

Producción de negro de carbono recuperado para su uso en los cauchos de la industria de construcción

A. Sanchis, A. Veses, J.D. Martínez, T. García, R. Murillo

Instituto de Carboquímica - CSIC. C. Miguel Luesma Castán, 4. 50018 Zaragoza

asanchis@icb.csic.es

Palabras clave: Negro de carbono, economía circular, pirólisis, EPDM.

Introducción

El negro de carbono (CB, por sus siglas en inglés Carbon Black) es uno de los materiales sólidos más utilizados en la industria. La producción de negro de carbono está enfocada principalmente a su uso como material de refuerzo en productos de caucho, como neumáticos, mangueras o correas de transmisión, así como en su aplicación como el pigmento negro más común[1]. La producción tradicional de CB es un proceso energéticamente intenso que produce una huella de carbono aproximada de 2,4 kg_{CO2}/kg_{CB}. Por tanto, el desarrollo de una tecnología industrialmente viable para el reciclado del CB es un reto importante para la industria. Para el caso concreto de los materiales de construcción, como puede ser el EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer), el uso de negro de carbono mejora las propiedades mecánicas del producto, además de reducir el coste del producto final. Los cauchos de EPDM son materiales ampliamente utilizados en la industria, con una producción anual de más de 1,5 millones de toneladas. Su uso se debe fundamentalmente a su excelente resistencia a los elementos ambientales como la radiación UV, el agua y el calor. Sin embargo, la resistencia física de estos materiales dificulta el adecuado tratamiento de los residuos generados al final de su vida útil. Generalmente, la eliminación de estos residuos se realiza mediante valorización energética, incineración o incluso deposición en vertederos, a pesar del alto impacto medioambiental negativo que supone.

Uno de los procesos de reciclado químico más interesantes desde el punto de vista ambiental del caucho para la recuperación del CB de los cauchos es la pirólisis. Este proceso termoquímico en ausencia de oxígeno permite separar la fracción volátil del material de la fracción no volátil, denominada RRCB [2] (*Raw Recovered Carbon Black*, por sus siglas en inglés), que contiene el negro de carbono y las partes inorgánicas utilizadas en la síntesis del producto. Sin embargo, el uso del sólido producido en el proceso de pirólisis del caucho no es directamente aplicable como sustituto del CB. El uso de rCB como sustituto del CB comercial es un reto bastante presente en la industria [3]. Existen tres parámetros principales que reducen la eficacia del RRCB como producto de refuerzo en materiales de goma: la presencia de partículas agregadas o aglomeradas [4], el contenido de cenizas en la superficie del material y la presencia de depósitos carbonáceos. Por tanto, se están estudiando formas de mejorar estas propiedades mediante procesos físicos y químicos [5].

Experimental

En este trabajo, se llevó a cabo el proceso de pirólisis del caucho de EPDM en una planta piloto de tipo Auger a escala piloto TRL-5. El material utilizado en esta etapa experimental fue suministrado por Elanova Lab (FR) triturado a un tamaño de entre 2 y 5 mm. Los experimentos se realizaron con una temperatura promedio a lo largo del reactor de 575 °C, 625 °C, 675 °C y 725 °C. De acuerdo a los resultados del análisis elemental e inmediato, la muestra contiene principalmente C (88 % en peso), H (8,2 % en peso) y S (1,0 % en peso). De estos elementos, el 57 % corresponde a materia volátil y el 41 % al carbono fijo.

La planta piloto consiste en tres secciones como se muestra en la Figura 1: alimentación, reacción y separación/condensación. La alimentación y el desplazamiento del sólido por el interior del reactor se realizan mediante tornillos sin fin, cuya velocidad controla el caudal másico y el tiempo de residencia del sólido en el reactor. El calentamiento del reactor y de las líneas de transferencia que unen la zona de reacción y separación se realiza mediante resistencias eléctricas. La separación de la fracción orgánica condensable (PyO) se realiza en un condensador de carcasa y serpentín refrigerado con agua, seguido de tres etapas de expansión del gas para mejorar la eficiencia de separación. Por último, se toma muestra del gas no condensable procedente de la pirólisis (PyG) para su análisis antes de ser conducido a la antorcha.

El RRCB fue caracterizado mediante análisis inmediato para determinar su contenido en cenizas (A) y materia volátil (VM); fisisorción de N₂ para determinar el área BET y, por último, la transmitancia del extracto de tolueno (TTE) fue determinada de acuerdo a la norma ASTM D1618. Estos resultados fueron comparados con un CB comercial de grado N550, habitual en la formulación de este tipo de caucho.

Resultados y discusión

El caucho suministrado se procesó a diferentes temperaturas con un caudal másico de 6 kg/h. En todos los experimentos, la producción de RRCB fue del 42 % – 44 % en peso, produciendo mayor caudal de gas al aumentar la temperatura. Por su parte, el PyO aumentó el porcentaje de aromáticos de uno y más anillos

al aumentar la temperatura del experimento. El incremento de temperatura permitió además mejorar los principales parámetros físicos del RRCB, llegando a producir un sólido con valores muy similares al N550 utilizado en la industria (ver Tabla 1). Así, este proceso ha demostrado ser eficaz para producir un rCB potencial sustituto de alguno de los CB más relevantes para la industria como el N550, reduciendo de forma muy considerable la huella de carbono.

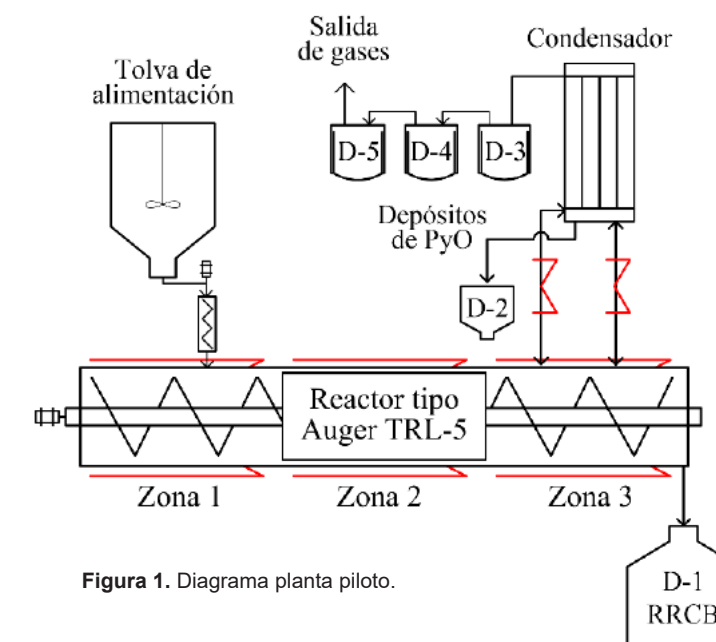


Figura 1. Diagrama planta piloto.

Tabla 1. Resultados experimentales y caracterización del RRCB

	FC (% en peso)	VM (% en peso)	A (% en peso)	BET (m ² /g)	TTE (%)	PyO (% en peso)	BTEX (% en peso)	PAHs (% de área)
EPDM 575 °C	92	2.2	4.7	31	12	41	22	16
EPDM 625 °C	93	1.8	4.2	35	55	23	21	15
EPDM 675 °C	94	1.0	4.2	37	74	11	31	37
EPDM 725 °C	95	0.9	4.1	35	92	10	31	38
N550	95	0.8	3.9	40	97	---	---	---

Agradecimientos

Los autores agradecen al Gobierno de Aragón (DGA) por el apoyo prestado en el marco del programa de apoyo a grupos de investigación y a Elanova Lab (FR) por el suministro de muestras y colaboración con los análisis.

Referencias

- [1] P.S. Ravishankar, Rubber Chemistry and Technology 85 (2012) 327–349.
- [2] D36 Committee, Standard Terminology Relating to Recovered Carbon Black (RCB), ASTM International, 2021.
- [3] W. Urrego-Yepes, N. Cardona-Urbe, C.A. Vargas-Isaza, J.D. Martínez, Journal of Environmental Management 287 (2021) 112292.
- [4] J.D. Martínez, C.G. Jung, P. Bouysset, in: Tire Waste and Recycling, Elsevier, 2021, pp. 165–224.
- [5] N. Cardona-Urbe, M. Betancur, J.D. Martínez, Sustainable Materials and Technologies 28 (2021) e00287.