



1. Introducción

Para la manipulación segura del hidrógeno, es importante conocer sus propiedades y las medidas de seguridad necesarias. En éste consejo de seguridad se describen las propiedades más relevantes para a su seguridad, y proporciona consejos prácticos para trabajar con seguridad con este gas. Es un complemento, y no reemplaza, la normativa nacional o internacional.

2. Propiedades

2.1. Propiedades físicas

El hidrógeno es más ligero de los gases (la densidad es de 84 g/m³ a una temperatura de 15 °C y 1 bar). Es por eso que el hidrógeno al escaparse inmediatamente se elevará hacia arriba y se acumulan en los techos o zonas similares.

El hidrógeno se almacena en forma de gas en cilindros o tanques a temperatura ambiente a alta presión (hasta 300 bar), o se almacena o se transporta casi sin presión en forma de hidrógeno criogénico líquido en recipientes aislados.

La liberación de la presión de hidrógeno a temperatura normal tiene como resultado - a diferencia de otros gases - en un ligero aumento de la temperatura. La temperatura se eleva desde 20 hasta 25 °C cuando la presión cae desde 175 hasta 1 bar. Este aumento de la temperatura no es suficiente para hacer que el hidrógeno escapado se encienda por sí mismo, ya que la temperatura de ignición se encuentra a 600 °C.

El hidrógeno líquido (LH₂) es un líquido muy ligero (densidad de 70 g / litro a una temperatura de -253 °C). LH₂ se evapora

muy rápidamente a temperatura normal, con la creación de unos 845 litros de hidrógeno gaseoso por cada 1 litro LH₂. Inmediatamente después de la evaporación del hidrógeno gaseoso es todavía muy frío y tiene aproximadamente el mismo peso que el aire. Esa es la razón por la que se extiende casi horizontalmente. Sin embargo, se calienta muy rápido. Su densidad es continuamente reducida y tiende a extenderse hacia arriba.

A la temperatura del hidrógeno líquido todos los líquidos y gases - a excepción de helio - son sólidos. Es por eso que todas las demás sustancias tienen que ser mantenidos lejos de las instalaciones del LH₂. Una mezcla de aire sólido y LH₂ tiene características explosivas.

La baja temperatura del hidrógeno líquido hace que el aire atmosférico condense en el exterior de las piezas de la instalación que no hayan sido aisladas. A través de la evaporación parcial del nitrógeno del aire líquido, podría llegar a ser enriquecido con oxígeno y al entrar en contacto con sustancias combustibles, actuar como un agente inflamable.



Aviso de sustancia inflamable

2.2. Propiedades químicas

El hidrógeno cuando se combina con el aire o el oxígeno y se enciende puede quemar en el agua. El hidrógeno también puede reaccionar con otros agentes oxidantes, por ejemplo, cloro o gas de la risa. Cuando el hidrógeno se combina con un agente oxidante y luego se enciende, el proceso de combustión puede ser explosivo. Si este proceso se lleva a cabo en una sala cerrada, con un aumento rápido de presión, puede ser muy destructivo, y tiene lugar a causa del calor generado.

Los niveles de concentración en el que el hidrógeno puede reaccionar con el aire a presión normal y temperatura normales, en comparación con otros gases combustibles, es muy amplia (el límite inferior de explosividad (LEL) es del 4 vol.-%, siendo el límite superior de explosividad (UEL) del 75,6 vol.-%). Las mezclas de Hidrógeno / aire se encienden a través de las fuentes de ignición que contienen muy poca la energía. La menor cantidad de energía necesaria para encender el hidrógeno es 0.019 mJ que sólo es 1/10 de la de gas propano. Por ejemplo, partículas de herrumbre, que han sido transportados por una corriente rápida de hidrógeno puede desarrollar la chispa de encendido a través de la carga electrostática o por golpear un objeto. Debido a que es difícil de reconocer o probar ésta la fuente de ignición, se cree injustamente que el hidrógeno es capaz de auto - encenderse.

Una llama de hidrógeno es muy clara y no se puede ver la luz del día. Otras indicaciones deben ser utilizados, por ejemplo, un trozo de papel en el área afectada.

Por supuesto, el hidrógeno líquido tiene las mismas propiedades químicas como el

hidrógeno gaseoso. Sin embargo, la capacidad de reaccionar con el oxígeno se reduce un poco debido a las bajas temperaturas.

2.3. Corrosión, materiales

El hidrógeno no es corrosivo. A la temperatura normal los habituales materiales metálicos - acero, cobre, latón, aluminio - son adecuados para el hidrógeno.

Algunos tipos de acero pueden ser dañados por el hidrógeno bajo ciertas circunstancias, por ejemplo, cuando los defectos de producción (agrietamientos, incrustaciones) están presentes. Es por eso que los materiales utilizados en las instalaciones de hidrógeno tienen que ser elegidos por los expertos, que están familiarizados con el funcionamiento en condiciones específicas. Aparte de los materiales metálicos, el caucho y el plástico también se puede utilizar para instalaciones de hidrógeno.

El hidrógeno es un gas muy „flexible“. Las moléculas pequeñas pueden encontrar su camino en los materiales o ajustadas fisuras, que podrían ser impermeables para otros gases. Los materiales de fundición no deben utilizarse para el hidrógeno, debido a su porosidad podría ser la causa de las fugas.

Debido a su baja temperatura, el hidrógeno líquido puede causar la fragilidad de caucho, plástico y acero al carbono. Debido a esto la ductilidad de estos materiales pueden ser extremadamente reducida. Es por eso que estos materiales no son adecuados para su uso en instalaciones de LH2.



2.4. Efectos fisiológicos / Protección medioambiental

El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro e insípido y por lo tanto no puede ser percibido con los sentidos humanos.

El hidrógeno no es tóxico. Cuando es inhalado en grandes concentraciones causará la asfixia. No se debe permitir la presencia en ese ambiente, debido al peligro de explosión. Por esta razón la protección respiratoria no es relevante cuando se trabaja con el hidrógeno. Hidrógeno criogénico en forma líquida o gaseosas (evaporado) puede causar quemaduras criogénicas al entrar en contacto con la piel. Lo mismo ocurre cuando la piel entra en contacto con cualquier tubería sin aislar o equipos que contengan hidrógeno líquido. Tenga en cuenta también el Consejo de Seguridad 1 „Manipulación de gases licuados a muy bajas temperaturas“.

El hidrógeno no impone un peligro para el medio ambiente. No daña la capa de ozono y no contribuye al efecto invernadero. El escape de la combustión gas de hidrógeno es agua y no dióxido de carbono u hollín.

2.5. Características de las mezclas de gas que contengan hidrógeno

Las mezclas de gases no se separan bajo la influencia de la gravedad. Cuando, por ejemplo, una mezcla de hidrógeno / argón se escapa en una sala, el hidrógeno no se acumula en el techo y el argón no se acumula en el suelo. La mezcla se mueve hacia arriba en su conjunto, cuando es más ligero que el aire, y hacia abajo cuando es más pesado que el aire. Al hacer esto se mezcla continuamente en el aire. Las mezclas de hidrógeno con helio o nitrógeno son siempre más ligeras que el aire. Las mezclas de Hidrógeno / argón - de hasta el 71% vol de argón.- son más ligeras que el aire y con un contenido más alto de argón más pesado que el aire.

Las mezclas de Hidrógeno / gas inerte son mezclas combustible cuando su contenido de hidrógeno está por encima de ciertos niveles. Los valores correspondientes se han estandarizado en la norma ISO 10156. Se especifica que las mezclas de hidrógeno / nitrógeno con más de 5,7 vol. % H₂ y las de hidrógeno / helio y de hidrógeno / argón con más de 2,9 vol. % H₂ son combustibles. Los valores indicados son valores teóricos y están „en el criterio seguro“ y se utiliza para clasificar un gas mezcla de acuerdo con la normativa. Los valores de umbral actual de combustibilidad, que han sido identificados en los experimentos para un contenido de hidrógeno es algo mayor en las mezclas de hidrógeno / gas inerte.

3. Medidas de seguridad

3.1. Cómo evitar atmósferas explosivas en las salas y al aire libre

Es posible evitar la acumulación de una atmósfera explosiva en las zonas aledañas instalaciones de hidrógeno por:

- La construcción de plantas de hidrógeno con áreas bien ventiladas,
- Asegurándose de que las plantas de hidrógeno se encuentran a prueba de fugas y permanecen de esa manera.



Las instalaciones de hidrógeno se tratará de ser instaladas en el exterior, para que el escape de hidrógeno puede escapar a la atmósfera sin peligro. Si esto no es posible, por lo menos el recipiente de almacenamiento de hidrógeno debe estar instalado fuera. Las líneas de escape de las válvulas de seguridad o bombas de vacío, deben dan al exterior. Las aberturas de escape no se encontrarán bajo salientes, en las aberturas de los edificios o en las proximidades de un área de admisión de aire. Las aberturas de escape deben estar claramente marcadas para que en caso de trabajos en caliente en los alrededores,

todo el mundo sea consciente de las precauciones necesarias que deben tomar.

Las líneas de suministro de hidrógeno debe tener una válvula de cierre al entrar en un área bajo techo. El hidrógeno en el interior de instalaciones no se usarán bridas ciegas o conexiones roscadas, con el fin de evitar la fuga de gas en la sala.

Las salas con instalaciones de hidrógeno tendrán una efectiva ventilación natural o forzada. El contenido de hidrógeno en la sala puede ser controlado a través de un sistema de alerta (explosímetro).

Se debe prestar especial atención a las salas muy pequeñas, como por ejemplo habitáculos de instalaciones de mezclas de gas o aparatos de medición de hidrógeno. Las partes en este tipo de habitáculos que contienen hidrógeno tiene que ser definitivamente a prueba de fugas, por ejemplo mediante el uso de conexiones permanentes de la tubería. El habitáculo debe estar equipado con aberturas de ventilación para que el hidrógeno pueda escapar.

Las conexiones de las tuberías en las instalaciones de hidrógeno, siempre que sea posible, estarán de forma permanente soldadas, porque esto asegura estanqueidad de larga duración. Esta recomendación es especialmente seguro para las tuberías de hidrógeno instaladas bajo la tierra o en zonas no accesibles, como por ejemplo en un canal.

Cuando los tubos que pueden ser separados están conectados con accesorios roscados o bridas, se utilizará equipos a prueba de fugas. En conexiones de las tuberías que están roscadas, se deben usar accesorios de compresión. Comprobación de fugas en las instalaciones de hidrógeno primero se debe hacer con un gas no inflamable, como el nitrógeno o el helio. Sólo después de que las fugas evidentes han sido reparadas, una segunda prueba de fugas se debe hacer con el uso de hidrógeno a una presión de trabajo.

Una instalación de hidrógeno con las fugas se sabe que no es segura. La instalación tiene que ser despresurizada, purgada y reparada.

3.2. Cómo evitar la ignición causada por fuentes de ignición en las salas y el exterior



La planta de hidrógeno y la instalación incluyendo los alrededores se clasificarán para el riesgo de atmósferas explosivas, consulte la norma DIN EN 1127-1, DIN EN 60079-10 u otras regulaciones relevantes. La clasificación sirve de orientación sobre las precauciones necesarias para evitar la ignición. Sin embargo, el consejo general debe considerar lo siguiente:

- Los equipos eléctricos no se utilizarán o bien serán instalados si no se dispone de su clasificación de uso para atmósferas explosivas.
- Trabajar con fuego (soldadura, corte, soldering, molienda) sólo está permitida si el área de trabajo está libre de hidrógeno. Esto debe ser verificado con un explosímetro, en ningún caso con una llama abierta. Al realizar el trabajo con el fuego es importante tener en cuenta, que la soldadura y las chispas pueden volar hasta a 10 m del lugar de origen.
- Los trabajos de ensamblaje no están permitidos cuando se hidrógeno se está fugando, porque incluso cuando se utilizan herramientas libres de chispa, todavía hay un riesgo de ignición.

3.3. Cómo prevenir las mezclas explosivas en instalaciones de hidrógeno

No es aceptable tener una mezcla explosiva en una instalación de hidrógeno. Estas mezclas son fácilmente inflamables, por ejemplo, mediante calor de fricción al operar una válvula o por medio de partículas de óxido que han sido transportadas (véase el párrafo 2). Incluso

el calentamiento del gas que ha sido causado por el choque de presión de flujo rápido de hidrógeno, dentro de una sección llena de aire de la instalación puede causar una ignición.

El aire y el oxígeno tienen que mantenerse lejos de instalaciones de hidrógeno. Esto es posible si la instalación no tiene relación con aire o el oxígeno que contienen los sistemas. Si las conexiones existen, por ejemplo en equipos de soldadura que funciona con hidrógeno y oxígeno, tiene que ser instaladas válvulas de retención para asegurarse que no es posible para uno de los gases de entrar en la línea del otro.

Los compresores de hidrógeno deben estar equipados con alarma de baja presión de succión y alarma de oxígeno, para asegurar que no se puede crear una mezcla explosiva de hidrógeno / oxígeno.

Si el hidrógeno se combina con el aire o el oxígeno para un proceso técnico especial, sólo se hará bajo los requisitos previos supervisados muy de cerca - manteniendo la correcta concentración y la presión máxima admisible y la ausencia de fuentes de chispa.

Antes poner en funcionamiento las instalaciones de hidrógeno, el aire tiene que ser eliminado, por ejemplo, mediante el bombeo de vacío o purga. El método más seguro está purgando con nitrógeno, si el contenido de oxígeno en la instalación es del 1 vol.-%. Si es una mezcla combustible

Estas recomendaciones de LINDE GAS ESPAÑA no implican garantía por parte de la empresa, en el sentido de que su responsabilidad no puede substituir a la del usuario de este documento.

Linde Gas España, S.A.U.
División Gases Industriales
www.linde-gas.es

Región Nordeste:
Balmes, 89 - 5ª planta
08008 BARCELONA
Tel. Call Center: 932 759 263
customerservice@linde.com

Región Centro:
Ctra. Alcalá - Daganzo, km. 3,8
Pol. Ind. Bañuelos, Haití, 1
28806 ALCALÁ DE HENARES (Madrid)
Tel. Call Center: 932 759 263
customerservice@linde.com

Región Sureste (Levante):
Camino de Liria s/n, Apdo. de Correos, nº25
46530 PUÇOL (Valencia)
Tel. Call Center: 932 759 263
customerservice@linde.com

Región Sureste (Sur):
Pol. Ind. Ciudad del Transporte,
Real de Vellón, P-27
11591 JEREZ DE LA FRA. (Cádiz)
Tel. Call Center: 932 759 263
customerservice@linde.com