

Polipropileno reforzado con fibra de yute – una alternativa al refuerzo con fibra de vidrio?

Por: B. Wuttke y G. Hinrichsen, Berlin
En: Kunststoffe 84 (1994) 11, p. 1579 – 1581

Actualmente existe en el mercado una sobre-oferta de fibras naturales, provenientes ante todo de los países del Tercer Mundo. De ahí que parece importante buscarles nuevas aplicaciones diferentes a las textiles, y desarrollar las respectivas tecnologías que se necesitan para ello. Se ha pensado por ejemplo en su posible uso como fibras de refuerzo para termoplásticos.

FIBRAS DE YUTE EN POLIPROPILENO (PP)

En la búsqueda de nuevas aplicaciones, las fibras de yute y el polipropileno representan una combinación de materiales especialmente interesante, desde el punto de vista técnico y económico.

Las fibras de yute están compuestas básicamente de cadenas celulósicas y semicelulosas paralelas y de lignina.

Usamos fibras de yute con una resistencia a la tracción de aproximadamente 500 MPa y un módulo elástico de unos 40.000 MPa en una matriz de PP del tipo Novolen 1125 N. La Tabla 1 presenta los valores que se obtuvieron en los ensayos de tracción.

Las probetas son elaboradas en dos pasos: primero se fabrican «prepregs» (prepresados), mediante compresión de una capa de hilo de yute con orientación unidireccional entre dos láminas de PP. De estos «prepregs» se recortan luego, en función del ángulo, las capas individuales para un laminado de 8 capas. Los laminados unidireccionales y cuasiisotrópicos son prensados en un molde de compresión a una temperatura de 190 °C y una presión de 20 MPa, un procedimiento que se conoce como «Film-stacking Process»⁽¹⁾.

Los laminados poseen una estructura simétrica; los cuasiisotrópicos presentan la siguiente secuencia de capas: 0°/90°/+45°/-45°/-45°/+45°/90°/0° (con respecto al ángulo entre la orientación de la fibra y la dirección del ensayo). En laminados unidireccionales, las fibras se orientan en un solo sentido, o sea: las ocho capas tienen una orientación de 0°.

La caracterización de las tiras probeta se basa en ensayos de tracción y de flexión en tres puntos practicados en una máquina universal tipo Instron 1121.

Para calcular la rigidez de los laminados, se utiliza la teoría clásica de laminación (CLT), con el supuesto de un material modelo ortotrópico, o sea, un material que posee propiedades distintas en las tres direcciones⁽²⁾. Este cálculo se apoya en las cuatro constantes independientes del material modelo

	Fibra de yute		Película de PP	
	Valor	Coefficiente de variación	Valor	Coefficiente de variación
Constante del material				
Resistencia a la tracción N/mm ²	510	31	17	2
Módulo elástico G/Pa	43	28	0,74	3
Alargamiento de rotura %	1,7	12	<100	-
Espesor µm	40	23	100	3
Densidad g/cm ³	1,45	-	0,90	-
Finura (hilo de yute) g/m	0,21	5		

Tabla 1. Propiedades de los materiales de base: fibra de yute y PP

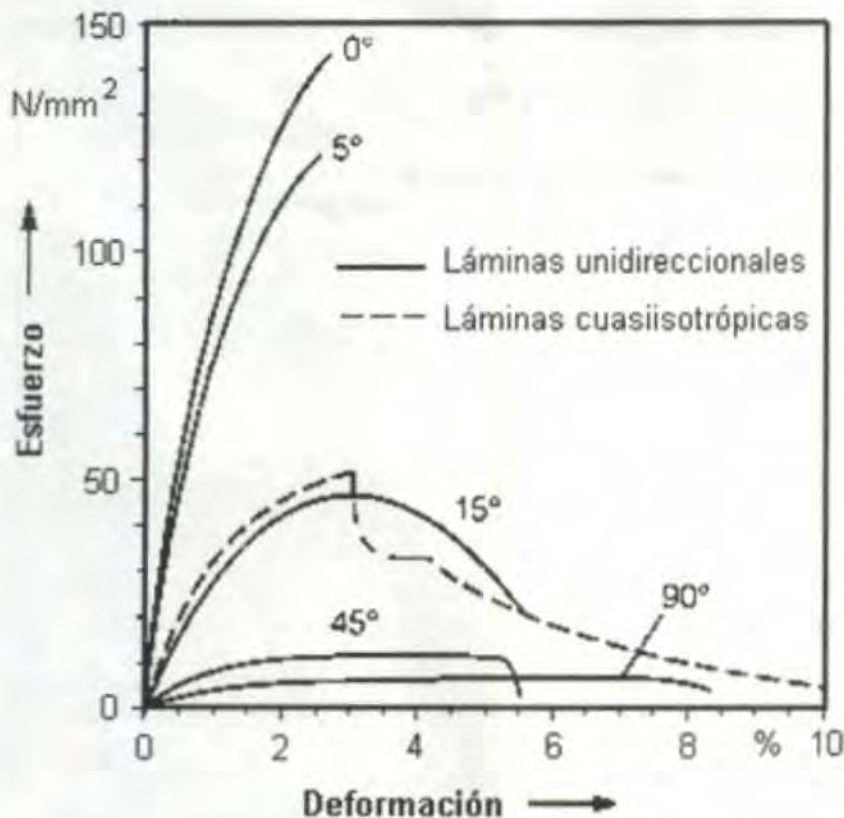


Figura 1. Comportamiento esfuerzo-deformación de laminados reforzados con hilo de yute, donde el parámetro es el ángulo de ensayo

ortotrópico, a saber: dos módulos elásticos, el módulo de cizallado y el coeficiente de contracción transversal. Según Tsai y Wu⁽³⁾, la dependencia angular de la resistencia a la tracción puede calcularse con base en:

- La resistencia a la tracción o la presión paralela a las fibras.
- La resistencia a la tracción o la presión perpendicular a la dirección de las fibras.
- La resistencia al cizallado, y
- Un valor de resistencia adicional para un ángulo cualquiera (escogido a discreción).

La Figura 1 muestra los diagramas esfuerzo-deformación de laminados reforzados con hilo de yute. Para refuerzos unidireccionales se presenta la dependencia del ángulo de ensayo. El comportamiento varía desde aproximadamente lineal elástico para ángulos pequeños, hasta pronunciadamente plástico, para ángulos mayores de 15°. Puesto que sólo a pequeños ángulos de ensayo las probetas fallan al máximo esfuerzo de tracción, se toma para ángulos mayores y para laminados cuasiisotrópicos (línea de trazos) el esfuerzo de fluencia como resistencia a la tracción.

Si bien en estas últimas probetas la rotura se produce apenas a grandes estiramientos, lo que decide sobre la

falla de una pieza, desde el punto de vista constructivo, es casi siempre la tensión máxima y no el alargamiento de rotura.

La Figura 2 muestra la curva para la resistencia a la tracción de un laminado reforzado con fibra unidireccional calculada según el criterio de Tsai y Wu, y la curva obtenida experimentalmente para un laminado reforzado de forma cuasiisotrópica, ambos con un 40% en volumen de hilo de yute.

La resistencia a la tracción del laminado reforzado unidireccionalmente, bajo un ángulo de ensayo de 0°, es de 140 MPa, bajo 10° de 70 MPa, y a partir de 45° inferior a 10 MPa, lo cual equivale a una disminución de la resistencia a la tracción de más del 90 %. Esto significa que el material muestra un comportamiento altamente anisotrópico. Se observa entonces una excelente concordancia entre los resultados de los ensayos y la curva de deformación estimada.

La resistencia a la tracción del laminado con refuerzo cuasiisotrópico es de 50 MPa uniformemente, y no depende del ángulo de ensayo.

La dependencia angular del estiramiento, con resistencia a la tracción, está ilustrada en la Figura 3 para los dos laminados. Se observa claramente que el alargamiento en función del ángulo de ensayo del laminado unidireccional adquiere tres niveles distintos, acordes con las tres fallas que se presentan en los laminados multicapa:

- Falla de tracción, en dirección de las fibras, en caso de ángulos pequeños, pasando a
- Falla de cizallado en caso de ángulos medianos, y

- Falla de tracción perpendicular a la dirección de las fibras en caso de ángulos grandes.

El alargamiento, con resistencia a la tracción, del laminado con refuerzo cuasiisotrópico (Figura 3), equivale poco más o menos al alargamiento de los laminados unidireccionales, para ángulos pequeños de ensayo. Una dependencia angular, tal como la presenta la resistencia a la tracción, no se puede constatar.

El efecto de refuerzo que se obtiene con las fibras de yute es considerable. La sola matriz posee una fuerza con resistencia a la tracción de 17 MPa, que puede ser incrementada en laminados unidireccionales a más de 140 MPa y en cuasiisotrópicos a más de 50 MPa.

Comparación entre refuerzo con yute y con fibra de vidrio

La Tabla 2 compara las propiedades del PP reforzado con yute (PP-JF) producido por nosotros con productos reforzados con mats/fieltros de vidrio (GMT) comerciales. Los datos sobre

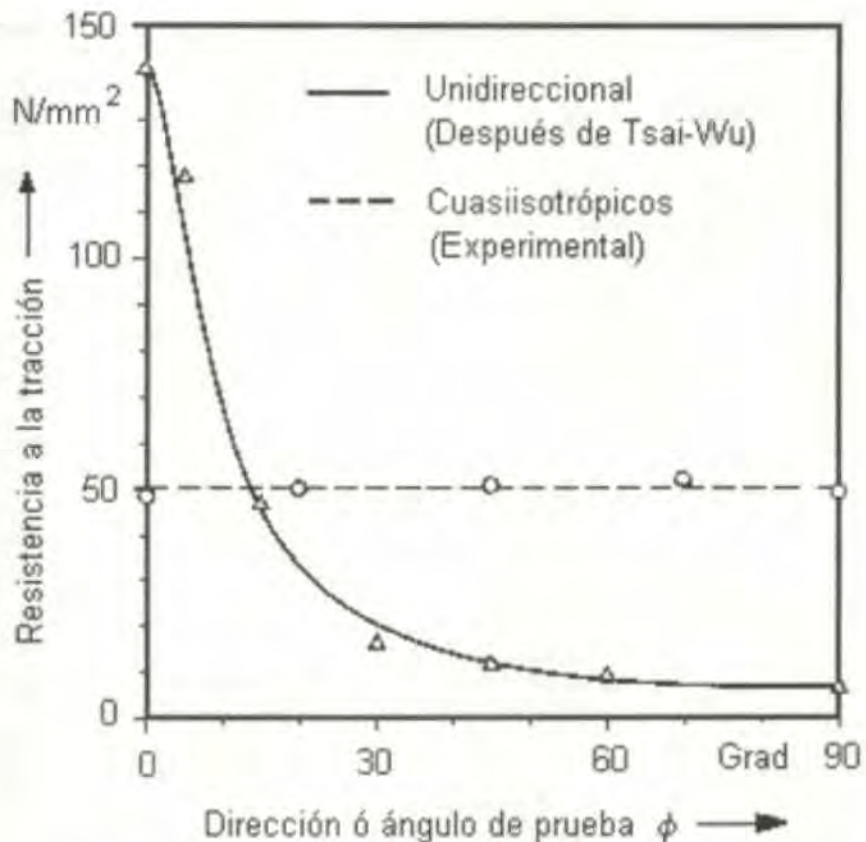


Figura 2. Laminados reforzados de forma unidireccional y cuasiisotrópica: resistencia a la tracción en función del ángulo de ensayo

PP reforzado con fibra de vidrio (PP-GF) se basan en los valores que proporciona la firma Elastogran, Lemförde (Alemania) para Elastopreg GMT, materiales de moldeo a base de PP con un 30 % en peso de mats de vidrio.

A una densidad comparable, los PP reforzados con fibra de yute alcanzan e incluso superan los PP reforzados con fibra de vidrio con respecto a la rigidez (módulo de elasticidad), sin importar si se trata de refuerzo (cuasiisotrópico o unidireccional). En cuanto a su resistencia a la tracción, los laminados isotrópicos de PP-JF se sitúan en un 60-80% de la resistencia del PP-GF, mientras que el correspondiente alargamiento máximo al menos es igual.

Valor característico			PP-JF	PP-GF
Densidad de probetas	g/cm³		1,11	1,13
Contenido de fibra	% en peso		50	30
	% en volumen		40	12,5
Resistencia a la tracción	(cuasiisotrópico)	MPa	50	60-77
	(unidireccional)	MPa	140	210*
Módulo de elasticidad	(cuasiisotrópico)	GPa	5,7	4,3-4,6
	(unidireccional)	GPa	13,2	10,5*
Alargamiento con resistencia a la tracción	(cuasiisotrópico)	%	3,0	1,9-2,6
	(unidireccional)	%	2,7	2,4*

Tabla 2. Comparación de PP reforzado con fibra de yute y PP reforzado con fibra de vidrio

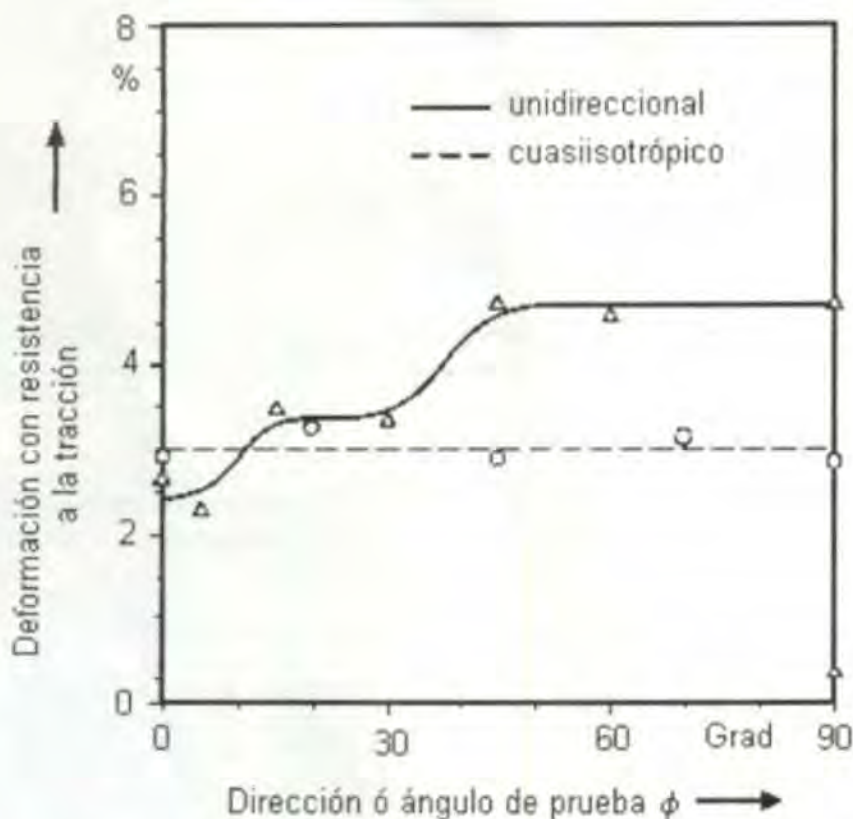


Figura 3. Laminados reforzados de forma unidireccional y cuasiisotrópica: Elongación con resistencia a la tracción en función del ángulo de ensayo

La resistencia a la tracción de los laminados con refuerzo unidireccional no se puede comparar directamente, porque el PP-GF está disponible en una mezcla 1:1 de fibra de vidrio unidireccional y mat de vidrio. No obstante, es posible estimar que la resistencia a la tracción del laminado de PP-JF unidireccional asciende a aproximadamente 50 % de la resistencia a la tracción de PP-GF. La curva de esfuerzo-deformación del PP-JF cuasiisotrópico (Figura 1) no muestra ningún comportamiento de fractura en el ensayo de tracción. Es así como, después de exceder el alargamiento máximo (por ej. en un 5%), aún conserva aproximadamente el 50% de su resistencia a la tracción y con un 8 % de sobre-estiramiento aún conserva el 20%.

Por consiguiente los PP-JF pueden competir con los PP-GF (y eventualmente sustituirlos), con respecto a su rigidez específica, y el alargamiento más allá de la resistencia a la tracción. Sin embargo, la elevada resistencia a la tracción (especialmente de los PP-GF unidireccionales), no es alcanzada por los laminados de PP-JF disponibles.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las fibras de yute fueron incorporadas al termoplástico sin tratamiento previo, lo cual sugiere que con la adición de adherentes tal vez sea posible aumentar la resistencia a la tracción. Los PP-JF cuasiisotrópicos no muestran susceptibilidad a las fracturas.

Como ejemplo de la aplicación técnica de PP-JF se están desarrollando actualmente revestimientos de gran superficie moldeadas por compresión, para la industria automotriz.

Referencias bibliográficas

- 1 A. C. Karmaker, G. Hinrichsen: *Polymer-Plastics Technology and Engineering* 30 (1991) p. 609-629.
- 2 R. W. Jones: *Mechanics of Composite Materials*, McGraw Hill, Nueva York, 1975
- 3 W. Tsai, E. M. Wu: *A general Theory of Strength for anisotropic Materials*, *Journal of Composite Materials* 5 (1971) 1, p. 58-80.
- 4 BASF-Elastogran GmbH: *Werkstoffdatenblatt Elastopreg* (1994).

Traducido para el Informador Técnico por: Ilse König de Laverde. Traductora Marketing SIDT - ASTIN

