

Interacción Fibra-Matriz En Materiales Compuestos Almidón Termoplástico-Fibras Naturales

¹Delgado R. A., ¹Jiménez A. O., ²Martínez B. F., ²Aguilar P. E., ^{1,2}Morín A. C.

¹Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ, A.C.

Av. Manantiales 23-A P. Ind. Bernardo Quintana, El Marques, Querétaro.

²Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV-IPN, Unidad Querétaro
Libramiento Norponiente No. 2000, Fraccionamiento Real de Juriquilla, C.P. 76230, Querétaro, México

omar.jimenez@ciateq.mx

1. Resumen

La utilización de fibra natural en el reforzamiento de almidón termoplástico provee, además de los beneficios de un material proveniente de fuentes naturales, mejores propiedades mecánicas en el material, como lo es el módulo de elasticidad. El reforzamiento en los materiales compuestos depende de la interacción física entre las fases, permitiendo una correcta transferencia de los esfuerzos entre fibra y matriz. Al observar el modo de falla usando un Microscopio electrónico de Barrido (MEB), se puede correlacionar este con la interacción entre la matriz y la fibra. En el caso de materiales compuestos almidón termoplástico-fibra natural, la fibra está compuesta por moléculas de celulosa y otros polisacáridos principalmente, debido a que el almidón, en sí es un polisacárido, se espera que exista una amplia interacción entre ellos, como no podría lograrse con fibras poliméricas convencionales a base, por ejemplo de polietileno; para corroborar que la afinidad fibra-matriz se presenta, se observó mediante MEB el tipo de falla para el material inyectado con fibra y sin fibra. Se observó que la interacción fibra-almidón es buena, debido a que el material rompe de manera homogénea, además se observó una liberación de polisacáridos como la lignina a partir de la fibra hacia el almidón, esto debido a las condiciones de procesamiento.

2. Introducción

El almidón es un carbohidrato de origen vegetal compuesto principalmente por dos polisacáridos: la amilosa, molécula esencialmente lineal, y la amilopectina, que posee una estructura altamente ramificada, ambos formados por unidades repetitivas de α -D-glucosa. Se presenta en forma de pequeños gránulos semicristalinos, que pueden ser aislados a partir de diversas fuentes, tales como maíz, papa, yuca, avena, frijol, arroz, entre otros [1]. La mayor parte de los componentes de las fibras naturales son polisacáridos vegetales: celulosa, hemicelulosas, pectinas, carrageninas, gomas, mucílagos y almidón resistente, aunque también existen algunos compuestos que no son polisacáridos como la lignina. La celulosa es el polímero de glucosa β -1 de enlace 4 (α -glucanos) que comúnmente se encuentra en los tallos de las plantas siendo el mayor componente en las paredes celulares [2]. Esto hace que estas fibras puedan ser obtenidas como desecho de diversos procesos agroindustriales, como lo es la producción de azúcar. Como resultado de este proceso, los ingenios azucareros producen grandes cantidades de bagazo de caña como desperdicio,

conteniendo este una alta cantidad de fibra natural que puede ser recuperada de forma económica. Para mejorar las propiedades de los materiales poliméricos, se recurre de forma usual a la adición de fases dispersas como las fibras, para lo cual es importante que exista compatibilidad entre el polímero de la matriz y la fibra de refuerzo [3]. En el caso específico de los materiales de base almidón, estos pueden ser reforzados con fibras naturales para aprovechar la afinidad existente entre ambos materiales al ser estos básicamente amilosa y la amilopectina en el primer caso y celulosa en el segundo, todos ellos polímeros de glucosa. La presencia de fases dispersas en los materiales compuestos permite cambiar los tipos de fallas que puede presentar una matriz. Este cambio dependerá de la relación de las propiedades entre fibra y matriz, así como de la interacción entre ambas fases en lo que se llama interfase. De esta forma, es usual que se aumente la resistencia a la fractura a materiales frágiles por medio de un reforzamiento que cambie la forma de la fractura.

3. Condiciones experimentales

Se utilizaron pellets a base de almidón de maíz, plastificante y fibra de bagazo de caña (0 y 10%) obtenida de residuos azucareros; producidos por extrusión en un extrusor monohusillo (relación de compresión 1:1), de laboratorio, diseñado y construido por CINVESTAV (CINVESTAV-IPN, Unidad Querétaro), dando un perfil cilíndrico con diámetro de aproximadamente 5 mm, dicho perfil fue cortado (peletizado) en secciones de aproximadamente 2 cm de longitud, los cuales se acondicionaron a 14% de humedad y se mantuvieron en bolsas de polietileno cerradas y a temperatura ambiente, hasta que fueron procesadas por inyección. Se obtuvieron muestras de material moldeado por inyección, utilizando para ello una máquina de inyección de plásticos JonWai 60SD y molde de colada caliente para la obtención de platos. Los análisis de microscopía electrónica de barrido se realizaron a las piezas moldeadas, las cuales fueron mantenidas a temperatura ambiente, se fracturaron cortando previamente un pedazo del material, sumergiéndolo a un recipiente con nitrógeno, por 10 segundos e inmediatamente rompiéndola, para después ser observados en un Microscopio Electrónico de Barrido Philips®, modelo XL30 Esem, con microsonda de análisis químico elemental de EDC, empleando un detector de electrones secundarios y un campo de 20 KV.

4. Resultados y discusión

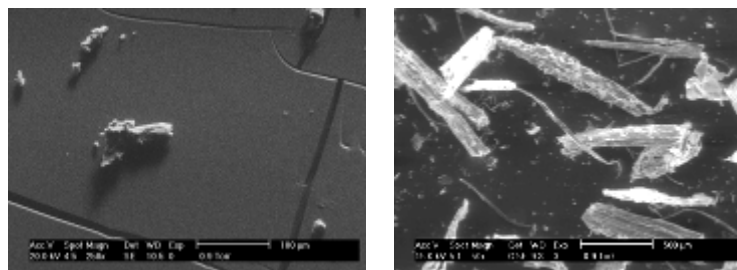
En la figura 1A, se observa la fractura en una pieza de almidón + fibra, notándose una superficie rugosa debida a la presencia de fibra, la cual rompe junto con la matriz, lo cual hace inferir un

aumento de la energía de fractura reflejada en el cambio de dirección de la misma en las cercanías del refuerzo. Muy posiblemente se generen múltiples grietas que explicarían la presencia de “escamas”.



Figura 1. Piezas fracturadas A) pieza con 10% de fibra, B) pieza sin fibra.

Por otro lado, se puede observar en la figura 1B la fractura generada en un pieza de almidón sin fibra, la cual se puede ver como una superficie lisa y vidriosa, característica de polímeros amorfos frágiles.



Figuras 2 y 3. Izquierda, pieza de almidón sin fibra, derecha, fibra al microscopio

En la figura 2 se muestra una superficie de fractura plana y bastante homogénea correspondiente a una pieza sin reforzamiento de fibra. Se aprecian algunas grietas atribuibles a la pérdida de humedad del material. En la figura 3 se aprecia la morfología de las fibras, siendo en su mayoría con una relación longitud/diámetro reducida.

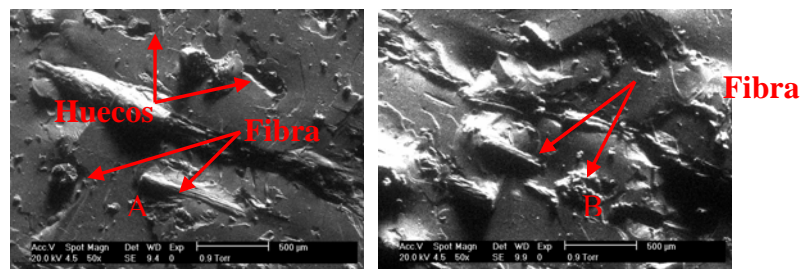


Figura 4 A y B Fractura de piezas almidón - 10% fibra natural.

En las figuras 4A y 4B se puede observar superficies de la falla irregulares, lo que supone un mecanismo de fractura de múltiples iniciadores de grieta. Es posible inferir el cambio de

dirección de la fractura al llegar esta a las proximidades de una fibra, lo que explicaría los múltiples planos observados en las micrografías. Este comportamiento es consecuencia de la interacción de la matriz con la fibra, las cuales se observan completamente embebidas en la matriz. La escasa presencia de huecos o fibras desnudas permite suponer una interacción fuerte. De hecho las fibras perpendiculares a la superficie de la fractura son cortadas casi en el mismo plano de la grieta. En la figura 5 se observa que las fibras se encuentran incrustadas en la matriz. Si bien su superficie está desnuda, esto se debe a que la grieta corrió a través del paquete de fibras de forma paralela al eje de las mismas, mostrando la fractura del paquete y de la matriz en un mismo plano.

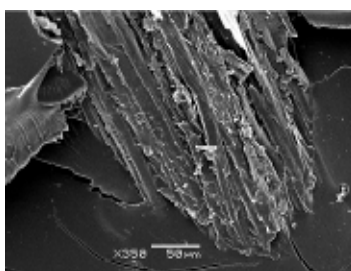


Figura 5. Fibras embebidas en matriz de almidón con fractura a lo largo del eje del empaquetamiento

El comportamiento descrito se refleja en un incremento de la resistencia a la tensión, ya que a mismas condiciones de ensayo, el material sin fibra soportó un esfuerzo máximo a la tensión de 3 MPa, mientras que con 10% de fibra este valor alcanzó 12.4 MPa, lo que confirmaría un incremento de la resistencia por el reforzamiento del almidón con las fibras naturales.

5. Conclusiones

Las fibras naturales actúan como refuerzo para matrices de base almidón debido a su afinidad, mostrando una buena interacción fibra-matriz. Esta interacción es exitosa al modificar la formación y propagación de grietas y aumentar la resistencia del material compuesto. La diferencia en cuanto al esfuerzo máximo de tensión para condiciones de ensayo similares, es importante, ya que agregando un 10% de fibra, se observó un incremento aproximado de 9.4 MPa en esfuerzo máximo.

6. Referencias

1. **Tharanathan, R.N.**, *Starch: Value Addition by Modification*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2005. **45**: p. 371-384.
2. **Triana, O.**, et al., *ATLAS del bagazo de la caña de azúcar*. CUBA 9, GEPLACEA, PNUD, ICIDCA. 1990.

3. Askeland, D.R. and P.P. Phulé, *Ciencia e ingeniería de los materiales*, ed. Thomson. Vol. 4° ed. 2004, México, D.F.: Thomson.