

Producción de Syngas a partir de residuos de bosque de pino mediante el proceso CLG en una unidad de 50 kW_t

O. Condori*, A. Abad, J. Adánez, M.T. Izquierdo, L.F. de Diego, F. García-Labiano

Instituto de Carboquímica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ICB-CSIC)

oecondori@icb.csic.es

Palabras clave: chemical-looping gasification, gas de síntesis, biomasa.

Introducción

El proceso *Biomass Chemical-Looping Gasification* (BCLG) es una tecnología prometedora e innovadora que permite la producción de un gas de síntesis con bajo contenido de alquitranes y libre de nitrógeno a partir de biomasa. A escala industrial, este proceso opera en condiciones auto-térmicas y no precisa una Unidad de Separación de Aire (ASU) que habitualmente es necesaria en procesos de gasificación convencionales. Además, este proceso implica una separación intrínseca del CO₂ y el nitrógeno del aire, evitando emisiones de CO₂ a la atmósfera. Por otro lado, siguiendo el concepto de bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS), la combinación del proceso BCLG con el almacenamiento de CO₂ tiene el potencial de lograr emisiones netas negativas de CO₂ a la atmósfera debido a que las plantas lo absorben a medida que crecen [1]. El proceso BCLG utiliza dos reactores de lecho fluidizado circulante interconectados: un reactor de oxidación (RO) y un reactor de gasificación (RG). La clave del proceso radica en la composición del material de lecho, denominado transportador de oxígeno (TO), que principalmente se basa en óxidos metálicos y se encarga de transportar el oxígeno y el calor necesario para la gasificación de la biomasa desde el RO al RG [2]. El objetivo del estudio es evaluar diversos aspectos que afectan el rendimiento del proceso BCLG en una unidad de 50 kW_t en continuo. Entre dichos factores están la temperatura (T), el ratio oxígeno/biomasa (λ) y el tiempo medio de residencia de sólidos en el RG ($t_{mr, RG}$). Por otro lado, se analizó el impacto del tamaño de partícula de la biomasa y el uso de un separador de carbono (SC) como gasificador secundario.

Experimental

La experimentación se realizó en una unidad BCLG que se operó a escala de 20 kW_t (Figura 1) y equipada con un sistema de análisis de gases en continuo y muestreo de alquitranes para posterior análisis mediante GC-MS. Se empleó residuo de bosque de pino (PFR) como biomasa en forma de pellets y también como partículas molidas de 1-2 mm. Como TO se utilizó ilmenita, un mineral de Fe y Ti con alta resistencia mecánica y bajo coste.

Resultados y discusión

Los resultados abarcan 15 horas de operación BCLG en continuo donde se evaluó el efecto de diversas variables de operación (T, λ y $t_{mr, RG}$) sobre el desempeño del proceso. Se estudió la influencia del tamaño de partícula de biomasa alimentada sobre la capacidad de separación del SC y el comportamiento de este dispositivo como gasificador secundario para incrementar la conversión del char en la unidad. Entre los parámetros utilizados para describir el comportamiento del proceso se definieron la conversión de char (X_{char}) y el rendimiento a gas de síntesis (Y_{sg}) o a hidrocarburos ligeros (Y_{HC}); ver Figura 2.

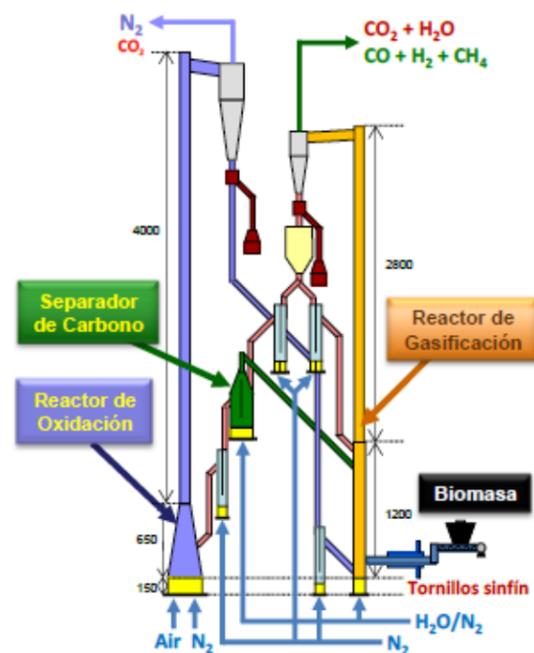
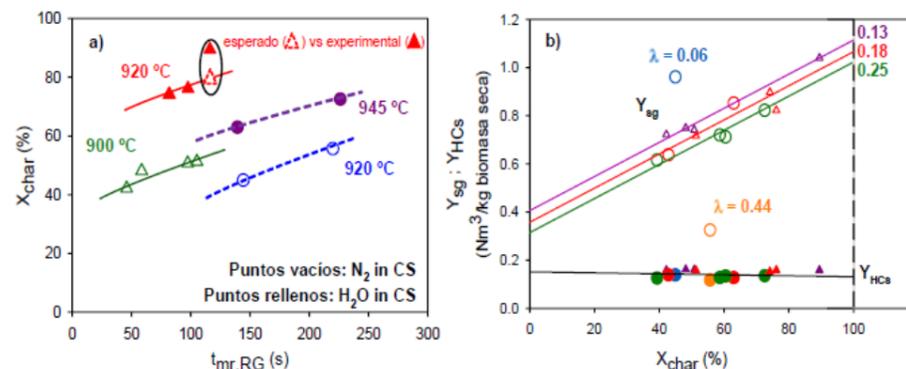


Figura 1. Esquema de la unidad CLG de 50 kW_t en ICB-CSIC.

Figura 2. a) Efecto de la temperatura de gasificación y el $t_{mr, RG}$ sobre la X_{char} . b) Efecto de la X_{char} y el ratio λ sobre el rendimiento a gas de síntesis (Y_{sg}) e hidrocarburos ligeros (Y_{HC}). Círculos = pellets de PFR; Triángulos = PFR molido.



La X_{char} se vio mejorada a altas temperaturas y con $t_{mr, RG}$ más prolongados, conduciendo a una mayor producción de H₂ y CO en la unidad, es decir, mayor Y_{sg} . El SC mostró ser ineficaz para separar las partículas de char sin convertir de las partículas de ilmenita en todos los casos, limitando la X_{char} del proceso. Sin embargo, la X_{char} se mejoró usando biomasa con un menor tamaño de partícula o usando el SC como gasificador secundario, lo que contribuyó notoriamente a aumentar la conversión del combustible. Por otro lado, el Y_{sg} estuvo influenciado por el ratio λ , cuyo aumento provocaba la combustión de una fracción mayor del gas de síntesis, generando mayor contenido de CO₂ en el gas producto. Además de CO y H₂, el gas producto contenía una cierta cantidad de CH₄ e hidrocarburos ligeros (C₂-C₃), que se vieron poco afectados por la variación de las condiciones de operación. El contenido de alquitranes en el gas producto fue alrededor de 4.5 g/kg de biomasa seca, mejorando los resultados obtenidos en procesos de gasificación convencional gracias al uso de la ilmenita como TO.

Conclusiones

Se llevó a cabo la operación en continuo de una unidad BCLG a escala de 20 kW_t obteniendo un gas de síntesis de alta calidad, libre de nitrógeno y con bajo contenido de alquitranes. La unidad mostró un correcto funcionamiento, obteniendo resultados útiles para el escalado del proceso BCLG. La ilmenita mostró un buen desempeño como TO tras las 15 horas de gasificación en continuo.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto CLARA (Chemical Looping gAsification foR sustainABle production of biofuels), financiado por el Programa Marco de Investigación e Innovación Horizon 2020 de la UE (acuerdo de subvención No 817841).

Referencias

[1] T. Mattison et al., Negative emissions of carbon dioxide through chemical-looping combustion (CLC) and gasification (CLG) using oxygen carriers based on manganese and iron, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 25, no. 4, pp. 497-517, 2020.

[2] O. Condori et al., Assessment of the chemical looping gasification of wheat straw pellets at the 20 kW_t scale, *Fuel*, vol. 344, p. 128059, 2023.