

ANÁLISIS DE LA CINÉTICA EN LA DEGRADACIÓN ACELERADA DE CELDAS DE COMBUSTIBLE DE ELECTROLITO POLIMÉRICO

PROBLEMA

Las celdas de combustible de electrolito polimérico son dispositivos electroquímicos que emplean hidrógeno y oxígeno para obtener electricidad. El tiempo de vida de las celdas es un factor clave, por lo cual, se requiere la evaluación de la estructura interna para desvelar su comportamiento y lograr que esta tecnología tenga un mayor potencial, aprovechamiento y comercialización.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el método de degradación acelerada "Métricas en la Estabilidad Química de la Membrana" para identificar variables de: incremento de potencia específica del sistema, reducción de costos y mejoramiento en la durabilidad, permitiendo así aumentar la respuesta en desempeño y eficiencia.

PROPUESTA

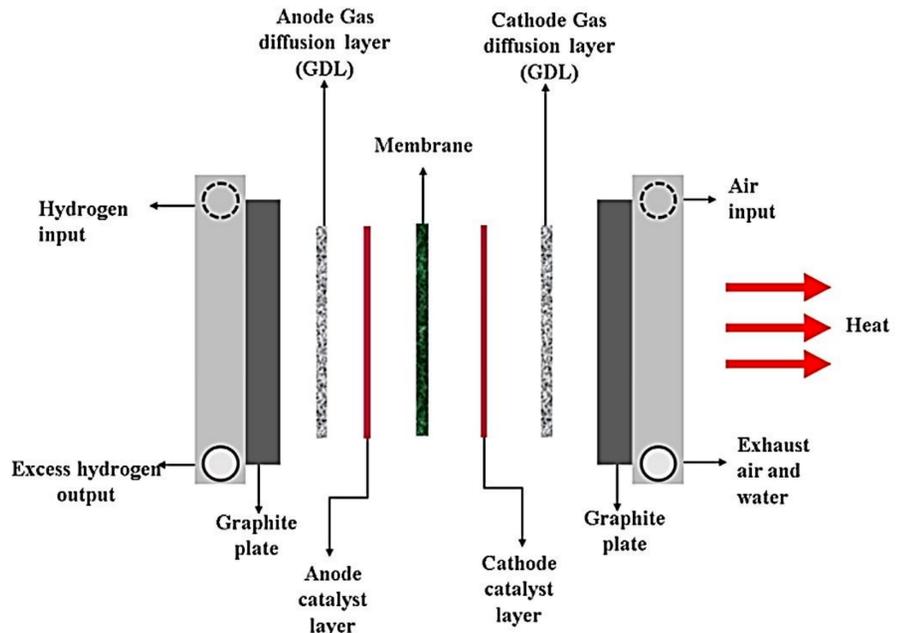
- Las celdas de combustible requieren que un aceptable número de horas de operación puedan ir en un rango de entre 25 000 a 40 000 horas, tomando en cuenta sistemas de alta duración.
- Los sectores que tienen un gran interés en evaluar eficiencia son los sectores automotriz con su segmento de vehículos livianos, los cuales ya se cuentan en circulación con esta tecnología según el U.S. DOE.
- Los objetivos de mejora de celdas de combustible manejan variables tales como durabilidad, desempeño, adaptabilidad, eficiencia y capacidad de respuesta.
- El uso de métodos de degradación acelerada surge a partir de la necesidad de reducir costos y evitar los métodos tradicionales de degradación de celdas.
- El método de degradación se encuentra enfocado en 3 partes: degradación de la membrana, degradación de la capa catalizadora y degradación de la capa difusora de gases.

RESULTADOS

Los efectos de degradación en la membrana son principalmente bajo el efecto de condiciones mecánicas como la presión. Se han encontrado microfracturas en zonas críticas del área efectiva y la presión desigual en la membrana genera focalización de puntos con elevadas temperaturas que generan perforaciones. El cambio de condiciones de temperatura y humedad produce en la membrana secado extremo o inundación. El efecto de degradación en la capa catalizadora se visualiza con la disolución del catalizador de platino y la aglomeración del mismo en diversos lugares aumentando la resistencia y deficiencia de la capa. Se puede visualizar también corrosión del carbono por su función de componente estructural. La capa difusora de gases evidencia su degradación con la saturación excesiva de agua en su estructura provocando inundaciones. Se ha encontrado también que puede ser propensa a fracturas y perforaciones.

CONCLUSIONES

- La degradación ordinaria de celdas de combustible podría tomar hasta 40 000 horas de trabajo, por lo tanto, es necesario tomar en consideración los protocolos de degradación acelerada.
- Los efectos mecánicos, térmicos y electroquímicos influyen de forma diferente el comportamiento de cada una de las capas que conforman las celdas de combustible.



Partes de una celda de combustible de electrolito polimérico

Condiciones generales del método de degradación acelerada

Test Condition	Steady state OCV, single cell 25 – 30 cm ²
Total time	500 h
Temperature	90 °C
Relative Humidity	Anode/Cathode - 30%/30%
Fuel/Oxidant	Hydrogen/Air at stoics of 10/10 at 0.2 A/cm ²
Pressure, inlet kPa abs (bar)	Anode 250 (2.5), Cathode 200 (2.0)

Métricas del método de degradación acelerada

Metric	Frequency	Target
F ⁻ release or equivalent for non-fluorine membranes	At least every 24 h	No target - for monitoring
Hydrogen crossover (mA/cm ²)	Every 24 h	≤20 mA/cm ²
OCV	Continuous	≤20% loss in OCV
High frequency resistance	Every 24 h at 0.2 A/cm ²	No target - for monitoring
Short resistance	Every 24 h	> 1000 Ω cm ²

Alcances en las condiciones actuales de la celda de combustible



Characteristics	Units	Status	Aim for 2025
Durability	Hrs	4 100	8 000
Performance at 0.8V	mW/cm ²	306	300
Deficiency at 0,8 A/cm ²	mW	20	<30
Max. Working temperature	°C	120	120
Specific proton resistance area at 95°C and water partial pressure of 25 kPa	Ω cm ²	0.027	0.02
Max H ₂ and O ₂ crossover	mA/cm ²	1.9 and 0.6	2 and 2
Min. Electrical resistance	Ω cm ²	1 635	1 000
Mechanical durability	Cycles w/<10 sccm crossover	24 000	20 000
Chemical stability	Hours with <5 mA/cm ²	614	500

- Los objetivos para comercializar las celdas que aún faltan por trabajar van de la mano en 3 campos: la durabilidad, la potencia específica y el costo.
- Las métricas tales como iones F⁻, cruce de hidrógeno, cruce de oxígeno, resistencia a la conductividad y la resistencia de circuito abierto permiten evaluar el estado de la celda bajo un concepto electroquímico, permitiendo así identificar los elementos necesarios a optimizar para un mejor desempeño.