

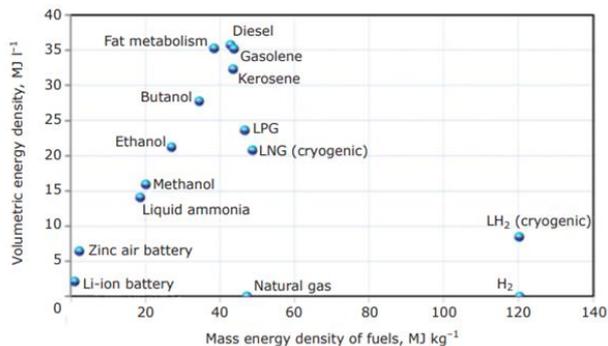
CASOS DE EXITO
EN
INNOVACION
TECNOLÓGICA

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE HIDROGENO EN LIQUIDOS ORGANICOS



La molécula de hidrógeno (H_2) contiene energía en el enlace que une los dos átomos de hidrógeno. Por lo tanto el hidrógeno molecular puede utilizarse como vector energético ya que permite el almacenamiento y transporte de la energía acumulada en el enlace químico.

De hecho en los estudios de prospectiva tecnológica el H_2 molecular es uno de los vectores que se considera estará presente en el mercado para posibilitar la transición energética, junto a otros vectores como la electricidad o los combustibles sintéticos.



Fuente: J. Matthey Technol. Rev. 2020, 64, (3) 263-278

El hidrógeno molecular presenta algunas propiedades que dificultan su uso como vector energético, entre estas propiedades las que podemos mencionar como barreras más relevantes son:

Pequeño tamaño molecular: al tratarse de la molécula más pequeña posible (integrada por dos átomos de hidrógeno) se trata de un compuesto muy difícil de mantener confinado, pues puede difundirse con facilidad a través de los materiales de los recipientes o contenedores.

Baja densidad. El hidrógeno es un gas muy poco denso (0.08988 kg/m^3 a 0°C y 1 atm). La baja densidad implica poca masa por unidad de volumen. Por ello, aunque el contenido energético en términos másicos es elevado, el contenido energético en términos volumétricos es extremadamente bajo. Esto hace que para almacenar y transportar energía utilizando el vector hidrógeno molecular se necesiten grandes volúmenes, normalmente inaceptables en operaciones industriales habituales.

Para solucionar las barreras al uso del hidrógeno molecular como vector energético se han planteado diferentes soluciones técnicas

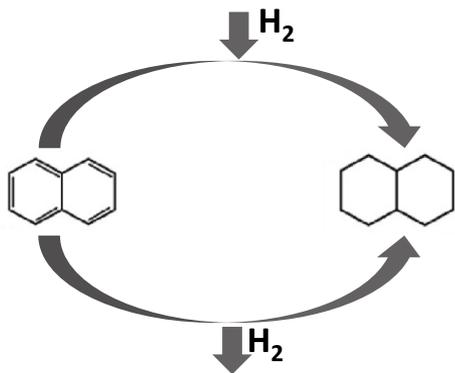
Compresión: Al comprimir aumenta la densidad del hidrógeno gaseoso con lo que aumenta proporcionalmente el contenido energético por unidad de volumen. Es decir aumenta la cantidad de energía que se puede almacenar y transportar en forma de H_2 en un volumen determinado. El manejo de hidrógeno comprimido presenta algunos inconvenientes como la energía necesaria para la compresión, los requisitos de los contenedores para las elevadas presiones que se manejan y, sobre todo, que la densidad energética en términos volumétricos sigue siendo muy baja.

Licuefacción: El H_2 gaseoso se puede convertir a estado líquido a elevadas presiones y bajas temperaturas (-253°C a 1 atm). En estado líquido la densidad del H_2 es $70,85 \text{ kg/m}^3$. Por lo tanto en estado líquido un determinado volumen de hidrógeno contiene del orden de 10 veces más energía que el mismo volumen ocupado por H_2 comprimido.

El manejo de hidrógeno líquido tiene algunos problemas operativos como la evaporación de parte del producto almacenado (boil-off), pero una de sus principales barreras es el consumo de energía necesario para licuar y mantener licuado el producto.

La molécula de hidrógeno (H_2) se puede hacer reaccionar con numerosos compuestos, para sintetizar nuevas especies químicas. Por ejemplo se puede hacer reaccionar con N_2 para formar amoníaco, con CO_2 para sintetizar compuestos como metanol o combustibles sintéticos, etc....).

Muchas de las reacciones del H_2 con otras especies químicas son reacciones reversibles, es decir se puedan dar en los dos sentidos de forma que en un sentido el hidrogeno y las otras especies reaccionan para formar nuevas moléculas, pero también puede darse que estas moléculas sufran la reacción inversa produciendo los componentes que las formaron, uno de ellos el hidrógeno. A estas moléculas se las conoce como Portadores de Hidrogeno Líquidos Orgánicos (Liquid Organic Hydrogen Carriers, LOHC).



Los LOHCs son por lo tanto pares de moléculas orgánicas convertibles entre sí mediante reacciones de hidrogenación y deshidrogenación.

La molécula baja en H_2 puede sufrir en determinadas condiciones reacciones de hidrogenación, es decir de incorporación de hidrogeno para convertirse en la forma de alto contenido de hidrogeno ("hidrogenada"). Esta molécula puede ser almacenada y transportada y puede a su vez sufrir reacciones de deshidrogenación que le permiten liberar el hidrogeno previamente incorporado.

Con este ciclo el hidrogeno puede ser almacenado y transportado en moléculas líquidas, lo que facilita el manejo y operación y puede ser recuperado como H_2 gas en el momento y lugar en que se desee para su uso final.

Los LOHC se presentan así como una solución para almacenamiento y transporte en forma de moléculas líquidas lo que facilita su manejo y operación y permite en gran medida utilizar las actuales infraestructuras de logística de combustibles líquidos para la logística de hidrogeno.

Existen numerosos pares de moléculas que pueden actuar como LOHCs, en diferente grado de madurez tecnológica. Algunos de dichos LOHCs ya se comercializan como soluciones industriales.

- Los dos retos fundamentales a abordar por esta tecnología son la maximización de la cantidad de hidrogeno incorporada/desincorporada
- La minimización de la energía necesaria para las reacciones de hidrogenación/deshidrogenación
- La maximización de la estabilidad de la molécula de forma que su deterioro sea mínimo en las sucesivas reacciones y se maximice el numero de ciclos en que puede ser utilizada (maximización de la vida útil de la molécula)
- La optimización logística, dado que al contrario que cualquier otra solución, el empleo de LOHC requiere logística de ida (molécula hidrogenada) y de vuelta (molécula deshidrogenada para un nuevo ciclo)

TRL

1

Existen grupos de investigación desarrollando conocimiento para uso de nuevas moléculas.

3

Existen proyectos piloto de demostración , evaluación y mejora de nuevas moléculas o condiciones de reacción.

- GreenH2pipes
- Regenera
- UnLOHCKed
- EKARRIH2
-

5

Existen compañías que han desarrollado moléculas innovadoras no de base carbono, sino de base silicio y han llevado la madurez de su tecnología con estas moléculas a escala piloto (TRL-4)

- **HSL:** Ha desarrollado tecnología de almacenamiento de H2 en moléculas líquidas de base Si en lugar de carbono, bajo la marca HydroSil

7

Existen compañías que han hecho proyectos piloto de utilización de LOHC para transporte de H2 incorporado a estas moléculas y, por lo tanto con operación y manejo en estado líquido

Mitsubishi

9

Existen compañías que ofrecen soluciones completas para empleo de LOHC como Carrier de hidrógeno a nivel industrial

- **Hidrogenious:** Ofrece soluciones llave en mano de construcción de infraestructuras de logística de H2 en LOHCs, incluyendo las infraestructuras para las reacciones de hidrogenación y deshidrogenación.
- **Chilloda:** Chiyoda comercializa soluciones de transporte y almacenamiento de hidrogeno a través del modelo de negocio SPERA® para el que utiliza LOHCs, según la información disponible, utiliza el par tolueno/MCH.