

Polímeros reciclados como aglutinantes en la elaboración de madera plástica y su efecto sobre las condiciones de proceso

Fecha enviada: 11 septiembre 2021

Fecha corregida: 2 octubre 2021

Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus¹

RESUMEN

Se analizó el efecto que poseen los polímeros, polipropileno (PP), polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE) y teraftalato de polietileno (PET), todos de reciclado primario, al ser utilizados como aglutinantes en mezclas con fibras naturales, tienen sobre las condiciones de proceso de fabricación de madera plástica. El proceso utilizado fue el de moldeo por compresión en caliente, fabricando probetas circulares de 3 a 4 pulgadas de diámetro y un espesor de ½ pulgada, cuyas composiciones variaron entre 40 y 80% de polímero en la mezcla. Las fibras naturales utilizadas provinieron de desechos de aserrío utilizando un tamaño de partícula fijo de 250 µm (Tamiz malla 60).

Palabras clave: Material compuesto, desechos agroindustriales, reciclaje, aserrío, plásticos, termoformación.

ABSTRACT

The effect of polymers, polypropylene (PP), low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE) and polyethylene terephthalate (PET), all of primary recycling, were analyzed as they were used as binders in fiber blends Natural, have on the conditions of manufacturing process of plastic wood. The process used was hot compression molding, making circular specimens 3 to 4 inches in diameter and ½ inch thick, the compositions of which varied between 40 and 80% of polymer in the blend. The natural fibers used came from sawdust using a fixed particle size of 250 µm (60 mesh screen).

Keywords: Composite material, agro industrial waste, recycling, sawdust, plastics, thermoforming.

INTRODUCCION

La madera plástica es conocida como un material compuesto o WPC (Wood polymeric composite) que se caracteriza por ser obtenido por moldeo en caliente de mezclas a base de materiales poliméricos y fibras naturales tales como aserrín de madera y fibras de bambú. Al combinar estos dos materiales se obtiene un producto con mejores propiedades fisicomecánicas que los aglomerados convencionales y al mismo tiempo ofrece una alternativa para la reutilización de desechos tanto poliméricos como agroindustriales (Arriola, J.2016).

En la actualidad son pocas las empresas que ofrecen tal producto en nuestro país a pesar de que las cantidades de plásticos que conforman la basura han aumentado a niveles alarmantes. Según la Municipalidad de Guatemala ingresan al relleno sanitario de la zona 3 un total de 1369 toneladas de basura al día provenientes no solo del casco urbano sino de algunos municipios aledaños.

Dentro de esta cantidad de basura el trece por ciento, es decir 177.97 toneladas por día son desechos de plásticos, la mayoría utilizados en empaques de comidas. De la diversidad de plásticos que se pueden encontrar entre la basura se analizan los más comunes, polipropileno (PP), polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE) y teraftalato de polietileno

¹Ingeniero Químico, Msc. Energía y Ambiente, Especialista en Extracción de Colorantes Naturales y teñido de fibras, Materiales polímeros, Catedrático titular en la Universidad de San Carlos y Universidad del valle de Guatemala, Investigador y desarrollador de proyectos CONCYT.

iqjgodinez@yahoo.com, Dominio: www.sites.google.com/site/inggodinezquimica

Polímeros reciclados como aglutinantes en la elaboración de madera plástica y su efecto sobre las condiciones de proceso

Fecha enviada: 11 septiembre 2021

Fecha corregida: 2 octubre 2021

(PET), todos de reciclado primario. Los polímeros enumerados anteriormente son termoplásticos lo que les confiere propiedades especiales para poder fundirse y reutilizarse una y otra vez. Un polímero termoplástico es un plástico que, a determinada temperatura, es deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente. La mayor parte de termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de fuerzas débiles de van der Waals, fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlaces de hidrogeno, o incluso anillos aromáticos apilados. (Guerra, M. 2014)

Las propiedades fisicomecánicas de estos polímeros cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces creando así un historial térmico, generalmente estas propiedades van disminuyendo a medida que se cumplen dichos ciclos, en el caso de esta investigación se utilizara polímeros de reciclado primario (Harper, C.2004).

PROCESO DE FABRICACION DE MADERA PLASTICA POR MOLDEO EN CALIENTE

Existen varios métodos para producir objetos de madera plástica, entre ellos, extrusión, inyección y moldeo en caliente.

La extrusión de estos compuestos es la técnica más utilizada ya que permite obtener perfiles continuos, en este proceso se debe utilizar agentes y aditivos que permitan el acoplamiento de los diferentes componentes por medio de la formación de enlaces químicos o emulsiones de manera que el material compuesto resultante sea estable y que pueda ser entonces extruido.

Lo anterior representa algunos desafíos tecnológicos respecto de la extrusión tradicional. Uno de los problemas más comunes se da en la alimentación del material en la tolva, el polvo de madera y los gránulos de material plástico suelen presentar el fenómeno de segregación debido a las

diferencias en el tamaño de la partícula utilizados, esto genera aglomeración del polvo de madera que al someterse a calor y humedad provocan obstrucciones a la entrada del cañón del extrusor no permitiendo el contacto con el husillo (Rivera, M. 2014).

El segundo método es el de inyección. La inyección de compuestos de madera y plástico obedece en general a la misma técnica utilizada en el moldeo por compresión, sin embargo, es necesario tomar en cuenta la temperatura a la cual se debe mantener el molde y el fenómeno de degradación térmica de las fibras naturales a utilizar (Rodwell, R. 2005).

La temperatura del molde puede mantenerse un poco más elevada que en la inyección tradicional debido a que la madera en el compuesto permite una estabilidad dimensional mejor que el polímero solo, por ello un enfriamiento intensivo resulta en un ahorro de tiempo y costos.

El tercer método, y el que se utiliza en esta investigación el método de moldeo por compresión en caliente. Este método es uno de los procesos de transformación de plásticos más antiguo que existe cuyo origen se remonta a principios del siglo XIX, aunque no comenzó a implementarse a escala industrial sino hasta 1908 con resinas fenol-formaldehído las cuales se siguen empleando hasta hoy,(Klyosov, A. 2007).

El moldeo por compresión es un método en el que el material de moldeo (fibras de madera y aglutinante), en general precalentado, es colocado en la cavidad de un molde abierto. El molde se cierra, se aplica calor y presión para forzar a los materiales a unirse en un solo compuesto y a entrar en contacto con todas las áreas del molde, mientras que el calor y la presión se mantiene hasta que el material de moldeo se ha curado.

Durante el proceso se debe controlar parámetros como temperatura y tiempo de residencia en horno, así como presión de

Polímeros reciclados como aglutinantes en la elaboración de madera plástica y su efecto sobre las condiciones de proceso

Fecha enviada: 11 septiembre 2021

Fecha corregida: 2 octubre 2021

prensado. El estricto control de los parámetros antes descritos brindara un producto con las características adecuadas para su utilización en distintas aplicaciones comerciales e industriales (Ortiz, A. 2015).

Como se puede observar en la tabla 1, se estudiaron formulaciones que van de 40 a 80% de mezcla de polímero y fibra natural. El tamaño de partícula se mantuvo fijo en un valor de 250 μm (95% de retención en malla 60) para la fibra natural y 0.254 cm para el polímero utilizado.

Al analizar la temperatura de termoformación se puede establecer que la temperatura de proceso debe estar siempre por encima de la temperatura de fusión del polímero y que entre más alta sea dicha temperatura mayor debe ser el tiempo de residencia en el horno. Este comportamiento también se observa cuando se varía el contenido de fibra en la formulación, ya que entre más fibra este presente mayor debe ser el tiempo de residencia en el horno.

Lo anterior confirma que, si bien la presencia de fibras en la mezcla favorece a las propiedades fisicomecánicas del material obtenido, también ejerce un efecto aislante con respecto a la penetración del calor.

Debido a esto se necesitará entonces mayor tiempo de residencia para que el calor alcance toda la mezcla y funda por completo el polímero. Al aumentar la temperatura de proceso se aumenta el gradiente de temperatura entre los materiales y el ambiente del horno favoreciendo a la transferencia de calor, sin embargo, el límite queda fijado por la temperatura de autoignición de las fibras de madera ya que al sobrepasarlo se empieza a observar signos de pirolisis en el material, dándole un aspecto oscuro y volviéndolo quebradizo. Esto es especialmente cierto para la madera plástica compuesta de polietilenteraftalato ya que la temperatura de proceso es sustancialmente más alta que para las formulaciones con otros

polímeros sobrepasando inclusive a la temperatura de descomposición de las fibras naturales.

De los cuatro polímeros estudiados, el PET fue el que presentó las mayores dificultades de proceso ya que por debajo del rango de temperaturas reportado en la tabla 1, los especímenes obtenidos manifestaron poca estabilidad mecánica, desboronándose con la mínima aplicación de fuerza. De la misma manera, al acercarse al límite superior, las probetas fabricadas presentaban un color oscuro, mayor dureza y un olor dulce característico de caramelización de los azúcares presentes en las fibras.

Si se observa la Figura 1, se puede observar el comportamiento de la temperatura media de proceso respecto a la temperatura de fusión del polímero puro y la temperatura de descomposición de las fibras naturales. Para mezclas con polipropileno, polietileno de alta densidad y polietileno de baja densidad, la temperatura de proceso es mayor que la de fusión del plástico y menor que la de descomposición de las fibras empleadas. Este comportamiento exceptúa al material compuesto de teraftalato de polietileno y fibras.

Otro de los parámetros de proceso muy importante es la presión de termoformado. En la tabla 1 se puede observar que se utilizaron presiones entre dos y doce toneladas, en el caso del polipropileno se recomienda una presión media de cuatro toneladas, mientras que para los otros polímeros una presión media de diez toneladas.

La diferencia obedece al valor de la viscosidad de la mezcla fundida y a la cantidad de fibras en la formulación ya que valores al aplicar valores por debajo del rango reportado daban como resultado probetas heterogéneas con espacios vacíos en los cuales el material no había llenado, mientras que valores por arriba del rango daba como resultado pérdida del material por los espacios inherentes entre

Canalización del Conocimiento Científico

Polímeros reciclados como aglutinantes en la elaboración de madera plástica y su efecto sobre las condiciones de proceso

Fecha enviada: 11 septiembre 2021

Fecha corregida: 2 octubre 2021

molde y contra molde. El tiempo para desmoldar la probeta fabricada depende de la temperatura que alcance el conjunto molde-probeta. Se recomienda que se espere el tiempo suficiente como para que la temperatura del sistema baje en un gradiente de 50°C respecto al punto de fusión del polímero.

Este comportamiento se puede apreciar en la figura 2.

Al comparar los parámetros de proceso observados tanto en la tabla 1 como en las figuras 1 y 2, se puede establecer que la madera plástica elaborada a base polipropileno y fibras naturales presenta las condiciones más favorables ya que requiere menos polímero, menor tiempo de residencia en horno y temperatura de termoformación y, por lo tanto, menos requerimientos energéticos, así como menor presión de formado.

Por otra parte, el material compuesto elaborado a base de mezclas de teraftalato de polietileno presenta las condiciones más exigentes de proceso al tener mayor temperatura de proceso y mayor tiempo de residencia en horno.

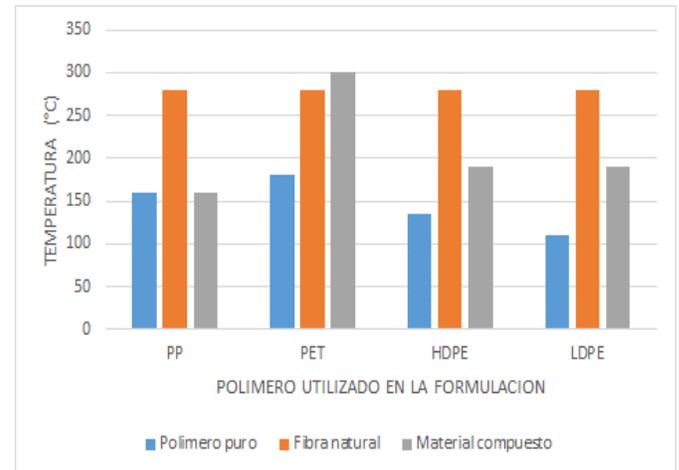
La elección del tipo de polímero a utilizar en las mezclas para elaborar madera plástica dependerá de la aplicación que se le quiera dar al material compuesto obtenido ya que las propiedades fisicomecánicas variaran de acuerdo con los parámetros de proceso y a la naturaleza química polímero empleado.

TABLA 1. Parámetros de proceso para la elaboración de madera plástica a partir de mezclas de polímeros de reciclado primario y fibras naturales de madera.

POLIMERO	FORMULACION (% POLIMERO/FIBRA)	TIEMPO DE RESIDENCIA EN HORNO (min)	TEMPERATURA DE TERMOFORMADO (°C)	PRESION DE TERMOFORMADO (t)
PP	40-60	35-55	160-180	2-6
PET	60-80	75-105	290-130	8-12
HDPE	50-70	55-75	180-200	8-12
LDPE	50-70	55-75	180-200	8-12

Elaboración propia (2019)

Figura 1. Comparación de la temperatura de fusión del polímero puro y la temperatura de inflamación de las fibras de madera con la temperatura de proceso del material compuesto.



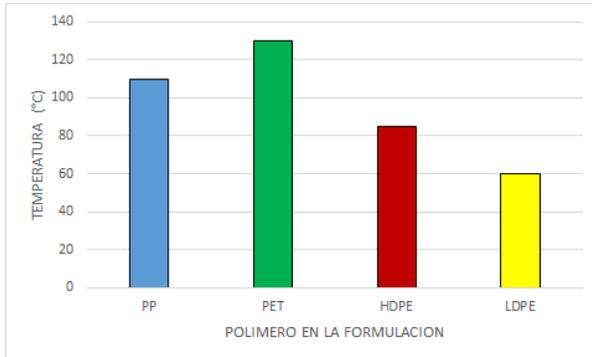
Elaboración propia (2019)

Polímeros reciclados como aglutinantes en la elaboración de madera plástica y su efecto sobre las condiciones de proceso

Fecha enviada: 11 septiembre 2021

Fecha corregida: 2 octubre 2021

Figura 2. Comparación de las temperaturas de desmoldado para los diferentes polímeros utilizados en el material compuesto.



Elaboración propia (2019)

CONCLUSIONES

1. La madera plástica elaborada a base polipropileno y fibras naturales presenta las condiciones más favorables ya que requiere menos polímero, menor tiempo de residencia en horno y temperatura de termoformación y, por lo tanto, menos requerimientos energéticos, así como menor presión de formado
2. El material compuesto elaborado a base de mezclas de teraftalato de polietileno presenta las condiciones más exigentes de proceso al tener mayor temperatura de proceso y mayor tiempo de residencia en horno.
3. La elección del tipo de polímero a utilizar en las mezclas para elaborar madera plástica dependerá de la aplicación que se le quiera dar al material compuesto obtenido ya que las propiedades fisicomecánicas variaran de acuerdo con los parámetros de proceso y a la naturaleza química polímero empleado.

Polímeros reciclados como aglutinantes en la elaboración de madera plástica y su efecto sobre las condiciones de proceso

Fecha enviada: 11 septiembre 2021

Fecha corregida: 2 octubre 2021

BIBLIOGRAFÍA

- Arriola, J. (2016). *Evaluación de los parámetros adecuados para la elaboración de madera plástica por compresión en caliente, a base de aserrín y polímero de reciclado primario, polietileno de alta densidad (HDPE)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Guerra, M. (2014). *Evaluación de los parámetros de operación adecuados para el procesamiento de la madera plástica, fabricada a partir de residuos de aserrín y polietileno de baja densidad de reciclado primario*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Harper, C. (2004). *Manual del plástico, Tomo 1*. México: McGraw Hill.
- Klyosov, A. (2007). *Wood-plastic composites*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Ortiz, A. (2015). *Evaluación de las propiedades fisicomecánicas de la madera plástica elaborada a partir de mezclas de residuos de aserrín y polietilentereftalato reciclado (Pet reciclado)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rivera, M. (2014). *Determinación de los parámetros adecuados para la elaboración de madera plástica por compresión en caliente de mezclas de desechos de madera teca (Tectona Grandis) reducidos a aserrín y polipropileno*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rodwell, R. (2005). *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Estados Unidos.