

Desarrollo y Modelación del Comportamiento Térmico de una Fibra Precursora de Fibra de Carbón

J. C. Tapia-Picazo, J.C., García-Chávez, A., Bonilla-Petriciolet, A.
Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Aguascalientes.
tapiajc@hotmail.com

1. Resumen

Se desarrolló una fibra precursora a base de un copolímero acrílico para la preparación de fibra de carbón. La producción de fibra de carbón se realiza a partir de un proceso de oxidación de fibra precursora y un proceso posterior de carbonización. Mediante un análisis de descomposición térmica de barrido (DSC) se puede simular el proceso de oxidación de una fibra precursora. En este trabajo se evaluó el comportamiento térmico de una fibra precursora comercial y de una fibra textil existente en el mercado. Los resultados de este análisis muestran una diferencia de 23 °C en la posición de la temperatura máxima del pico y de 86 °C en la temperatura inicial de la exoterma, lo cual indica que la fibra precursora inicia la oxidación a mucho menor temperatura y representa un proceso económicamente más rentable con un mayor nivel de control. En base a las diferencias observadas, se realizó un diseño de experimentos considerando diferentes variables de los procesos de polimerización e hilatura en la obtención de una fibra acrílica, con el objetivo de identificar las variables de impacto sobre los principales parámetros del comportamiento térmico de la fibra. Se encontraron los valores óptimos de las variables de impacto, y al aplicarlos en el proceso, se obtuvieron propiedades mejoradas de la fibra precursora. Comparando el comportamiento térmico de la fibra desarrollada con el de la fibra precursora comercial, se logró una disminución de 10 °C en la posición de la temperatura máxima del pico y prácticamente el mismo valor en la temperatura inicial de la exoterma. A través de pruebas realizadas en un equipo piloto de oxidación, se estableció que la densidad de la fibra en estudio, fué mayor que la densidad de la fibra precursora estándar, trayendo consigo la posibilidad de obtener una mayor pureza en el proceso de fabricación de fibra de carbón. Con los resultados del análisis se elaboraron modelos matemáticos para determinar los principales parámetros del comportamiento térmico de una fibra precursora base acrilonitrilo y acetato de vinilo.

2. Introducción

Las fibras de carbón son materiales que han sido tratados térmicamente a temperaturas entre 1000 y 3000 °C y que tienen en su estructura química, entre el 95 y 99.9 % de carbono (Rajalingam y Radhakrishnan, 1991). El poliacrilonitrilo (PAN) es un excelente precursor de la fibra de carbón, pero es necesario modificar la estructura química y propiedades de la fibra común de PAN mediante un tratamiento especial. Este tratamiento es debido a que el PAN en su estado normal, no posee características de fibra precursora, ya que al ser sometida a tratamientos térmicos no es estable y tiende a descomponerse o bien formar arreglos moleculares que dan una fibra de carbón de baja resistencia. Para que una fibra acrílica precursora produzca fibras de carbón de buena calidad se debe incorporar un termonómero al proceso de polimerización (Tsai y Lin, 1991). El

termonómero utilizado tiene como propósito dar estabilidad a la molécula para que al someter la fibra a altas temperaturas le permita un cambio de morfología controlado, eliminando todos los átomos diferentes al carbono e ir formando arreglos cíclicos. Las fibras de carbón se obtienen por oxidación controlada y carbonización de la fibra precursora mediante un proceso de pirolisis en varias fases y se caracterizan por su estructura rígida, su elevada resistencia y sus excelentes propiedades térmicas (Watt, 1985). Los principales factores que influyen tanto en las propiedades de la fibra precursora como en las propiedades de la fibra de carbón, son: a) el efecto del termonómero en el comportamiento térmico, b) el efecto de las condiciones de hilatura, c) el efecto de la temperatura sobre el PAN y d) el efecto de los aditivos para reducir la adhesión entre las fibras (Rajalingam y Radhakrishnan, 1991).

En este trabajo se desarrolló una fibra precursora a base de un polímero acrílico para la preparación de fibra de carbón. Se realizó un diseño de experimentos considerando diferentes variables de los procesos de polimerización e hilatura de la fibra precursora, para identificar las variables de impacto en los principales parámetros del comportamiento térmico de la fibra. Se encontraron los valores óptimos de las variables involucradas en el proceso de preparación de la fibra precursora. A diferencia de trabajos desarrollados anteriormente (Tapia y col. 2007), se presentan los resultados del análisis de una mayor cantidad de variables de proceso y mediante un procedimiento de ajuste de datos por regresión multivariable, se llega a un modelo matemático que representa el proceso de oxidación de la fibra precursora desarrollada.

3. Metodología y condiciones experimentales.

- Se lleva a cabo un proceso de polimerización en suspensión del poliacrilonitrilo, adicionando un termonómero como agente estabilizador. Se realiza la evaluación del pH, relación de catalizadores, relación monómeros/catalizadores, agitación, % de comonómero, % de termonómero y relación agua/monómeros, sobre el comportamiento térmico y viscosidad específica del polímero y rendimiento de la reacción
- Para las pruebas experimentales se utiliza un proceso típico de hilatura en húmedo para la producción de fibra acrílica modificando únicamente las condiciones de operación. En esta etapa del proceso se evalúa el impacto de la temperatura y concentración de la solución de polímero que se utiliza en la extrusión, la concentración de solvente en el baño de

precipitación de los filamentos, estirajes, temperatura de secado y solvente residual en la fibra, sobre el comportamiento térmico y propiedades mecánicas de la fibra.

- Se realiza un diseño de experimentos tipo ortogonal fraccionado a nivel piloto, para la evaluación de los efectos de las variables involucradas en la polimerización e hilatura.
- Se realiza una comparación del comportamiento térmico entre la fibra precursora obtenida y el de una fibra precursora existente en el mercado, mediante un DSC.
- La fibra se somete a un proceso de oxidación para evaluar su densificación.
- Se lleva a cabo un procedimiento de correlación de datos, para obtener un modelo matemático que represente el proceso de oxidación de la fibra precursora desarrollada.
- Se definen los parámetros de escalamiento para la producción de la fibra a nivel industrial.

4. Resultados y Discusión.

Con los resultados obtenidos del diseño de experimentos, se realizaron pruebas a nivel piloto para optimizar los valores de las variables del proceso que afectan las características de calidad de la fibra obtenida. Entre las principales conclusiones podemos mencionar que se logró mejorar el comportamiento térmico de la fibra mediante el ajuste de la composición de termonómero y comonómero en el polímero, reducción de la temperatura de secado, estirajes, concentración de solvente en el baño de precipitación, solvente residual en la fibra y temperatura y concentración de la solución de polímero, en el proceso de hilatura.

Al aplicar los valores óptimos de las variables consideradas en el proceso, se obtuvieron propiedades mejoradas de la fibra, las cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de la fibra precursora obtenida.

<i>Propiedad</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Real</i>	<i>Estándar</i>	<i>Precursora</i>
Resistencia (gr/D)	3.5	4.36	3.0	3.5
Elongación (%)	18.0	19.8	45	35
Temperatura max. (°C)	275	273	306	283
Flujo de calor max. (W/g)	2.50	3.30	4.26	1.30
Energía total (J/g)	550	512	483	542
Temperatura inicial (°C)	185	199	271	185
Temperatura final (°C)	320	324	336	324

La figura 1 muestra los resultados del comportamiento térmico para las fibras estándar, precursora y la obtenida en el presente trabajo.

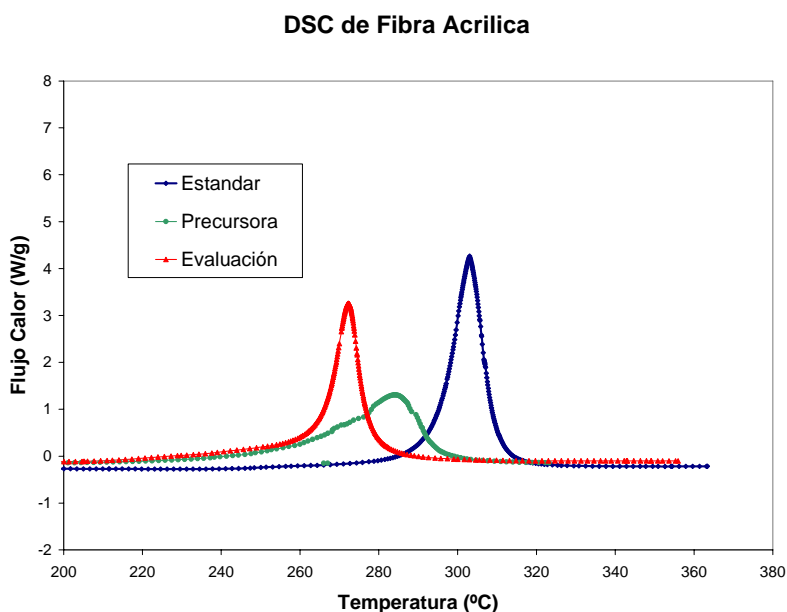


Figura 1. Comportamiento térmico de las tres fibras comparadas.

Se efectuó la oxidación de las fibras en un equipo continuo piloto y se determinó un valor de densidad de 1.37 gr/cm^3 para la fibra desarrollada y de 1.35 gr/cm^3 para la fibra precursora estándar, trayendo consigo la posibilidad de una mayor pureza en la fibra de carbón final.

Por otra parte, los modelos matemáticos obtenidos representan de manera muy aceptable los principales parámetros del comportamiento térmico de la fibra, lo cual nos servirá como base para el desarrollo de fibras precursoras con mejores características que la actualmente desarrollada.

5. Bibliografía.

- Rajalingam, P. y Radhakrishnan G., 1991, Polyacrylonitrile precursor for carbon fibers, *Rev. Macromol. Chem. Phys.*, **C31(283)**, 301-310.
- Smith, W.F., 1993, *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, 2a ed., McGraw-Hill, España, 791-817.
- Tsai, J.S. y Lin, C.H., 1991, Effect of comonomer composition on the properties of polyacrylonitrile precursor and resulting carbon fiber, *Journal of applied Polymer Science*, **43**, 679-685.

- Watt, W., 1985, Chemistry and Physics of the conversion of polyacrylonitrile fibres into high-modulus carbon fibers. Handbook of composites, vol 1. Elsevier Science Publishers B.V., United Kingdom, 336-377.
- Tapia-Picazo, J.C., García-Chavez, A., memorias del XXVIII encuentro nacional de la AMIDIQ, 2007.