

Pirólisis para el tratamiento de diferentes tipos de biomasa y polímeros

Gabriel Montero Noguera
Estudiante de la Escuela de Ingeniería
en Ciencia de los Materiales del Instituto
Tecnológico de Costa Rica.
gabrielmnoquera@gmail.com

Algunas investigaciones señalan que a partir de los compuestos orgánicos y poliméricos bajo el procedimiento de pirólisis se pueden extraer materiales con gran aporte energético para usar como materia prima en la síntesis de algunos compuestos, ya sea carbón vegetal o activado, al igual que algunos volátiles para usos industriales.

Una investigación bibliográfica permitió sustentar el presente proyecto experimental de pirólisis, de donde se deriva el diseño, la fabricación y compra de equipo por parte de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

Impacto social

Existe la posibilidad de transferir los resultados de este proyecto al sector industrial, lo que se convertiría en fuentes de empleo y, por otro lado, está el impacto positivo sobre el medio ambiente, ya que los desechos orgánicos de una empresa se pueden transformar en energía que esta misma puede utilizar en sus procesos.

Los residuos poliméricos se pueden reciclar, por ejemplo llantas y botellas, así como poliestireno, polietileno y polipropileno, entre otros.

Debido a la diversidad de usos potenciales que tienen los recursos biomásicos y los recursos destinados a la producción de biomasa, como el agua y el suelo, su administración y planificación deben darse en un contexto que considere las necesidades integrales de la población local.

Objetivos

El objetivo general de este proyecto fue implementar el método de pirólisis mediante la construcción de un reactor para el tratamiento de diferentes tipos de biomasa y polímeros, como fuentes alternativas de energía para lograr un impacto ambiental positivo. Además, diseñar el reactor para llevar a cabo experimentos sobre pirólisis; fabricarlo con materiales y técnicas de bajo costo; instalarlo para su posterior uso en las pruebas de pirólisis; y desarrollar pruebas piloto de biomasa y poliméricas para observar el desempeño del equipo.

Desarrollo teórico del proceso

Para la creación de reactores se deben tener en cuenta muchas variables propias e intrínsecas del proceso de descomposición térmica, por ejemplo pruebas cinéticas de la materia prima a reciclar, ya que su comportamiento en la pirólisis variará los productos de reacción.

Las reacciones importantes a nivel industrial tienen por lo general una naturaleza muy compleja pues los mecanismos de reacción son distintos de las ecuaciones estequiométricas, por lo que en la mayoría de los casos se determina a prueba y error, siguiendo como reacción global dos o más etapas elementales.

Para los estudios de descomposición pirólítica se utilizará un proceso tipo *batch*, por lo que el proceso se puede resumir en un listado de ecuaciones a convenir basándose en

el tipo de proceso a realizar: discontinuo, *batch*, continuo o semicontinuo, entre otros. El desarrollo de un proceso de conversión térmica depende de muchos factores, pero los más significativos son: materia prima, temperatura, presión y duración de la reacción (Rásina, 1988).

Para las mismas condiciones de craqueo, la velocidad de reacción aumenta con respecto a la temperatura de ebullición de la materia prima; esto por la estabilidad térmica. Para la materia prima que contenga altas concentraciones de aromáticos la velocidad de reacción disminuye respecto a una de mayor contenido parafínico, ya que los procesos de condensación, como producto de la descomposición de la materia prima aromática, conducen a la formación de coque.

Determinación de parámetros

La determinación de los coeficientes cinéticos se realiza mediante un procedimiento experimental, donde se determina la variación de los efectos de la temperatura en la $V_{reacción}$ a temperatura constante T_{const} ; luego se estudian los efectos de T sobre la masa pirolítica; y finalmente, en el reactor discontinuo se usa la extensión de la reacción en el tiempo, siguiendo la concentración de un determinado componente o alguna propiedad relacionada como la presión o mezclado.

Equipo

Este equipo se desarrolló para llevar a cabo las pruebas de pirólisis, ya que no se contaba



Equipo de pirólisis.



Aceite proveniente de la pirólisis de PP.



Aceite proveniente de la pirólisis de biomasa.

con el equipo para realizar dichas pruebas.

El prototipo se hizo con una inversión muy pequeña, y ayudó mucho a la comprensión de los procesos de conversión térmica y su aprovechamiento como medio de energía, en donde se aumentaría la funcionalidad del equipo proporcionalmente a la inversión que se quiera hacer por el proyecto.

Resultados

Pirólisis de polipropileno

En esta prueba cabe destacar que la pirólisis de este tipo de material contiene un porcentaje alto de recuperación de aceites; este material fue inicialmente calentado a 382 °C, en donde se procedió a fluidizar el lecho con el gas de arrastre, en este caso ni-

trógeno a diferentes caudales por alrededor de 15 minutos; se obtuvo un condensado de color blanco turbio combinado con una cantidad considerable de agua.

En la extracción se obtuvieron resultados favorables pues la cantidad de aceite recuperada al final fue muy considerable comparada con otros procesos que tratan de recuperar aceites pirolíticos, como el proceso de extracción de aceite de algas.

En la siguiente etapa se realizó la extracción en el rotavapor, donde se recuperó hexano y un aceite de color amarillo con una consistencia muy espesa.

Gracias al equipo de infrarrojos del Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC) del TEC, se realizó la caracterización de dichos aceites, en donde se encontraron grupos funcionales. La presencia de un doble enlace C=C en una cadena carbonada puede ser detectada por IR por la presencia en el espectro de una serie de bandas asociadas con vibraciones de la agrupación vinílica. Así, se observó la presencia de compuestos aromáticos y enlaces dobles carbono-carbono al igual que enlaces simples C-C.

Se puede decir que ocurren desdoblamientos de los enlaces C-C en el caso de olefinas mono-sustituidas y gem-disustituidas las vibraciones del grupo CH₂ terminal acoplándose entre sí, presentándose dos bandas CH₂ y CH₂ en 3080 y 2985 cm⁻¹, por lo que con que estas comparaciones se pueden observar dichos grupos funcionales en la mezcla.

Pirólisis de biomasa

En la siguiente etapa de la extracción se puede observar el color del aceite y sus características oscuras provenientes de biomasa y sus alquitranes; se puede apreciar una diferencia en cuanto al extraído al plástico.

Resumen de resultados

La presencia de un doble enlace C=C en una cadena carbonada puede ser detectada por IR, con presencia en el espectro de una serie de bandas asociadas con vibraciones de la agrupación vinílica.

Ocurren desdoblamientos de los enlaces C-C en el caso de olefinas mono-sustituidas y gem-disustituidas; las vibraciones del grupo CH₂ terminal se acoplan entre sí, presentándose dos bandas CH₂ y CH₂ en 3080

y 2985 cm^{-1} , y con estas comparaciones se pueden observar dichos grupos funcionales en la mezcla, tanto de plásticos como de biomasa.

En casi todos los gráficos se nota una onda característica de los grupos alcoholes, que está arriba de la banda de los 3000 cm^{-1} .

Estas vibraciones de alta frecuencia son muy sensibles a la formación de enlaces de hidrógeno. Las especies libres (fase vapor, soluciones diluidas en solventes neutros) presentan bandas OH finas en $3650\text{-}3580\text{ cm}^{-1}$. Las especies asociadas (dímeros y polímeros) presentan bandas OH anchas e intensas, en $3550\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ cuya posición depende de la fortaleza de los enlaces de hidrógeno formados.

Se puede decir que las dos clases de condensados estudiados tienen una composición diferente de aromáticos, al igual que insaturaciones, pues se comprueba que con respecto al equipo, el Cyclon cumple una función importante en el área de transferencia de calor, igual que sus concentraciones; en el Cyclon se tienen mayor cantidad de aromáticos que en el condensador.

Estas vibraciones de alta frecuencia son muy sensibles a la formación de enlaces de hidrógeno. Las especies libres (fase vapor, soluciones diluidas en solventes neutros) presentan bandas OH finas en $3650\text{-}3580\text{ cm}^{-1}$. Las especies asociadas (dímeros y polímeros) presentan bandas OH, anchas e intensas, en $3550\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ cuya posición depende de la fortaleza de los enlaces de hidrógeno formados.

Conclusiones

Si tomamos en cuenta las siguientes anotaciones podríamos brindar una hipótesis para dar con la reacción de iniciación que podrían sufrir algunos tipos de moléculas craqueadas térmicamente y dar una idea sobre los compuestos a recuperar:

- Los grados de libertad de la molécula reactante deben ser extensos y complejos, es decir, una molécula complicada.
- El proceso se da a baja temperatura.
- El proceso se da a baja presión.

Biomasa y plásticos

Para la biomasa:

- Se encuentran enlaces dobles y enlaces simples al igual que grupos aromáticos en

la mezcla.

- Se encuentran grupos con presencia de alcoholes en la mezcla, una mayor cantidad en la muestra condensada en el condensador que en el Cyclon.
- Se varía el porcentaje de dichos grupos dependiendo del sistema de condensación utilizado.

Para los plásticos:

- Se encuentran enlaces dobles y enlaces simples al igual que grupos aromáticos en un mayor porcentaje para el ABS y el polipropileno que en la mezcla de plásticos.
- Se obtiene una menor cantidad de insaturaciones en el aceite proveniente de la mezcla de plásticos.
- En el análisis de polipropileno pirolizado con una edad de tres días, existe una mayor cantidad de insaturaciones que en la muestra de dos semanas.
- En la muestra de polipropileno de dos semanas existe una mayor cantidad de aromáticos y una menor cantidad de insaturaciones.

Enlaces alcanos C-C

El espectro de los n-alcanos puede interpretarse sobre la base de las vibraciones de valencia y doblaje correspondientes a los enlaces C-C y C-H. Los doblajes asociados a la cadena carbonada C-C son vibraciones de baja energía, fuertemente acopladas y fuera del rango del IR medio debido a la hibridación sp^3 de los enlaces.

Enlaces alquenos C=C

Las vibraciones de valencia o estiramiento se encuentran generalmente por encima de 3000 cm^{-1} , lo que las diferencia de las vibraciones de este tipo en los alcanos.

Esto se debe a una mayor constante de fuerza de la vibración, debida a la hibridación sp^2 del carbono.

Aromáticos

Se demuestra que las bandas armónicas, generadas en algunos casos en las gráficas como picos seguidos entre los rangos de 2000 a 1500 cm^{-1} , provienen de dicho grupo funcional debido a la interacción de enlaces C-H.

Ello demuestra que para la pirólisis de plásticos y biomasa se obtienen grupos funciona-

les considerables para la industria química, por lo que si se mejora el equipo de extracción se pueden tener rendimientos muchos más altos que los obtenidos en este estudio. Se comprueba lo que dicen científicos como Shafizadeh y Aguado, entre otros, de que tanto la biomasa como los plásticos son fuentes de energía muy provechosas para la aplicación de la pirólisis como medio de reciclaje.

Se puede definir que la fracción líquida obtenida de la pirólisis está compuesta generalmente por hidrocarburos alifáticos de alrededor de C5-C30.

La fracción gaseosa de los productos de pirólisis de plásticos está formada por hidrocarburos ligeros (C1-C4), formados en muchos casos por el craqueo de los productos primarios de la descomposición del plástico (es especialmente significativa en el caso de la pirólisis de polietileno).

Al final con el desarrollo y la redacción de esta investigación se recomienda implementarlo como método de enseñanza y complementación de la carrera en ciencia e ingeniería de los materiales, donde se da la unión de tres grandes ramas de dicha carrera: química de las aleaciones metálicas, equipos auxiliares de planta y química orgánica. Con ellas se obtendrá un estudio como el demostrado con anterioridad.

Bibliografía:

- Celulosa; <http://www.jmcpri.net/glosario/celulosa.htm>. Consultado el día 22 de setiembre 2010.
- Hemicelulosas y celulosas <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos2.html>. Consultado el día 22 de setiembre 2010.
- Lignina; <http://www.docstoc.com/docs/3180749/LIGNINA-Y-SUS-DERIVADOS>. Consultado el día 26 de setiembre 2010. ■