

Tecnología de la pila de combustión

¿Un sueño, un desafío o una necesidad?

Víctor Alsina *

Alternativa de vanguardia para generación de energías limpias

Las últimas dos décadas del siglo XX podrían considerarse como un período de transición para los métodos de producción, almacenaje y conversión de energía. Actualmente se sabe que la combustión de hidrocarburos y el calor desprendido, es perjudicial para la naturaleza. Asimismo se teme por el agotamiento de los hidrocarburos como consecuencia de su rápida y extensa utilización, lo cual llevaría a detener en un futuro el progreso de la tecnología, al tiempo que el crecimiento de la población mundial requeriría mucho más alimento, vivienda, industria, medios de transporte y de comunicación.

El concepto de energía inagotable a través de la generación de energía nuclear, está limitada por los peligros que ésta implica. Peor aún, las esperanzas de aprovechar la energía solar, se han tornado utópicas.

Muchos autores describen el mundo del futuro como críticamente dependiente de energía. Una visión pesimista, predice que sin desarrollo de nuevas formas de energía, en el futuro la humanidad deberá transitar catástrofes que lo llevarán a retroceder a estilos de vida básicos. Los más optimistas consideran que nuevas tecnologías llevarán a una mejor utilización de los restos fósiles, al aprovechamiento de fuentes renovables de energía como la solar, incluido el uso apropiado de energía atómica.

Reseña histórica sobre el desarrollo de la pila de combustión

La esperanza de convertir la energía química de los restos fósiles directamente en electricidad ya existía alrededor de 1900, resultando de una enorme cantidad de experimentos tendientes a oxidar el gas convertirlo electroquímicamente en tensión. También podemos encontrar en la literatura de esa época, descripciones sobre sistemas de combustión del hidrógeno, muy similares a las pilas espaciales de H₂ – O₂ de los años 60. Pero los sistemas estaban pobremente diseñados y su tiempo de vida útil era corto.

En 1970 K. Kordesch construyó un vehículo con batería de hidrógeno para 4 pasajeros, que transitó durante 3 años en la ciudad de UK.

A mediados de los 70 hubo interesantes cambios en dirección a la tecnología de las pilas de combustión. Los sistemas alcalinos, que habían llegado al más alto nivel de desarrollo en los programas espaciales, fueron reemplazados por el desarrollo de los sistemas de ácido fosfórico. Paralelamente se debieron desarrollar reformadores ya que

* Docente de la Facultad de Ingeniería - UP.

los hidrocarburos se convirtieron en la principal fuente de combustión. Gran cantidad de plantas de energía se desarrollaron en Japón, luego que disminuyó el interés en USA.

Sin embargo, debido al calor proveniente de una planta de alta temperatura, y a una mayor eficiencia, en los 80 se aceleró el desarrollo de sistemas de combustión de carbono y en los 90 de oxidación sólida. Lamentablemente, aún hay temas por resolver por la alta temperatura de las pilas de combustión.

Otro relevante avance tecnológico ocurrió en los 90. El sistema de membrana de la pila de combustión ya existía en los 60, pero su operatividad no era confiable en los proyectos espaciales y su importancia cayó ante el desarrollo de los sistemas alcalinos. Pero se obtuvieron nuevos tipos de membrana con mayor poder energético. Mejoraron las expectativas de vida útil. Un solo problema permaneció: el alto costo de las membranas y el costoso sistema auxiliar para el calor y la utilización del agua.

Pilas de combustión de polímero electrolítico (PEFCs)

La aplicación de PEFC como fuente de energía en vehículos eléctricos ha recibido mucha atención en los últimos años.

Esto se ha debido a la combinación de significativos avances tecnológicos y la iniciación de proyectos para demostrar un completo sistema basado en energía de PEFC en un micro u otro medio de transporte terrestre. Ya sea que usen metanol (para ser reformado a bordo), o hidrógeno (en forma presurizada, licuada o hidruro), el cátodo de PEFC va a actuar en el aire, en todos los sistemas de transporte terrestre.

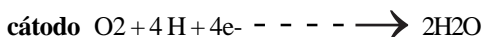
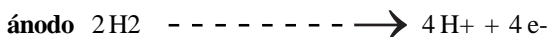
La PEFC utiliza como electrolito, una membrana polimérica. Esta membrana es una excelente conductora de iones de hidrógeno. Los materiales utilizados consisten en un polímero fluorocarbonado, similar al Teflón®, en el cual los grupos ácidos sulfúricos son archivados. Las moléculas ácidas son unidas al polímero y no pueden “navegar”, pero los protones de estos grupos ácidos están libres para migrar a través de la membrana. Las ventajas de PEFCs sobre AFCs (pilas alcalinas) son:

- No hay líquidos corrosivos libres en la pila,
- La pila es fácil de fabricar,
- Son capaces de soportar grandes diferencias de presión,
- Los problemas de corrosión del material son mínimos, y han demostrado larga vida útil.

Las desventajas de las PEFCs son:

- El polímero electrolítico fluorinado es tradicionalmente caro y los costos de la pila son altos,
- El manejo del agua en la membrana es crítico para operar eficientemente,
- La tolerancia al CO es pobre,
- La performance a largo plazo con cargas catalíticas bajas en los electrodos necesita ser demostrada, y dificultades en la integración térmica con un reformer.

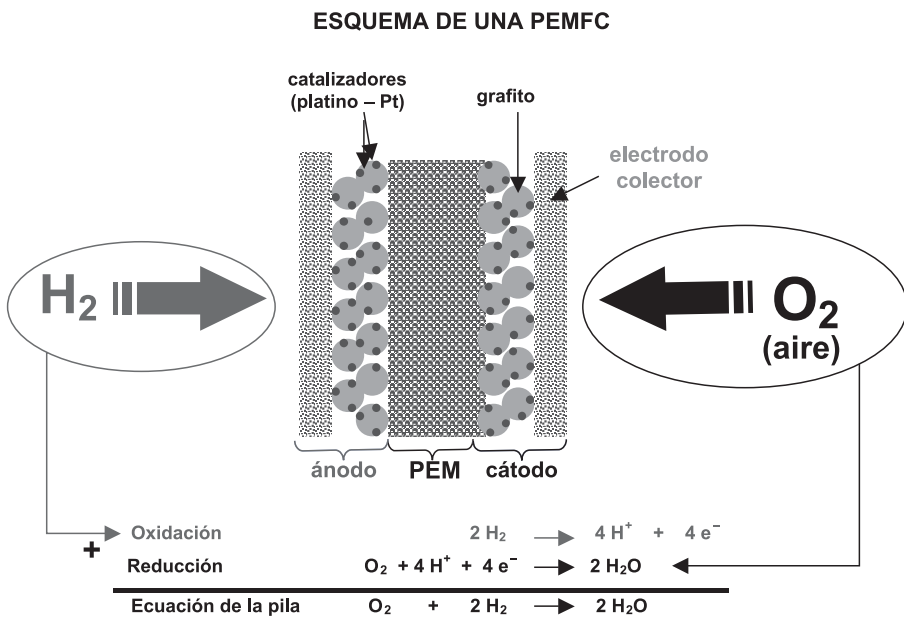
Las reacciones del electrodo en la PEFC son análogas con las del PAFC. El hidrógeno proveniente de la combustión de gas es consumido en el ánodo, conduciendo a los electrones al ánodo y produciendo iones hidrógeno que entran en el electrolito. En el cátodo, el oxígeno se combina con electrones del cátodo y con los iones hidrógeno del electrolito para producir agua.



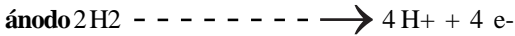
El agua no se disuelve en el electrolito y es, en cambio, rechazado desde la parte trasera del cátodo hacia el flujo de gas oxidante. Como la PEFC opera a unos 80°C, el agua se produce como líquido y es sacada de la pila por el exceso de oxígeno.

Principio de operación de las PEFCs

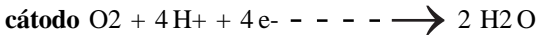
El gráfico muestra esquemáticamente la membrana. La pila consiste en una placa de grafito bipolar en la cual está incorporada la membrana. Estas placas tienen diversos agujeros para distribuir los gases reactantes a los electrodos. Además son eléctricamente conductoras para que la corriente generada pase a la pila adyacente.



La membrana es electroquímicamente el corazón del sistema. Sobre el ánodo, o el lado del hidrógeno, el gas hidrógeno es catalíticamente dissociado de acuerdo a la reacción:



Los iones de hidrógeno atraviesan el polímero electrolítico hacia el cátodo, o el lado del oxígeno, de la pila. Estos se combinan catalíticamente con el oxígeno y los electrones de la pila adyacente para formar agua de acuerdo a la reacción:



Las funciones de la membrana se duplican, actúa como un electrolito que brinda comunicación iónica entre el ánodo y el cátodo, y sirve como separador de los dos gases reactivos. Las propiedades de transporte de protones y agua de la membrana y el manejo apropiado del agua son cruciales para la operación eficiente de la pila de combustión. La deshidratación de la membrana reduce la conductividad de protones y el exceso de agua puede llevar a que los electrodos floten. Ambas condiciones resultan en una pobre funcionalidad de la pila.

Electrodos

Los electrodos son típicamente electrodos de difusión de gases. Tienen una deposición de carbón.

Para que la reacción química sea más eficiente, los electrodos deben ser catalizados, el catalizador, como ser Platino, que provee una mejor catalización para la oxidación del hidrógeno y para la reacción de oxidación-reducción.

El problema de la alta carga de Platino (normalmente 4 mg de Platino por cm^2) se puede resolver utilizando catalizadores de Platino soportados similares a aquellos utilizados en las celdas de electrolito líquido.

Aquellos consisten en partículas de Platino de diámetro 2 a 5 nm sobre la superficie de partículas de carbón fino. Esto incrementa enormemente el área superficial efectiva del Platino.

Para funcionar, el catalizador debe tener acceso al gas y debe estar en contacto con ambos conductores eléctricos y protónicos.

Ciertos procedimientos para hacer efectivo el contacto con conductores protónicos se logran impregnando el electrodo, soporte del catalizador, con material conductor protónico.

Esto se logra cubriendo la superficie con una solución de material solubilizado en la membrana (NAFION®).

Membrana electrolítica

La membrana de intercambio de protones de la pila de combustión usa uno de los varios polímeros de intercambio iónico como su electrolito.

Estos polímeros son aislantes electrónicos, pero excelentes conductores de iones hidrógeno.

Las primeras membranas ensayadas en PEFCs incluyen polímeros de tipo hidrocarbonatos tales como los de ligadura cruzada, ácidos sulfónicos de poliestireno divinilbenceno y fenol formaldehído sulfonado.

Los polímeros hidrocarbonados son inestables porque la ligadura carbono-hidrógeno especialmente en los sitios α -H donde los grupos funcionales están unidos. Cuando aquellos poliestirenos fueron reemplazados con poliestirenos fluorados (ácido sulfónico de politrifluoro estireno), la vida de los PEFCs se extendió por un factor de cuatro o cinco veces.

La investigación comenzó en los 60 con el desarrollo del NAFION®.

Este material que todavía se utiliza actualmente, consiste en un polímero cuyo esqueleto es un polímero de fluoro carbono, similar al TEFLON®, al que los grupos de ácidos sulfónicos han sido ligados químicamente.

El electrolito es usado en forma de una membrana muy fina, típicamente 50 a 175 micrones de espesor, y puede ser fácil y seguramente manipulada.

El material es un ácido diluido con la misma conductividad de 1 M de ácido sulfúrico.

La última versión de DUPONT® es NAFION-105®, que tiene propiedades iónicas similares a los materiales de DOW CHEMICAL COMPANY ® (para $n=0$ y $m=2$)

