

V CONGRESO DE ESTUDIANTES DE LA UPV/EHU

MI TRABAJO FIN DE GRADO SIRVE PARA TRANSFORMAR EL MUNDO

2022

Título del Trabajo Fin de Grado (TFG)

Reformado seco de metano intensificado sobre espumas cerámicas de Ni: Efecto de la carga de níquel.

Autor/a

Ainhoa Díez Ortuzar

Grado

Ingeniería Química

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a los que contribuye

3. Salud y bienestar,
7. Energía asequible y no contaminante,
11. Ciudades y comunidades sostenibles,
13. Acción por el clima

Resumen

El cambio climático es uno de los problemas más importantes del mundo actual, debido a las intensas emisiones de gases de efecto invernadero que se han producido desde la revolución industrial. Asimismo, las cada vez más limitadas reservas de combustibles fósiles han llevado a gobiernos e instituciones de todo el mundo a limitar el uso de las energías basadas en el carbón, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero e impulsar el desarrollo de tecnologías que permitan mantener el nivel de crecimiento sin dañar el medio ambiente. Las soluciones más generalmente aceptadas para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera involucran la reducción del consumo energético y de materias primas, así como un cambio en la forma de gestionar los recursos y los residuos. Entre los diferentes residuos que se generan, el dióxido de carbono es uno de los que mayor potencial de reutilización presenta y uno de los que se genera en mayor cantidad. Por ello, la implementación de los procesos de captura, almacenamiento y utilización del dióxido de carbono es un elemento clave para el desarrollo sostenible. Gracias a estos procesos, se pueden reducir las emisiones de CO₂ de numerosas instalaciones como centrales térmicas, industrias siderúrgicas y del cemento y depuradoras de aguas residuales, a la vez que se producen compuestos de alto valor añadido. Entre las diferentes tecnologías de utilización del CO₂ capturado, el reformado seco de metano es uno

de los procesos más interesantes, ya que utiliza dos gases de efecto invernadero (CH_4 y CO_2) para producir un gas de síntesis de alto interés industrial. Sin embargo, para llevar a cabo esta reacción en condiciones de operación asumibles, es necesaria la utilización de un catalizador adecuado que sea capaz de llevar a cabo la reacción a niveles térmicos moderados ($700\text{-}800\text{ }^\circ\text{C}$). Para este propósito, los catalizadores basados en níquel soportado sobre materiales porosos como alúmina son los más adecuados. La investigación realizada sobre estos catalizadores ha demostrado que la utilización de un precursor de espinela de aluminato de níquel (NiAl_2O_4) es una ruta prometedora para la preparación de estos catalizadores. Asimismo, para llevar a cabo la intensificación de este proceso, las espumas cerámicas de celda abierta suponen una alternativa interesante a los soportes estructurados tradicionales basados en monolitos. A la hora de depositar el precursor de níquel sobre este tipo de soportes, la ruta de síntesis por combustión en solución produce catalizadores con mejores prestaciones que aquellos sintetizados por otros métodos más comúnmente utilizados. Así, el objetivo de este trabajo de fin de grado es la optimización del número de ciclos de SCS necesarios para obtener un precursor de NiAl_2O_4 estructurado sobre espumas de celda abierta de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, que produzca un catalizador $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ activo y estable para el reformado seco de metano. Para ello, se sintetizaron seis precursores catalíticos de NiAl_2O_4 soportados sobre espumas de celda abierta de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ mediante el método de síntesis por combustión en solución variando, entre uno y seis, el número de ciclos SCS utilizados en la síntesis. De este modo, se obtuvieron catalizadores con cargas de Ni entre 0,8 y 5% en peso. Los catalizadores sintetizados se caracterizaron para determinar sus propiedades físico-químicas más relevantes y se estudiaron en la reacción de reformado seco de metano. La caracterización de los precursores mediante difracción de rayos X detectó la presencia del precursor de NiAl_2O_4 con un tamaño de cristal que varió entre 75 y 18 nm, con una tendencia decreciente con el número de ciclos SCS. Tras el proceso de reducción en el reactor, solo se observaron las señales asociadas a la fase de níquel metálico, con un tamaño de cristal entre 21 y 14 nm, muy similar para todos los catalizadores independientemente de su carga de Ni. Por otro lado, la caracterización de los precursores de NiAl_2O_4 mediante $\text{H}_2\text{-TPR}$ reveló que aquellos preparados con uno y dos ciclos SCS presentaban un mayor porcentaje del Ni depositado en forma de NiAl_2O_4 (95 y 89%, respectivamente) con respecto a los preparados con tres ciclos SCS o más (72% aproximadamente). En cuanto a la actividad de las espumas catalíticas, se observó que las conversiones de reactivos aumentaban de forma continua con el número de ciclos SCS, esto es, con el contenido de Ni, para las tres temperaturas examinadas (750 , 800 y $850\text{ }^\circ\text{C}$). Sin embargo, el rendimiento a H_2 presentaba un valor máximo para los catalizadores preparados con tres y cuatro ciclos SCS. Como consecuencia, la relación molar H_2/CO de la corriente de salida presentaba un valor máximo para el catalizador preparado con tres ciclos SCS (carga de Ni del 2,5% en peso) pero solo para las temperaturas de 850 y $800\text{ }^\circ\text{C}$. Para la temperatura de $750\text{ }^\circ\text{C}$, los catalizadores preparados con uno y dos ciclos SCS presentaban un valor ligeramente superior. De esta forma, teniendo en cuenta las conversiones y rendimientos, se determinó que el número óptimo de ciclos SCS era de tres. Finalmente, a pesar de que la operación de todos los catalizadores fue estable durante las 12 horas de experimento de reacción, también se estudió la generación de coque de los catalizadores estudiados. En primer lugar, se determinó la generación de carbono en los catalizadores de

forma directa, median gravimetría, encontrándose que los catalizadores más activos, los preparados con tres y cuatro ciclos SCS, fueron los que generaron mayor cantidad de carbono, de acuerdo con su mayor actividad catalítica. Este resultado fue corroborado por espectroscopia Raman, al observarse una mayor intensidad de las señales D y G del carbono para esos dos catalizadores. Este TFG ha contribuido principalmente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) número 7. Energía asequible y no contaminante, 13. Acción por el clima, 11. Ciudades y comunidades sostenibles y 3. Salud y bienestar. La principal contribución de este TFG se ha dado al ODS número 7. Energía asequible y no contaminante, ya que este objetivo busca mejorar el acceso a energía asequible y sostenible, aumentando la proporción de energía renovable y la eficiencia energética. En este sentido, este TFG, al proponer una mejora del proceso de reformado seco de metano, puede servir para mejorar el acceso a servicios energéticos (Meta 7.1) ya que este proceso puede permitir el almacenamiento de excedentes de energía en forma de gas de síntesis (e hidrógeno) para su posterior uso. Asimismo, al hacer uso de mezclas gaseosas de origen renovable con bajo poder calorífico, como el biogás de vertederos o de sistemas de digestión anaerobia, el proceso propuesto en este TFG permitiría aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas (Meta 7.2) y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos en países en desarrollo (Meta 7.b). Por otro lado, la segunda contribución más importante de este TFG se ha dado al ODS número 13. Acción por el clima ya que este objetivo se centra en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Así, teniendo en cuenta que el reformado seco hace uso de dos gases de efecto invernadero como reactivos químicos para producir un gas de uso industrial y energético, el uso extensivo del proceso propuesto en este TFG serviría para reducir las emisiones de CO₂ y CH₄ a la atmósfera, ayudando así a combatir el cambio climático. De este modo, se fortalecería la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países (Meta 13.1). Asimismo, la mejora del proceso de reformado seco propuesta en este TFG supone que la aplicación intensiva de este proceso sea más asequible y técnicamente viable, lo que ayudará a incorporarlo en las políticas, estrategias y planes nacionales (Meta 13.2). En cuanto al ODS número 11. Ciudades y comunidades sostenibles, este TFG contribuye al desarrollo de la tecnología de producción del hidrógeno, el cual en las próximas décadas se espera que se convierta en el principal vector energético, especialmente para el transporte. De este modo, el trabajo de este TFG ayudará a proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos (Meta 11.2). Por último, con respecto al ODS número 3. Salud y bienestar, este TFG ayudará a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como las de otros gases presentes en las corrientes gaseosas que se pueden emplear en el proceso de reformado seco (SO_x, H₂S, NH₃, Compuestos Orgánicos Volátiles, etc.), lo que contribuirá a reducir el número de muertes producidas por la contaminación del aire (Meta 3.9).

Contribución a los ODS de la Agenda 2030

Este TFG ha contribuido principalmente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) número 7. Energía asequible y no contaminante, 13. Acción por el clima, 11. Ciudades y comunidades sostenibles y 3. Salud y bienestar. La principal contribución de este TFG se ha dado al ODS número 7. Energía asequible y no contaminante, ya que este objetivo busca mejorar el acceso a energía asequible y sostenible, aumentando la proporción de energía renovable y la eficiencia energética. En este sentido, este TFG, al proponer una mejora del proceso de reformado seco de metano, puede servir para mejorar el acceso a servicios energéticos (Meta 7.1) ya que este proceso puede permitir el almacenamiento de excedentes de energía en forma de gas de síntesis (e hidrógeno) para su posterior uso. Asimismo, al hacer uso de mezclas gaseosas de origen renovable con bajo poder calorífico, como el biogás de vertederos o de sistemas de digestión anaerobia, el proceso propuesto en este TFG permitiría aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas (Meta 7.2) y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos en países en desarrollo (Meta 7.b). Por otro lado, la segunda contribución más importante de este TFG se ha dado al ODS número 13. Acción por el clima ya que este objetivo se centra en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Así, teniendo en cuenta que el reformado seco hace uso de dos gases de efecto invernadero como reactivos químicos para producir un gas de uso industrial y energético, el uso extensivo del proceso propuesto en este TFG serviría para reducir las emisiones de CO₂ y CH₄ a la atmósfera, ayudando así a combatir el cambio climático. De este modo, se fortalecería la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países (Meta 13.1). Asimismo, la mejora del proceso de reformado seco propuesta en este TFG supone que la aplicación intensiva de este proceso sea más asequible y técnicamente viable, lo que ayudará a incorporarlo en las políticas, estrategias y planes nacionales (Meta 13.2). En cuanto al ODS número 11. Ciudades y comunidades sostenibles, este TFG contribuye al desarrollo de la tecnología de producción del hidrógeno, el cual en las próximas décadas se espera que se convierta en el principal vector energético, especialmente para el transporte. De este modo, el trabajo de este TFG ayudará a proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos (Meta 11.2). Por último, con respecto al ODS número 3. Salud y bienestar, este TFG ayudará a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como las de otros gases presentes en las corrientes gaseosas que se pueden emplear en el proceso de reformado seco (SO_x, H₂S, NH₃, Compuestos Orgánicos Volátiles, etc.), lo que contribuirá a reducir el número de muertes producidas por la contaminación del aire (Meta 3.9).