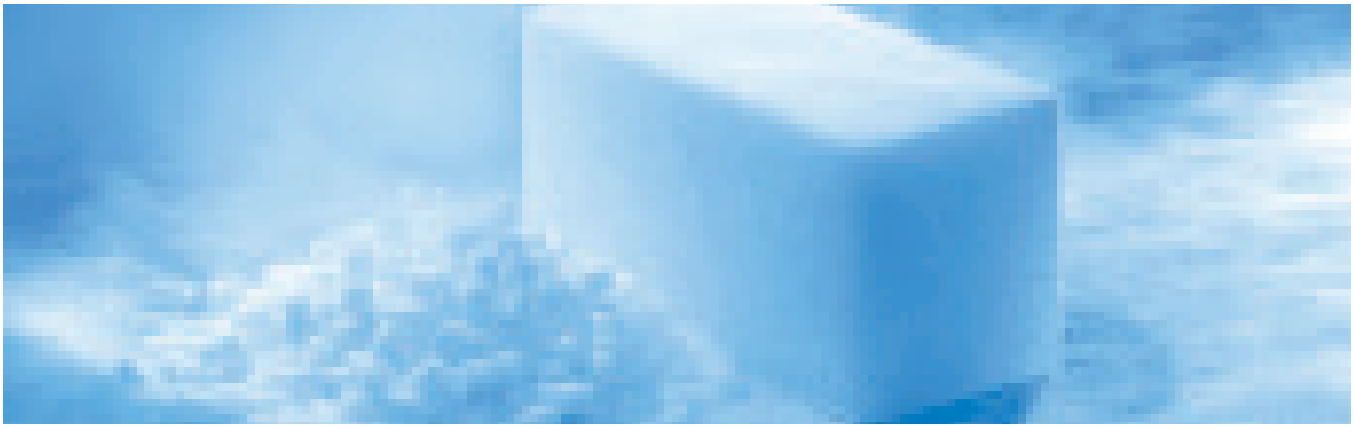
Conselhos de Segurança.
12 – Trabalhar com dióxido de carbono CO_2.



1. Introdução

Trabalhar em segurança com dióxido de carbono implica compreender as características deste gás e a tomada de medidas de precaução adequadas. Estas conselhos de segurança são uma recomendação baseada na experiência prática. Complementa, mas não substituem, os requisitos de segurança obrigatórios.
O dióxido de carbono é por vezes designado por "ácido carbónico". Nestes Conselhos de segurança, a expressão "ácido carbónico" é utilizada apenas para referir uma solução aquosa de dióxido de carbono (CO_2 em H_2O).

2. Propriedades

Propriedades químicas

O dióxido de carbono não é inflamável e, sob condições atmosféricas, é quimicamente estável e inerte. As reações de combustão são inibidas ou completamente suprimidas pelo CO_2.

O dióxido de carbono pode ter uma reação violenta com determinadas substâncias como, por exemplo, o amoníaco ou as aminas.

O dióxido de carbono dissolve-se na água para produzir o ácido carbónico, que reage como um ácido fraco e tem um efeito corrosivo no aço carbono e nalguns metais não ferroso.

Propriedades físicas

Como gás à pressão atmosférica, o dióxido de carbono é aproximadamente 1,5 vezes mais pesado do que o ar. Por isso, o CO_2 tende a fluir predominantemente no sentido descendente e pode acumular-se em poços, caves ou em depressões naturais. Se existir pouca circulação de ar, estas acumulações de CO_2 podem persistir durante várias horas.
Os estados físicos típicos do dióxido de carbono, que dependem da pressão e da temperatura, merecem uma atenção especial:

- À pressão atmosférica, o CO_2 é gasoso.
- A temperaturas entre −56,6 e +31,1 °C, e a pressões de, pelo menos, 5,2 bar, o CO_2 pode existir no estado líquido. O CO_2 no estado líquido não pode existir à pressão atmosférica (1 bar).
- A temperaturas abaixo de −56,6 °C, o CO_2 pode existir no estado sólido.
- Os três estados físicos são possíveis apenas no "ponto triplo" (-56,6 °C, 5,2 bar).

Estes estados físicos podem mudar facilmente:

Na garrafa de gás, o CO_2 encontra-se no estado líquido, isto é, "liquefeito sob pressão." A pressão na garrafa é de aproximadamente 57 bar a 20 °C. Quando o CO_2 é retirado da garrafa através de um regulador definido com uma pressão de saída inferior a 5,2 bar, é produzido CO_2 gasoso: 1 kg de líquido expande-se em cerca de 550 litros de gás à pressão atmosférica.

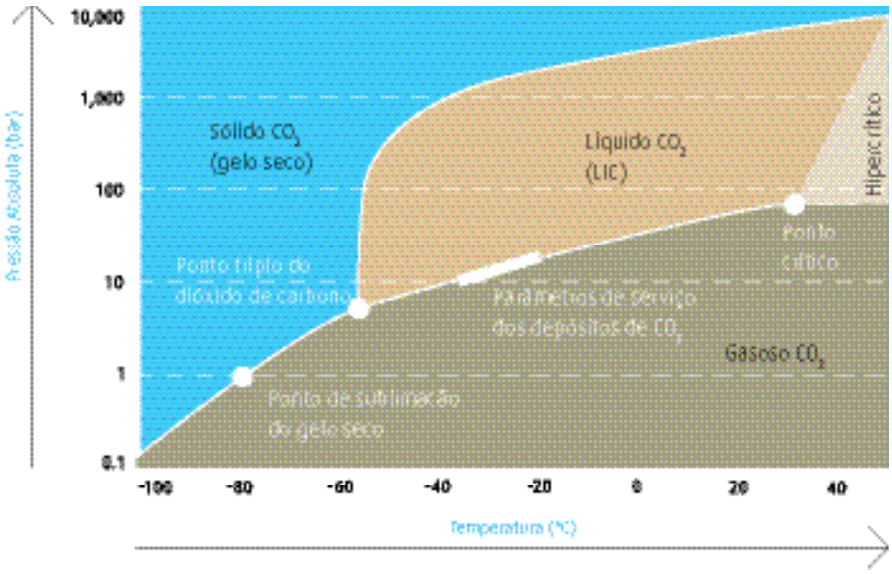
Sob determinadas condições, é igualmente possível retirar o CO_2 da garrafa no estado líquido (ver a secção 3). Se o CO_2 no estado líquido for despressurizado abruptamente quando é retirado, é arrefecido intensivamente produzindo uma mistura de gás de CO_2 e de neve de CO_2.

Efeitos fisiológicos

No estado gasoso, o dióxido de carbono é incolor e fundamentalmente inodoro e insípido. Deste modo, é praticamente indetetável para os sentidos humanos.

O dióxido de carbono é considerado não-tóxico. Não é uma substância perigosa conforme

Estados de agregação dependendo da pressão e da temperatura



definido pela Directiva das substâncias e preparações perigosas. O ar que respiramos contém cerca de 0,03 vol.% de dióxido de carbono. Esta concentração é fundamental para a vida, uma vez que estimula o centro respiratório e controla o volume e ritmo segundo os quais respiramos. Em concentrações mais altas, o CO_2 pode ser prejudicial para a saúde. Quando o ar que respiramos contém 3 – 5% vol. de CO_2, sentimos cefaleias, perturbações respiratórias e desconforto. A concentrações de 8 – 10% vol., podem ocorrer cãibras, perda de sentidos, paragem respiratória e até mesmo a morte. Neste ponto, o teor de oxigénio do ar continua a ser de 19 vol.%, o que continua a ser suficiente. Portanto, o efeito fisiológico prejudicial destas elevadas concentrações de CO_2 não resulta da falta

Cuidado: Perigo de asfixia

de oxigénio, mas do efeito direto do dióxido de carbono. Por isso, foi definida uma concentração máxima para o local de trabalho (equivalente ao TLV) de 0,5 vol.% para o CO_2.

O dióxido de carbono também pode ser perigoso para os seres humanos devido ao frio. Quando o CO_2 liquefeito criogénico, ou o CO_2 que foi arrefecido através da expansão, entra em contacto com a pele humana na forma de spray ou neve, pode produzir "queimaduras criogénicas" dolorosas. Estão particularmente em risco os tecidos sensíveis como, por exemplo, a córnea. Grandes áreas de queimaduras pelo frio podem provocar a morte. (Ver Conselhos de Segurança Linde n.º 1, "Manuseamento de gases liquefeitos criogénicos").

Propriedades do gelo seco

O gelo seco consistem em neve de CO_2 comprimida produzida pela despressurização de CO_2 líquido. À pressão atmosférica, a temperatura do gelo seco é de –79 °C. Quando o gelo seco aquece à pressão atmosférica não derrete, evapora completamente ("sublima") para formar dióxido de carbono gasoso; daqui advém o nome "gelo seco." Dependendo do nível de compressão, 1 kg de gelo seco produz 300 – 400 litros de gás de CO_2. Assim sendo, pode ocorrer uma acumulação considerável de pressão caso se dê a evaporação do gelo seco num reservatório estanque ao gás.

3. Medidas de precaução

Precauções com a saúde

A inalação de CO_2 na forma concentrada é perigosa para os seres humanos. Deste modo, o CO_2 não deverá estar presente no ar em concentrações elevadas. São aconselhadas as seguintes precauções de segurança:

- Mantenha os sistemas de CO_2 estanques. Elimine quaisquer fugas imediatamente.
- Qualquer descarga de CO_2 de uma válvula de segurança de uma instalação de operação deverá ser ventilada para o exterior.
- As salas que contenham sistemas de CO_2 deverão dispor de ventilação adequada.
- A entrada em salas nas quais se acumularam grandes quantidades de CO_2 só deverá ser feita utilizando equipamento de respiração autónomo. Isto aplica-se mesmo que existam pessoas em perigo e necessitem de ajuda urgentemente.
- Se ocorrer uma libertação súbita de CO_2, dê prioridade à evacuação imediata das áreas mais baixas (poços, caves), onde o perigo de acumulação de CO_2 é particularmente grave.
- Os sistemas de extinção de CO_2 fixos só deverão ser acionados, para testes ou utilização efetiva, quando não estiver presente nenhuma pessoa na área em risco. Se o dióxido de carbono puder alcançar outras salas através de condutas, aberturas nas paredes, ventilação ou sistemas de ar condicionado, estes também deverão ser considerados parte da área em perigo.

Manuseamento de garrafas de CO_2

São disponibilizados importantes conselhos para operar qualquer tipo de garrafa de gás nos Conselhos de Segurança Linde n.º 7 "Manuseamento em segurança de garrafas de gás e de quadros de garrafas" e 8 "(Re-)enchimento de gases".

Para garrafas de CO_2, considere igualmente o seguinte:

A transferência não autorizada de dióxido de carbono de uma garrafa de gás para outra constitui um risco para a segurança pelos seguintes motivos: As garrafas a encher deverão cumprir determinados requisitos para que consigam suportar a pressão. Geralmente, apenas o pessoal devidamente treinado e com uma instalação de enchimento autorizada poderá determinar se uma garrafa pode ser utilizada. Adicionalmente, é absolutamente obrigatório que o conteúdo seja monitorizado e definido através de pesagem durante o enchimento. De acordo com o Código de Reservatórios de Pressão, uma garrafa pode conter um máximo de 0,75 kg de CO_2 por litro de volume da garrafa. Este fator de enchimento garante que a pressão na garrafa de CO_2 não atinge a pressão de ensaio de 250 bar abaixo de uma temperatura de 65 °C. Se o fator de enchimento for ultrapassado, a pressão no interior da garrafa sobe substancialmente, mesmo com um ligeiro aumento de temperatura. Uma garrafa de CO_2 excessivamente cheia pode rebentar pelo simples facto de ser exposta à luz solar. É altamente desaconselhável transferir dióxido de carbono de uma garrafa para outra.

A pressão no interior de uma garrafa de CO_2 depende exclusivamente da temperatura. A 20 °C, por exemplo, é de 57 bar. Até uma garrafa de CO_2 praticamente vazia continua com uma pressão de 57 bar a 20 °C, desde que contenha a fase líquida. Isto significa que o conteúdo de uma garrafa de CO_2 não pode ser determinado pela medição da respetiva pressão, mas apenas através da pesagem.

As garrafas de CO_2 são geralmente fabricadas em aço carbono. Este material é corroído pelo ácido carbónico (CO_2 dissolvido e H_2O), o que provoca uma perigosa diminuição da resistência. Por isso, as garrafas de CO_2 deverão ser protegidas da água ou de fluidos aquosos (cerveja, limonada, etc.).

Na central de enchimento, deverá verificar-se se as garrafas de CO_2 contêm água antes do seu enchimento, devendo proceder-se à sua secagem conforme necessário. Mas os utilizadores também deverão garantir que não entram líquidos nas suas garrafas de CO_2. Uma possível medida de precaução é instalar um desconector.
Existe outra medida de precaução muito simples que consiste em manter a humidade fora das garrafas de CO_2: estas deverão ser esvaziadas apenas até uma pressão residual de cerca de 5 bar; em seguida, as válvulas da garrafa deverão ser mantidas fechadas. Isto evita que o ar húmido entre na garrafa.

As válvulas das garrafas de CO_2 deverão incluir um dispositivo de segurança contra a pressão excessiva na forma de um diafragma de rebentamento fixado à válvula por meio de uma porca de acoplamento (disco de rotura). Para evitar a descarga inadvertida e perigosa de CO_2, este dispositivo nunca deverá ser alterado.
Retirar gás de garrafas com sifão

As garrafas de CO_2 com sifão, contêm um tubo de imersão que se estende a partir da válvula da garrafa até imediatamente acima do fundo da garrafa. Desde que permaneça na posição vertical, uma garrafa
de tubo de imersão contém sempre CO_2 no estado líquido. Tenha em atenção as seguintes características particulares quando utilizar este tipo de garrafas

- As garrafas com sifão são marcadas como tal de forma visível pela estação de enchimento. O utilizador deverá verificar especificamente de que a garrafa se trata de uma garrafa de tubo de imersão de CO_2.
- As garrafas com sifão deverão ser utilizadas apenas quando o utilizador pretender retirar dióxido de carbono no estado líquido.
- As garrafas de tubo de imersão de CO_2 ou sifão, não deverão ser equipadas com um regulador, uma vez que a queda de pressão provocaria a solidificação do dióxido de carbono em neve de CO_2, entupindo e inutilizando o regulador.
- As garrafas de tubo de imersão de CO_2 deverão ser colocadas na posição vertical quando o gás está a ter retirado para que a abertura do tubo de imersão permaneça abaixo do nível líquido do CO_2. Esta é a única forma através da qual todo o conteúdo da garrafa pode ser retirado na forma líquida conforme pretendido.
- O dióxido de carbono líquido emerge de uma garrafa com sifão com a pressão total da garrafa. Por isso, o dispositivo de retirada deverá resistir à pressão adequada e ser concebido para ser utilizado com CO_2 líquido. Poderá ser potencialmente fatal, por exemplo, ligar uma garrafa de tubo de imersão de CO_2 a um barril de cerveja sem um regulador. O barril não conseguiria suportar a pressão do CO_2 líquido em evaporação e rebentaria.
- As secções de tubo para CO_2 líquido equipadas com dispositivos de corte também deverão estar equipadas com uma válvula de segurança.
- Quando o dióxido de carbono líquido retirado de uma garrafa de tubo de imersão expande mediante a pressão atmosférica, é produzida neve de CO_2, ou também designada por neve carbónica. Portanto, as garrafas com sifão são utilizadas sobretudo em circunstâncias em que é necessária neve de CO_2 como, por exemplo, para refrigerar géneros alimentares. A neve de CO_2 pode ser perigosa de várias formas. Se entrar em contacto com a pele humana à medida que emerge, poderá provocar queimaduras criogénicas. Por isso, o equipamento mínimo de proteção mínimo a usar deverão ser óculos de proteção para os olhos. A neve de CO_2 também poderá entupir o sistema de fornecimento.

Quando uma obstrução provocada pela neve de CO_2 é subitamente libertada, por exemplo, ao bater na mangueira de fornecimento, o CO_2 líquido acumulado é despressurizado subitamente. Isto pode fazer com que a mangueira se solte ou que rebente, o que pode provocar ferimentos em pessoas ou danos na propriedade.

- Pode ocorrer um perigo muito específico quando o CO_2 é utilizado para inertizar gases ou vapores inflamáveis. Numa mistura em fluxo de CO_2 gasoso e de neve de CO_2, os "flocos de neve" podem acumular uma carga eletrostática e podem provocar a combustão de uma mistura de gás/ar explosiva mediante uma faísca. Por isso, o CO_2 nunca deverá ser vaporizado diretamente sobre uma nuvem de gás ou vapor inflamável. Esta instrução importante aplica-se a garrafas de CO_2 com ou sem sifão.

Retirar gás de garrafas de CO_2 sem sifão

No caso das garrafas de CO_2 sem tubos de imersão ou seja sem sifão, o dióxido de carbono é retirado a partir da parte superior da garrafa. Quando a válvula da garrafa é

aberta, a pressão no seu interior diminui. O CO_2 evapora continuamente a partir do estado líquido e emerge no estado gasoso. Uma aplicação importante para as garrafas de CO_2 sem sifão é a distribuição de bebidas. As garrafas de CO_2 sem sifão deverão ser utilizadas com um regulador para distribuir o gás para que seja possível reduzir a pressão até um nível adequado para a utilização pretendida. As garrafas de CO_2 sem sifão deverão estar na posição vertical enquanto o gás é retirado. Uma

Aviso de baixa temperatura

garrafa na posição horizontal libertaria CO_2 líquido, o que poderia provocar a obstrução do dispostivo de fornecimento com neve de CO_2.

A taxa à qual é possível retirar o CO_2 das garrafas sem tubos de imersão é limitada já que o CO_2 tem de evaporar a partir do estado líquido.
Este processo absorve o calor ambiente, o que significa que a garrafa de gás, e sobretudo a válvula, podem acumular gelo. Isto pode dificultar o acionamento da válvula. Para evitar esta situação, deverão ser utilizadas várias garrafas quando são necessárias grandes quantidades de CO_2 ou a garrafa poderá ser aquecida com água quente (máximo 50 °C). A garrafa nunca deverá ser aquecida com uma chama.

Manuseamento de gelo seco
Devido à sua baixa temperatura e à formação de gás de CO_2, deverão ser tomadas algumas medidas de precaução especiais ao manusear gelo seco:

- O gelo seco não é comestível. Não o lamba nem o utilize diretamente em bebidas. O frio, e a pressão subsequente, poderão ter efeitos nocivos no corpo humano. Mantenha o gelo seco fora do alcance das crianças!
- Devido à sua baixa temperatura, o gelo seco não deverá ser manuseado com as mãos desprotegidas. A utilização de luvas ou pinças apropriadas irá protegê-lo das queimaduras provocadas pelo frio. Quando cortar gelo seco manualmente utilizando equipamento adequado, proteja os olhos das partículas projetadas utilizando óculos de proteção.
- O gelo seco não deverá ser armazenado ou transportado em contentores estanques. A pressão resultante da evaporação poderá provocar o rebentamento do contentor.
- Ninguém deverá entrar numa sala onde esteja a ser armazenado gelo seco sem que o gás de CO_2 que o acompanha tenha sido removido através de ventilação adequada.
- O gelo seco em grandes quantidades só deverá ser transportado em compartimentos de veículos de carga isolados de forma estanque da cabina ou do compartimento dos passageiros.

4. Conclusão

O dióxido de carbono, em todas as suas formas, pode ter várias utilizações. É importante utilizar as suas propriedades de forma correta de modo a alcançar o efeito pretendido e eliminar os perigos. Se necessitar de mais informações, consulte os nossos especialistas em gás.

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