Conselhos de Segurança.
13 – Manuseamento de Hidrogénio.

1. Introdução

Para o manuseamento em segurança do hidrogénio, é importante conhecer as suas propriedades e as medidas de segurança necessárias. Estes Conselhos de Segurança descrevem as propriedades relevantes para a segurança e dão sugestões práticas úteis para trabalhar em segurança com este gás. Complementam, mas não substituem, quaisquer regulamentos nacionais ou internacionais.

2. Propriedades

2.1. Propriedades físicas

O hidrogénio (H_2) é o mais leve de todos os gases (densidade 84 g/m^3 a uma temperatura de 15°C e 1 bar). É por isso que o hidrogénio libertado ascende imediatamente e acumula-se em tetos ou em áreas semelhantes.

O hidrogénio é armazenado no estado gasoso em garrafas ou tanques à temperatura ambiente sob alta pressão (até 300 bar) ou é armazenado ou transportado praticamente sem pressão na forma de hidrogénio líquido criogénico em recipientes isolados.
Ao contrário do que acontece com outros gases, uma libertação da pressão do hidrogénio a uma temperatura normal resulta num ligeiro aumento da temperatura. A temperatura sobe de 20 para 25°C quando a pressão desce de 175 para 1 bar. Este aumento de temperatura não é suficiente para provocar a ignição espontânea do hidrogénio libertado, já que a temperatura de ignição é de cerca de 600°C

O hidrogénio líquido (HL_2) é um líquido muito leve (densidade 70 g/litro a uma temperatura de –253°C). O HL_2 evapora muito rapidamente a uma temperatura normal, produzindo cerca de 845 litros de gás de hidrogénio a partir de 1 litro de HL_2. Imediatamente após a evaporação, o hidrogénio gasoso continua muito frio e tem aproximadamente o mesmo peso que o ar. É por isso que se espalha praticamente só na horizontal. Contudo, aquece muito rapidamente. A sua densidade é continuamente reduzida e expande-se para cima.

À temperatura do hidrogénio líquido, todos os líquidos e gases, à exceção do hélio, são sólidos. É por este motivo que todas as restantes substâncias têm de ser mantidas afastadas das instalações de HL_2. Uma mistura de ar sólido e de HL_2 teria características explosivas.

A baixa temperatura do hidrogénio líquido faz com que o ar atmosférico condense no exterior dos elementos da instalação que não foram isolados. Através da evaporação parcial do azoto, o ar líquido tornar-se-ia rico em oxigénio e, quando entrasse em contacto com substâncias combustíveis, atuaria como agente incendiário.

Aviso de substância inflamável

2.2. Propriedades químicas

O hidrogénio, quando combinado com o ar ou com o oxigénio e depois deflagrado, arde até ser reduzido a água. O hidrogénio também pode reagir com outros agentes existentes, por exemplo, o cloro ou o óxido nitroso. Quando o hidrogénio é combinado com um agente oxidante e depois deflagrado, o processo de queima pode ser explosivo. Se este processo ocorrer numa sala/zona fechada, pode dar-se um aumento súbito da pressão que pode ser muito destrutivo devido ao calor gerado.

Os níveis de concentração aos quais o hidrogénio pode reagir com o ar sob uma pressão e uma temperatura normais são, comparativamente a outros gases combustíveis, muito díspares (o limite inferior de explosividade – LEL – é de 4% vol.; o limite superior de explosividade – UEL – é de 75,6% vol.). As misturas de hidrogénio/ar são deflagradas através de fontes de ignição que contêm muito pouca energia. A quantidade mínima de energia necessária para deflagrar o hidrogénio é 0,019 mJ, apenas 1/10 da energia necessária para deflagrar o propano. Por exemplo, partículas de ferrugem que tenham sido transportadas por um fluxo rápido de hidrogénio podem provocar uma faísca deflagrante através da carga eletrostática ou através da colisão contra um objeto. Devido à dificuldade em reconhecer ou provar esta fonte de ignição, tem-se considerado injustamente que o hidrogénio tem capacidade para se autodeflagrar.

Uma chama de hidrogénio é muito pálida e não é possível ser vista sob uma luz solar intensa. Deverão ser utilizadas outras indicações como, por exemplo, uma identificação na zona suspeita.

Obviamente, o hidrogénio líquido tem as mesmas propriedades químicas que o hidrogénio gasoso. Contudo, a capacidade para reagir com o oxigénio é ligeiramente reduzida devido à baixa temperatura.

2.3. Corrosão, materiais

O hidrogénio não é corrosivo. Mediante uma temperatura normal, os materiais metálicos comuns como, por exemplo, aço, cobre, latão, alumínio, são adequados para o hidrogénio.

Alguns tipos de aço podem ser danificados pelo hidrogénio sob determinadas circunstâncias, por exemplo, quando estão presentes falhas de produção (fissuras, revestimentos). É por isso que os materiais utilizados em instalações de hidrogénio têm de ser selecionados por peritos familiarizados com as condições de funcionamento específicas. Para além dos materiais metálicos, também podem ser utilizadas borrachas e plásticos em instalações de hidrogénio.

O hidrogénio é um gás muito "flexível". As ínfimas moléculas conseguem introduzir-se em materiais ou pequenas fissuras que seriam impermeáveis a outros gases. Não deverão ser utilizados materiais fundidos para o hidrogénio já que a sua porosidade pode ser uma causa de fugas.

Devido à sua baixa temperatura, o hidrogénio pode provocar a fragilização da borracha, dos plásticos e do aço carbono. Por este motivo, a ductilidade destes materiais pode ser substancialmente reduzida. É por este motivo que estes materiais não são adequados para serem usados em instalações de HL_2.

2.4. Efeitos fisiológicos / Proteção ambiental

O hidrogénio é um gás incolor, inodoro e insípido e, por isso, não é percebido pelos sentidos humanos.

O hidrogénio não é venenoso. O hidrogénio provoca a asfixia quando inalado em concentrações elevadas. Não deverá ser permitida a estadia de pessoas em ambientes com concentrações elevadas de hidrogénio devido ao perigo de explosão. Por esta razão, a proteção respiratória não é relevante ao trabalhar com hidrogénio. O hidrogénio criogénico no estado líquido ou gasoso (acabado de evaporar) pode provocar queimaduras criogénicas se entrar em contacto com a pele. O mesmo se aplica quando a pele entra em contacto com qualquer tubo ou equipamento não isolado que contenha hidrogénio líquido. Consulte também os Conselhos de segurança Linde 1, "Manuseamento de gases liquefeitos criogénicos".

O hidrogénio não se apresenta como um perigo para o ambiente. Não prejudica a camada de ozono e não contribui para o efeito de estufa. O gás de exaustão resultante da combustão do hidrogénio é a água e não o dióxido de carbono ou a fuligem.

2.5. Características de misturas de gás que contêm hidrogénio

As misturas de gás não se separam sob o efeito da gravidade. Quando, por exemplo, uma mistura de hidrogénio / argon se liberta numa sala, o hidrogénio não se acumula junto ao teto e o argon não se acumula junto ao solo. A mistura sobe no seu conjunto, quando é mais leve do que o ar, e desce quando é mais pesada que o ar. Ao fazê-lo, mistura-se continuamente no ar. As misturas de hidrogénio com hélio ou azoto são sempre mais leves do que o ar. As misturas de hidrogénio / argon com até 71% vol. de argon são mais leves do que o ar e, quando têm um teor mais alto de argon, são mais pesadas do que o ar.

As misturas de hidrogénio / gás inerte são combustíveis quando o respetivo teor de hidrogénio está acima de determinados níveis. Os valores correspondentes estão definidos na norma ISO 10156. Está estipulado que misturas de hidrogénio / azoto com mais de 5,7% vol. de H_2 e de hidrogénio / hélio, respetivamente misturas de hidrogénio / argon com mais de 2,9% vol. de H_2 são combustíveis. Os valores indicados são valores teóricos e "mais seguros" e não deverão ser utilizados para classificar uma mistura de gás de acordo com os regulamentos. Os verdadeiros valores dos limiares de combustibilidade que foram identificados em experiências indicam um teor de hidrogénio ligeiramente superior na mistura de hidrogénio / gás inerte.

3. Medidas de precaução

3.1. Como evitar atmosferas explosivas em espaços interiores e exteriores

É possível evitar a acumulação de uma atmosfera explosiva em áreas circundantes a instalações de hidrogénio:

- construindo centrais de hidrogénio em áreas bem ventiladas,
- garantindo que as centrais de hidrogénio são estanques e que mantêm essa característica.

Sempre que possível, as instalações de hidrogénio deverão ser construídas em espaços exteriores para que qualquer fuga de hidrogénio aconteça para a atmosfera sem perigo. Caso tal não seja possível, no mínimo, o contentor de armazenamento do hidrogénio deverá ser instalado no exterior. As linhas de exaustão das válvulas de segurança ou bombas de vácuo têm de ser conduzidas para o exterior. As aberturas de exaustão não devem ser localizadas sob rebordos, aberturas em edifícios ou perto de áreas de entrada de ar. As aberturas de exaustão devem ser assinaladas de forma clara para que, caso sejam executados trabalhos a quente nas proximidades, todos estejam conscientes das precauções necessárias a tomar.

As linhas de fornecimento de hidrogénio deverão dispor de uma válvula de corte quando entram numa área interior. Nas instalações de hidrogénio em espaços interiores, têm de ser utilizadas flanges cegas ou porcas para tapar as ligações não utilizadas de modo a evitar a libertação de gás para a sala.

As salas com instalações de hidrogénio deverão dispor de ventilação natural ou artificial eficiente. O teor de hidrogénio na sala pode ser controlado através de um sistema de aviso (explosímetro).

Deverá ser dada especial atenção aos espaços muito pequenos como, por exemplo, os invólucros de instalações de mistura de gás e de aparelhos de medição de hidrogénio. Deverá garantir-se que as peças desses invólucros que contêm hidrogénio deverão ser estanques, por exemplo utilizando ligações de tubos permanentes. Os invólucros deverão estar equipados com

aberturas de ventilação para que o hidrogénio possa ser libertado.

As ligações de tubos em instalações de hidrogénio deverão, sempre que possível, ser soldadas de forma permanente ou fixadas por brasagem já que estes métodos garantem uma impermeabilidade duradoura. Esta recomendação aplica-se especialmente aos tubos de hidrogénio encaminhados subterraneamente ou em áreas de difícil acesso como, por exemplo, num canal.

Quando os tubos que podem ser separados são ligados através de flanges aparafusadas ou de encaixes de tubos, deverão ser utilizados os tipos que melhores garantias de impermeabilidade dão. Em ligações de tubos aparafusadas, deverá ser dada preferência aos encaixes de compressão. A verificação da existência de fugas em instalações de hidrogénio deverá ser realizada, em primeiro lugar, com um gás não inflamável como, por exemplo, o azoto ou o hélio. Só após todas as fugas identificadas terem sido reparadas é que deverá ser realizado um segundo teste de fugas utilizando hidrogénio à pressão de funcionamento.

Uma instalação de hidrogénio com fugas identificadas não é segura. A instalação deverá ser despressurizada, purgada e reparada.

3.2. Como evitar fontes de ignição em espaços interiores e exteriores

A central e instalação de hidrogénio, incluindo as áreas circundantes, deverão ser classificadas de acordo com o risco de atmosfera explosiva, ver DIN EN 1127-1, DIN EN 60079-10 ou outros regulamentos relevantes. A classificação serve de guia relativo às precauções necessárias para evitar a ignição. Contudo, deverão ser tidas em consideração as seguintes recomendações gerais:

- Não deverá ser utilizado equipamento elétrico ou este deverá ser instalado numa versão à prova de explosão (EX).
- O trabalho com fogo (soldadura, corte, desbaste) só é permitido se a área em perigo estiver livre de hidrogénio. Isto deverá ser verificado recorrendo a um explosímetro e nunca, em circunstância alguma, utilizando uma chama desprotegida. Quando realizar trabalhos com fogo, é importante nunca esquecer que as faíscas resultantes da soldadura ou do desbaste podem ser projetadas até uma distância de 10 m do local de origem.
- O trabalho de montagem não é permitido enquanto ocorrer uma fuga de hidrogénio, mesmo quando são utilizadas ferramentas à prova de faíscas, já que continua a existir um risco de ignição.

3.3. Como evitar misturas explosivas em instalações de hidrogénio

Não é aceitável ter uma mistura explosiva numa instalação de hidrogénio. Estas misturas deflagram facilmente, por exemplo, mediante o calor resultante da fricção ao acionar uma válvula ou através de partículas de ferrugem que foram transportadas (ver parágrafo 2). Mesmo o aquecimento do gás que pode ser provocado por um choque de pressão de hidrogénio a fluir rapidamente para uma secção da instalação enchida com ar pode provocar uma ignição.

O ar e o oxigénio têm de ser mantidos afastados das instalações de hidrogénio. Isto e possível se a instalação não dispuser de nenhuma ligação para sistemas que contenham ar ou oxigénio. Caso estas ligações existam, por exemplo, em equipamento de soldadura que funcione com hidrogénio e oxigénio, deverão ser instaladas válvulas de retenção para garantir que um gás não entra na linha de fornecimento do outro.

Os compressores de hidrogénio deverão ser equipados com um alarme de baixa pressão e de oxigénio para garantir que não é possível criar uma mistura de hidrogénio / ar explosiva.

Se o hidrogénio tiver de ser combinado com ar ou oxigénio para processos técnicos especiais, isto só poderá ser efetuado mediante pré-requisitos supervisionados de forma muito atenta: a manutenção da pressão permitida e concentração ideais e a ausência de fontes de faíscas.

Antes das instalações de hidrogénio serem colocadas em funcionamento, o ar deverá ser removido, por exemplo, através da utilização de uma bomba de vácuo ou de purga. O método mais seguro é a purga com azoto caso seja atingido um teor de oxigénio inferior a 1% vol. na instalação. Se forem utilizadas misturas de argon / hidrogénio ou formações de gases (mistura de azoto / hidrogénio) para soldar contendores, o ar também terá de ser removido através da purga de modo a evitar uma explosão no contentor. (Devido a motivos técnicos associados à soldadura, a prevenção de cor de recozimento, o teor de oxigénio tem de estar um pouco abaixo do teor referido acima). Além disso, durante a sua desativação, o hidrogénio de uma instalação de hidrogénio tem de ser eliminado através da utilização de uma bomba de vácuo ou através de purga. O teor de hidrogénio tem de ser reduzido para 1% vol. antes da instalação ser aberta. Se, ao desativar a instalação, os seus elementos continuarem sob pressão, o hidrogénio tem de ser desligado com cuidado do elemento que está sob pressão, por exemplo, através de um bloco duplo com uma válvula de despressurização intermédia entre os blocos, de desconexão, etc.. É importante lembrar que, em todos os processos de purga, o gás de purga percorrerá o percurso que oferece menos resistência. Por isso, deverá ser dada especial atenção a percursos sem saída. Poderá ser necessário verificar se todas as válvulas assumiram a respetiva posição de controlo necessária. (As válvulas que aparentam estar abertas

Aviso de atmosfera explosiva

nem sempre permitem a passagem e as válvulas que estão fechadas nem sempre são estanques.)

3.4. Como reagir quando ocorrem fugas de hidrogénio ou a deflagração do hidrogénio

Se existir uma fuga não intencional de hidrogénio, o fornecimento de gás tem de ser cortado através do fecho dos controlos necessários. Não deverá tentar reparar a fuga enquanto continuar a verificar-se a fuga de hidrogénio devido ao perigo de ignição. Caso haja uma fuga de uma quantidade significativa de hidrogénio para a sala, existe um perigo extremo de explosão. O pessoal deverá evacuar a sala que depois deverá ser devidamente ventilada. Deverá ser efetuada uma medição de verificação para comprovar a eficácia da ventilação.

Se a fuga de hidrogénio tiver deflagrado, esta poderá ser extinta através do fecho das linhas de fornecimento de hidrogénio. Caso este procedimento não resulte, não tente extinguir o incêndio em salas com agentes extintores já que o fluxo contínuo de hidrogénio poderia implicar um risco de explosão. Neste caso, é necessário deixar o incêndio deflagrar até o hidrogénio se esgotar e o fogo extinguir-se por si. Poderá ser necessário arrefecer com água algumas áreas que possam estar em perigo devido ao incêndio (por exemplo, garrafas de gás). Quando o incêndio estiver quase terminado, a instalação afetada deverá ser purgada com azoto para garantir que não ocorreu o retorno de chamas para o interior.

3.5. Manuseamento de garrafas de hidrogénio em segurança

Os regulamentos nacionais incluem diferentes requisitos referentes ao manuseamento de garrafas de gás. As seguintes regras também deverão ser respeitadas ao manusear garrafas e quadros de garrafas de hidrogénio: As válvulas de garrafas e de quadros de garrafas só deverão ser abertas após ser conectado o redutor de pressão com vedações intactas. Os pontos de ligação deverão ser verificados para garantir que não existem fugas. As válvulas de garrafas e de quadros de garrafas deverão ser fechadas quando não estão a ser utilizada de modo a evitar a fuga de gás através de ligações com fugas.

4. Considerações finais

O hidrogénio pode ser utilizado para diversos fins. Os nossos especialistas em gases terão todo o prazer em esclarecer como o poderá utilizar de forma segura e eficaz.

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