vaporização de gases criogénicos, diminua o teor de Oxigénio no ar. Ver conselhos de segurança "Falta de Oxigénio".

3.2. Considerações na manipulação de gases criogénicos liquefeitos

Em geral, os gases liquefeitos criogénicos estão em estado de ebulição à pressão atmosférica. No enchimento de recipientes, que estão à temperatura ambiente, a ebulição aumenta violentamente, enquanto o líquido evapora e o recipiente arrefece. Durante esta fase, grandes quantidades de gás criogénico vaporizado, que pode conter algum líquido, é produzido e pode causar salpicos para o exterior do recipiente. O mesmo é aplicável à imersão de objetos à temperatura ambiente (ou superior) em gases criogénicos liquefeitos. Eis o facto pelo qual é necessário proteger todo o corpo em especial a face e as mãos. Quando os recipientes ou objetos alcançam a temperatura do gás criogénico liquefeito, a vaporização torna-se menos violenta, mas o gás liquefeito permanece em estado de ebulição.
A penetração de calor faz com que saia continuamente gás do recipiente, sempre que este seja aberto (por ex. um recipiente dewar). Em recipientes fechados a pressão aumenta, sendo tanto mais lento quanto melhor for o isolamento do recipiente.

De um litro de gás liquefeito criogénico produzem-se volumes consideráveis de gás (ver linha 6 da tabela). É necessário, portanto, que no local onde se manuseia gases criogénicos liquefeitos em recipientes abertos, exista uma adequada ventilação, que possa pelo menos renovar o volume de gás que se produz. Uma ventilação adequada deve evitar uma alteração do conteúdo de oxigénio no ar. Um enriquecimento do oxigénio no ar de 21% vol. para 23%, aumenta consideravelmente o risco de incêndio. Por este motivo, oxigénio líquido não pode ser mantido em recipientes abertos.

Os gases criogénicos, indicados na Tabela 1, não causam intoxicações, já que não são tóxicos. No entanto, estes gases (exceto o oxigénio), podem reduzir a concentração de oxigénio (O_2) do ar, o que pode resultar em asfixia se a concentração de O_2 descer abaixo de 15% vol. Independentemente do risco de incêndio, um enriquecimento da atmosfera com oxigénio em mais de 23% vol, não é perigoso para o organismo. Mais informações sobre este tema são fornecidas nos Conselhos de Segurança "Falta de Oxigénio" e "Enriquecimento de Oxigénio".
Há que ter em conta que pequenas concentrações de dióxido de carbono (CO_2) no ar, podem conduzir a graves transtornos na respiração. Concentrações de CO_2 acima de aproximadamente 20% vol. são mortais em questão de segundos.

A exposição a uma atmosfera arrefecida por gases criogénicos, pode conduzir a um subarrefecimento do corpo, e a inalação destes gases pode resultar no congelamento do trato respiratório incluindo os pulmões.

Podem formar-se névoas quando se misturam gases criogénicos com o ar, devido à condensação da humidade atmosférica.

Perigo baixas temperaturas

Em caso de fuga significativa de gases liquefeitos, a formação de névoa pode ser tão extensa que a falta de visibilidade pode dificultar a orientação. Atenção ao facto de que mesmo para além da névoa, é previsível uma alteração significativa da composição da atmosfera.
À temperatura de ebulição, todos os gases indicados na tabela são mais pesados que o ar. Áreas onde possa existir a possibilidade de fuga de grandes quantidades de gases liquefeitos criogénicos, não devem existir caixas de esgoto sem fecho para o líquido, janelas abertas em direção a caves, nem outros acessos abertos em direção a locais situados a um nível inferior, canais, etc., já que os gases mais pesados podem acumular-se, originando o risco de asfixia ou de incêndio.
O manuseamento de gases inertes (ex: azoto, argon, hélio e dióxido de carbono) não envolve qualquer risco em termos de incêndio, sendo inclusivamente utilizados para extinguir incêndios. O risco de incêndio ou de explosão pode produzir-se em caso de fuga de gases inflamáveis liquefeitos (ex: hidrogénio líquido e LNG), dado que estes se evaporam e formam em conjunto com o ar, uma mistura inflamável. É portanto imprescindível uma ventilação, natural ou artificial, eficaz.

O oxigénio, não é inflamável, mas alimenta a combustão. Materiais não inflamáveis ou pouco inflamáveis ao ar, podem ser inflamáveis em atmosfera enriquecida com oxigénio. Uma vez inflamados ardem vigorosamente, libertando grande quantidade de calor. Ver conselho de segurança "Enriquecimento de Oxigénio". Na presença de ar enriquecido ou de Oxigénio, os materiais inflamáveis (por ex: óleo, asfalto, plásticos, etc.) reagem como se de uma explosão se tratasse, devendo evitar-se o seu contacto.

No manuseamento de gases criogénicos com uma temperatura abaixo do ponto de ebulição do Oxigénio (ver Tabela 1, linha 2) é possível a condensação do Oxigénio atmosférico e enriquecimento do ar. Ver o Conselho de Segurança "Enriquecimento com Oxigénio".

Os materiais que podem entrar em contacto com gases liquefeitos criogénicos, devem ser adequados ao uso, ou seja, não devem fragilizar-se com o frio. Estão aptos, por ex: o cobre, os aços austeníticos, algumas ligas de alumínio e alguns plásticos especiais.

Quando os gases liquefeitos possam estar confinados entre duas válvulas, é necessário dispor de dispositivos de descarga de pressão adequados. Mesmo com o melhor isolamento, estes líquidos evaporar-se-ão e haverá aumento de pressão, devendo o gás produzido, poder ser expulso através dos dispositivos, afim de evitar que as tubagens, equipamentos, etc., possam rebentar. Antes de receberem gases liquefeitos criogénicos, os aparelhos, recipientes, etc., têm que ser secos escrupulosamente.

Os gases criogénicos levariam à congelação da humidade, o que pode conduzir a um funcionamento inadequado da válvula de segurança, manómetros, etc..

De notar que, qualquer material contrai-se ao ser exposto a baixas temperaturas. A magnitude da contração depende do material e do grau de redução da temperatura, podendo originar fugas ou roturas, por exemplo, em roscas, acoplamentos, ligações, etc.

4. Proteção ambiental

Todos os gases indicados na tabela (exceto hidrogénio e LNG) encontram-se no ar em diferentes concentrações. Quando pequenas quantidades se evaporam para a atmosfera, estas não são causa de poluição, nem de alterações permanentes. Quando se derramam acidentalmente, não se contamina o solo, dado que se evaporam rapidamente e portanto não penetram no solo. A congelação temporária local não produz danos permanentes.

5. Primeiros Socorros

Se uma pessoa estiver em contacto com gás liquefeito criogénico:

- Levar a vítima para uma zona quente (cerca de 22ºC) mas não aplicar diretamente calor.
- Se não estiver disponível imediatamente assistência médica qualificada, garantir o transporte da vítima para o Hospital com urgência.

Entretanto:

- Desapertar roupas que possam restringir a circulação sanguínea na área afetada.
- Lavar abundantemente com água morna a pele das zonas afetadas.

  Nota:
  Não usar água quente ou outra fonte de calor direto!

- Proteger as zonas afetadas da pele com compressas secas esterilizadas. Não aplicar muita força no curativo, de modo a não restringir a circulação do sangue. Deixar a área afetada em repouso.
- Prevenir o estado de choque do paciente.
- Não dar de beber bebidas alcoólicas nem permitir que a vítima fume. Ambas as situações causam restrições na circulação sanguínea.
- Não retirar o vestuário "colado" a zona afetada.

6. Tratamento pelos profissionais de saúde

- Colocar imediatamente a parte do corpo

Primeiros socorros

exposta a temperaturas muito baixas em banho de água com a temperatura mínima recomendada de 40ºC e máxima (que não pode ser excedida) de 42ºC.

Nota: Nunca usar água quente ou calor seco! Temperaturas superiores a 45ºC causará uma queimadura nos tecidos congelados:

- Se houve uma extensão extensa do corpo a temperaturas criogénicas, de tal forma que a temperatura corporal do paciente diminui, a vítima deverá ser aquecida com urgência. Esta deverá ser colocada num banho de água com temperatura entre os 40-42ºC. É importante que a temperatura do banho não desça dos 40ºC de forma a maximizar o aquecimento.
- Na ausência de meios para efetuar este tratamento, o paciente deverá ser colocado numa atmosfera aquecida à temperatura de 22ºC, ser mantido em repouso e ligeiramente coberto com um ou dois cobertores.
- O estado de choque pode acontecer durante o processo de aquecimento.
- Tecidos congelados são normalmente indolores e têm uma cor pálida amarelada. Eles tornam-se dolorosos, inchados e muito propensos a infeções quando descongelados. O descongelamento pode levar entre 15-60 minutos e deve ser continuado até a cor pálida da pele mudar para rosa ou vermelho. A operação de descongelamento depende do grau de exposição, pode ser dolorosa e pode ser necessário administrar medicamentos para controlar a dor.
- Se a parte do corpo congelada já está descongelada no momento da análise médica, não reaquecer. Nestas condições cobrir a área com compressas secas esterilizadas.
- É recomendado a aplicação de uma dose de reforço contra o tétano.
- É necessário ter em consideração no caso de envio do paciente para o Hospital, que este possua recursos e pessoal habilitado para o tratamento de queimaduras.

7. Conclusão

O manuseamento seguro de gases liquefeitos criogénicos apenas é possível se as suas propriedades forem conhecidas e aproveitadas racionalmente. O uso inadequado destes produtos pode originar queimaduras pelo frio (frostbite).

As características dos gases liquefeitos criogénicos não são boas nem más, o mais importante é conhecer as suas propriedades químicas e físicas e usar estes produtos em segurança.

Linde Portugal, Lda.
Av. Infante D. Henrique, Lt. 21/24, 1800-217 Lisboa
Tel +351 808 500 087, Fax +351 808 500 089
www.linde.pt, comercial.pt@linde.com