

Tecnologías, materiales y procesos para producción a pequeña escala de portadores de H₂ renovable Metano y Amoníaco para un aprovechamiento distribuido en Castilla y León

INTRODUCCIÓN

Los procesos actuales de síntesis de metano y amoníaco enfrentan retos energéticos significativos, ya que requieren condiciones de alta presión y temperatura para alcanzar niveles elevados de conversión. Esta alta demanda energética se debe principalmente a la limitada eficiencia de los catalizadores empleados en estos procesos.

El desarrollo de catalizadores avanzados que mejoren la operatividad, producción, coste de inversión e intensidad energética es fundamental para acelerar el posicionamiento de estos portadores en la transición energética.

Estos catalizadores facilitarán el diseño de reactores pequeños y modulares, óptimos para su instalación en pequeñas plantas de producción de hidrógeno descentralizadas ubicadas en las zonas de mayor aprovechamiento de los recursos renovables.

DISEÑO DE REACTORES

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Diseñar un reactor a pequeña escala de un paso de conversión para producir metano a partir de dióxido de carbono (CO₂) y hidrógeno (H₂) renovable a través de un catalizador de rutenio (Ru) soportado en alúmina. La meta es inyectar el gas resultante en la red de gas sin necesidad de acondicionamiento complejo, minimizando los costos de infraestructura y operación (CAPEX y OPEX).

DESARROLLO

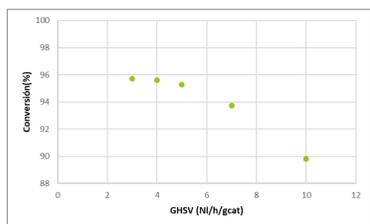
CATALIZADORES Y ELECCIÓN DEL REACTOR

- **Catalizador:** Rutenio al 0,5 % soportado en alúmina, seleccionado por su alta actividad frente a los catalizadores de níquel convencionales.
- **Modelo de Reactor:** Reactor de flujo pistón unidimensional (Plug Flow Reactor) simulado en MATLAB.

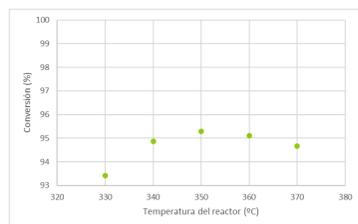
REQUISITOS DE CALIDAD DEL GAS PARA INYECCIÓN EN LA RED

Para cumplir con las normativas de la red de gas:

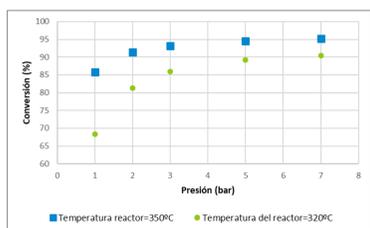
- CO₂ < 2,5 % vol.
- H₂ < 5 % vol.
- Ajuste de otros parámetros como el punto de rocío y concentración de azufre.



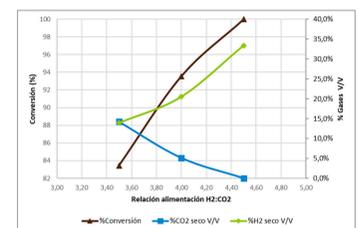
Conversión en función de la velocidad espacial.
La conversión se vuelve asintótica en un 95,5 % al reducir la velocidad espacial por debajo de 4 NI/h/gcat a 350 °C y 7 bar.



Conversión en función de la temperatura.
Se obtiene un máximo de conversión a 350 °C, a mayores temperaturas la conversión baja debido a la reducción de la tasa de reacción por naturaleza exotérmica.

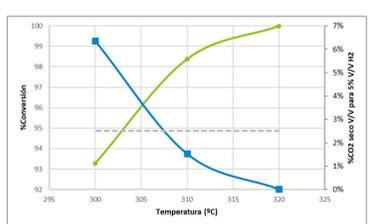


Conversión en función de la presión.
La sensibilidad de la conversión respecto a la presión disminuye a altas temperaturas, por dominancia térmica (350 °C), donde la conversión también se estabiliza en torno al 95,5 %. A 320°C se puede observar una mayor sensibilidad de la conversión total respecto a la presión.

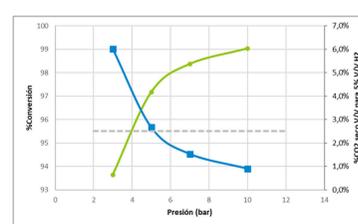


Conversión y concentración de CO₂ y H₂ en función de la relación de alimentación H₂

- Aumentar el H₂ en la alimentación incrementa la conversión y reduce la concentración CO₂ y aumenta la concentración de H₂ en los gases de salida.
- Con una relación de 4,5:1 (H₂), se puede obtener una conversión cercana al 99 %.



Efecto de la temperatura y presión sobre el CO₂ en el gas de salida después de la separación de H₂.
A 310 °C y presión de 7 bar, se logra reducir el CO₂ a menos del 2,5 %, adecuado para inyección en gasoducto tras la recuperación del H₂.



CONCLUSIONES PRINCIPALES

- Con una relación H₂ de 4,5:1, presión >5 bar y temperatura de 310 °C, se alcanzan conversiones superiores al 98 %, con una composición final de salida adecuada para inyección a la red (93,98 % CH₄, 1,54 % CO₂ y 4,48 % H₂).
- Este punto de operación permite reducir los requisitos de infraestructura para separación de CO₂, optimizando el balance de planta y disminuyendo costos de operación y capital.

DESARROLLO DE SOPORTE DE CATALIZADORES

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Desarrollo de una metodología para el recubrimiento catalítico de piezas de FeCrAlloy, evaluando condiciones óptimas para la deposición de gamma-alúmina (γ-Al₂O₃) como soporte estructural de catalizadores en procesos industriales de alta temperatura.

DESARROLLO

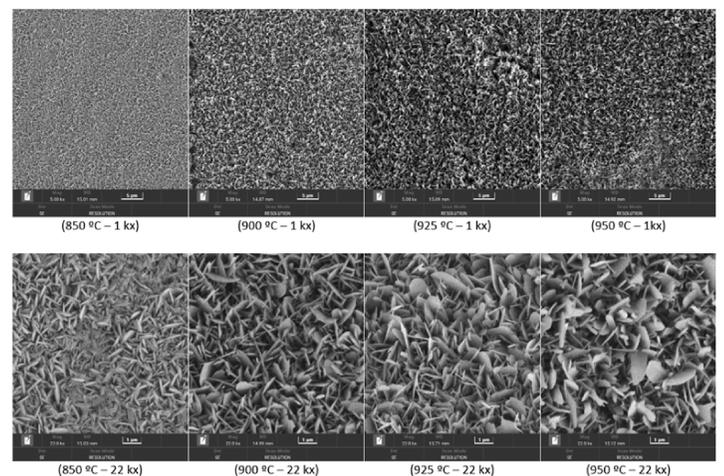
METODOLOGÍA



EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

Cualitativos:

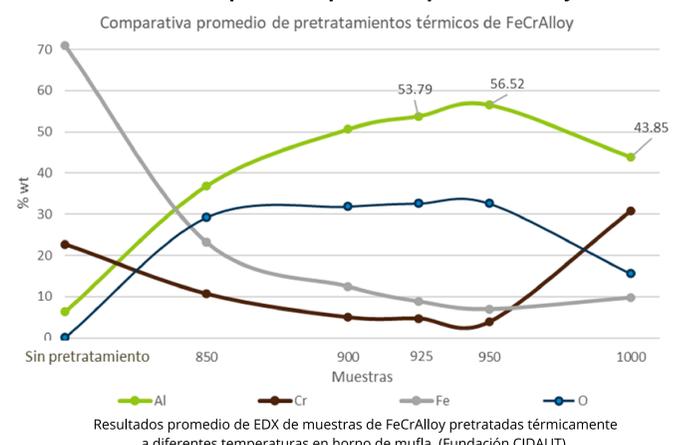
Análisis por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) del FeCrAlloy



Al someter a un proceso de calcinación, la rugosidad de la superficie mejora en el rango de temperaturas entre 900°C y 950°C. La superficie adquiere una textura homogénea y una morfología granular óptima para la adhesión del recubrimiento de γ-Al₂O₃. A temperaturas inferiores (850°C), la formación de α-Al₂O₃ es incompleta, y la rugosidad es insuficiente. A temperaturas superiores a 950°C, los hilos empiezan a fusionarse, reduciendo la rugosidad de la superficie y disminuyendo la efectividad del recubrimiento.

Cuantitativos:

Análisis mediante Espectroscopía de Dispersión de Rayos X (EDX)



El análisis EDX cuantificó la composición de la capa de Al₂O₃ en FeCrAlloy. A temperaturas de calcinación entre 900°C y 950°C se genera una capa rica en Al y O. A temperaturas superiores a 950°C, el % de Al disminuye, lo que indica pérdida de alúmina.

CONCLUSIONES PRINCIPALES

El FeCrAlloy tratado a 935°C ofrece una base óptima para recubrimientos de γ-Al₂O₃, presentando excelente adherencia y estabilidad térmica para aplicaciones catalíticas industriales.