

ESTIMACION DEL PUNTO DE PIGMENTACIÓN PARA UN COMPUESTO POLIMÉRICO MAGNÉTICO

Iván Estrada, Daniel Lardizabal, Enrique Colomo y César Leyva^a

Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C.

Miguel de Cervantes #120 Chihuahua, Chih, México.

^a Autor correspondiente: e-mail: cesar.leyva@cimav.edu.mx

Abstract- Debido al comportamiento complejo de flujo que presenta un polímero fundido, los modelos propuestos que permiten establecer la relación entre la viscosidad y el esfuerzo de corte, son una combinación de parámetros que pueden ser determinados experimentalmente y que son únicos para un material dado a temperatura y presión constante. Para la estimación de estos parámetros, existen instrumentos muy especializados (reómetros y viscosímetros), los cuales se adaptan a condiciones de procesamiento muy específicas. No obstante, existen otros instrumentos en el mercado (que no pertenecen al grupo anterior), con los cuales es posible obtener datos reológicos, aplicando modelos matemáticos. Sin embargo, queda la duda acerca de la autenticidad de estos datos reológicos, ya que no se han comparado con los obtenidos en algún otro instrumento. Es por esto, que en el presente trabajo se hace la estimación de los índices de consistencia (m) y de fluidez (n), para un compuesto de matriz polimérica con partículas de ferrita blanda, mediante dos instrumentos distintos, una cámara de mezclado mecánico y un reómetro, para luego ser comparados los resultados y conocer realmente la autenticidad de los datos. Los resultados obtenidos muestran que efectivamente existe una buena correlación entre los datos, sin embargo, el modelo utilizado, solo funciona a concentraciones menores a 60% en peso de carga.

Introducción

En las últimas décadas, con los avances en la electrónica y la robótica, se ha incrementado el uso de sensores ópticos, eléctricos y magnéticos; en particular estos últimos han tenido un desarrollo importante en la industria automotriz, por lo que se busca la optimización, la productividad y economía en la producción de los mismos. El proceso de fabricación tradicional de los sensores magnéticos es mediante metalurgia de polvos, el cual es un proceso de costo elevado debido a la diversidad de etapas.

Por otro lado, uno de los métodos utilizados para incrementar, de manera considerable, las propiedades magnéticas de un polímero es mediante la adición de partículas magnéticas, como puede ser partículas de un metal magnético o de ferritas, sean blandas o duras. De esta manera, además de obtener un material magnético, se puede utilizar la versatilidad que presentan los polímeros y en especial los termoplásticos, para ser procesados por diferentes métodos, como pueden ser la inyección o extrusión. Sin embargo, para obtener un material compuesto es importante conocer, además de las propiedades magnéticas, cual es la cantidad máxima de carga que puede aceptar la matriz polimérica; a esta carga máxima se le conoce como el punto de pigmentación del compuesto.

Debido a lo anterior, el presente trabajo consiste en estimar el punto de pigmentación de un compuesto plasto-magnético mediante una cámara de mezclado mecánico y comparar los resultados con los encontrados con un reómetro giratorio.

Sección Experimental

Las ferritas blandas utilizadas como partículas magnéticas se obtuvieron de núcleos de transformadores a base de ferritas del tipo 3CE87, proporcionadas por Philips Inc. Para la obtención de tamaños de partícula de entre 44 μ m y 74 μ m, se utilizó un molino FRITSCH de alta frecuencia. Como matriz polimérica se utilizó un policarbonato, con nombre comercial Kraton G 1652. Para el mezclado del polímero con las ferritas, se utilizó una cámara de mezclado de tipo mecánico, marca Brabender con álabes tipo "Roller". Se realizaron una serie de mezclas a distintas concentraciones, siendo estas de 0, 10, 25, 50, 60 y 85 % en peso de ferritas. Además, para cada composición se varió la velocidad de la cámara de la siguiente forma: 5, 10, 15, 20, 25 y 30 RPM. Estos experimentos fueron llevados a cabo a una temperatura de 240°C. Además de utilizar la cámara como mezclador, se utilizó el valor del par de torsión estable de cada prueba, el cual fue tomado 9 minutos después de completada la alimentación de materiales.

Por otro lado, para la medición de la viscosidad de cada muestra se utilizó un reómetro giratorio, marca Haake RS150, con un sistema de medición de platos paralelos. Las condiciones de medición fueron: temperatura de platos de 240°C, distancia entre discos de 0.7 mm y un barrido de velocidad de corte de 0 a 1000 1/s. Una vez terminada la prueba, con los datos anteriores se estimaron los parámetros de la ley de la potencia, para obtener m y n.

Resultados y Discusión

El primer análisis del punto de pigmentación se realizará respecto a los valores del torque obtenidos de la cámara de mezclado. En la figura 1 puede observarse el par de torsión estable respecto a la concentración de ferritas y a la velocidad de mezclado. En esta gráfica se observa que respecto a la concentración de las ferritas suceden dos comportamientos. El primero es la poca variación del par de torsión conforme cambia el porcentaje de ferritas en el compuesto, entre un intervalo de 10% hasta 60%. El segundo es un aumento brusco del par para concentraciones superiores a 60% de ferritas. Estos comportamientos se observan sobretodo para bajas velocidades de mezclado, sin embargo, a las velocidades de 25 y 30 RPM no se percibe este aumento del par de torsión; esto puede ser debido a que estas condiciones de operación los valores resultantes pueden situarse en la segunda región newtoniana de la curva de viscosidad.

Para encontrar los parámetros de la ley de potencia se utilizaron los valores del par de torsión (M) y velocidad de los álabes (S) para cada una de las mezclas y un modelo que incluye los parámetros geométricos de los álabes. Esta ecuación general ha sido formulada como:

$$M = f(n) \cdot m \cdot S^n \quad (1)$$

De aquí se puede señalar que el índice de flujo (n) puede ser obtenido directamente de las mediciones del par de torsión y velocidades de los álabes. Este parámetro se obtiene linealizando la ecuación anterior:

$$\text{Log } M = \text{Log } [f(n) \cdot m] + n \cdot \text{log } S \quad (2)$$

De una gráfica de Log S vs. Log M, la pendiente nos da el valor de n y la ordenada en el origen, el valor de $\text{log } [f(n) \cdot m]$, donde:

$$f(n) = -2.2 \times 10^{-4} + 1.26 \times 10^{-3}n \quad (3)$$

Esta última ecuación fue utilizada para obtener el parámetro m de cada una de las mezclas (la ecuación es válida dentro del intervalo de n en que la función f(n) no se anula ni se hace negativa, $0.174 \leq n \leq 1$) utilizando datos experimentales.

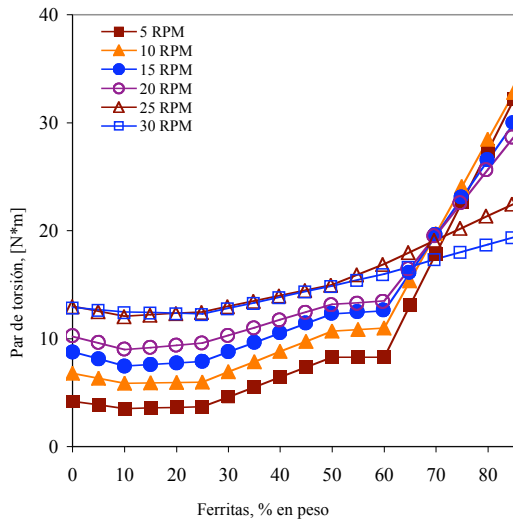


Figura1: Variación del par de torsión estable de las mezclas PC-Ferritas

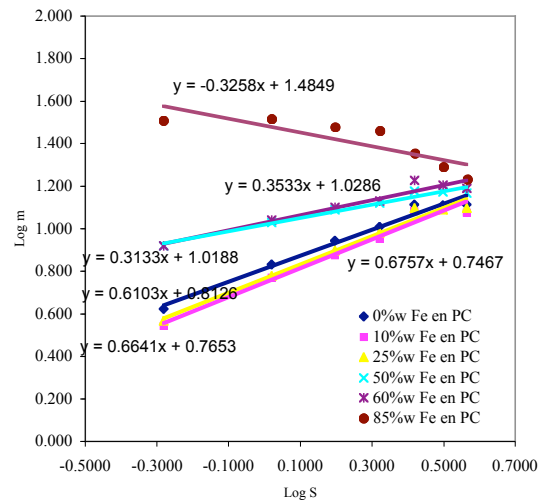


Figura 2: Relación entre los logaritmos del par de torsión M y de la velocidad de los álabes S para distintas concentraciones de Ferritas.

De las curvas mostradas en la Figura 2 y las ecuaciones 2 y 3 se calculan los parámetros n y m , los cuales son mostrados en la Tabla 1 y graficados en la Figura 3 contra la concentración de ferritas. En esta Figura, se observa que cuando la concentración de Ferritas aumenta, el material experimenta mayor desviación del comportamiento newtoniano (n disminuye). Esta disminución del parámetro se presenta hasta una concentración de alrededor del 52% en peso de Ferritas (punto mínimo de la gráfica). A partir de esta concentración el material incrementa su índice de flujo hasta el 60% en peso de Ferritas. Inesperadamente el índice de flujo desciende e incluso desciende por debajo del cero, de lo que se hablará más adelante.

% w de Ferritas	n	$\log [f(n)*m]$	$f(n)*m$	$f(n)$	m
0	0.6103	0.8126	6.4953	5.48E-04	11.83
10	0.6757	0.7467	5.5808	6.31E-04	8.84
25	0.6641	0.765	5.821	6.16E-04	9.44
50	0.3133	1.0188	10.4424	1.74E-04	59.75
60	0.3533	1.0286	10.6807	2.25E-04	47.44
85	-0.3258	1.4849	30.5422	-6.30E-04	-48.44

Tabla 1: Valores de los parámetros n y m para las diversas mezclas.

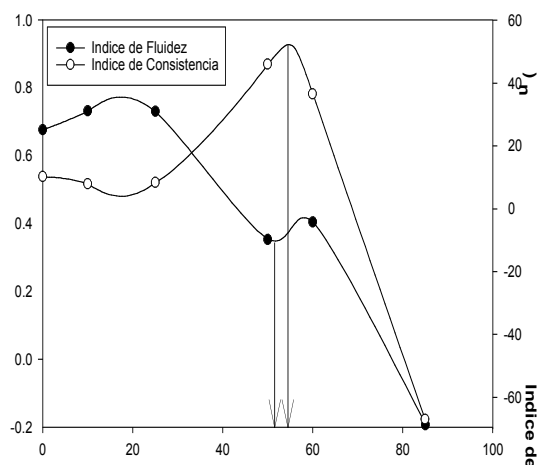


Figura 3: El índice de flujo n y el índice de consistencia m como función de la concentración de Ferritas.

En la Figura 3 también podemos observar que el índice de consistencia tiene un punto máximo a una concentración de Ferritas del 55% en peso. Esta coincidencia de los puntos máximos no es una casualidad, puesto que ya se hacía notar esta concentración en fenómenos anteriores.

Esta concentración de Ferritas, que se denomina “punto de pigmentación” indica el punto en el cual las ferritas empiezan a comportarse como matriz en lugar de carga.

Por otro lado, con los valores obtenidos del reómetro podemos realizar el análisis del punto de pigmentación análogo al anterior. De las curvas de flujo obtenidas de cada muestra, por medio de un ajuste a la Ley de la potencia obtenemos los valores de m y n , estos parámetros se muestran en la Tabla 2 y se grafican en la Figura 4. De esta podemos observar que el índice de flujo n se comporta casi linealmente hasta una concentración de Ferritas aproximadamente del 50% en peso, a partir de la cual tiene una caída abrupta, presentando un mínimo a una concentración aproximada de 45% en peso de Ferritas. También en esta Figura se puede distinguir que a una concentración de 48% en peso de Ferritas el índice de consistencia m tiene un punto máximo.

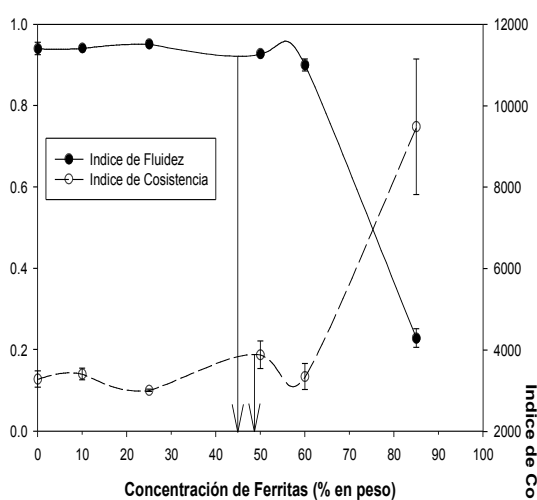


Figura 4: El índice de flujo n y el índice de consistencia m obtenidos del reómetro giratorio.

%w de Ferritas	n [Pa]	m [KPa*sn]	h [Pa*s]
0	0.94035	3290	3241
10	0.9418	3413	3447
25	0.95195	3017	3283
50	0.9278	3886	4367
60	0.90035	3354	3956
85	0.2293	9486	16420

Tabla 2: Valores de los parámetros m y n para las mezclas.

Finalmente, si tomamos en cuenta otro hecho importante, resultado del análisis de la Figura 2, indica que la linealidad entre el logaritmo de la velocidad de corte y el logaritmo del esfuerzo cortante disminuye conforme la cantidad de Ferritas se incrementa en la mezcla. Esta no linealidad a altas concentraciones permite afirmar que la ley de potencia expresada por la ecuación 1 y que explica en forma satisfactoria la relación lineal entre $\log \dot{\gamma}$ y $\log \tau$ que se presenta en cierto rango de valores de $\dot{\gamma}$ y de τ para los materiales pseudoplásticos, debe ser considerada con reservas al momento de aplicarla para mezclas con altas concentraciones de partículas. Por tal motivo, si se eliminaran los puntos correspondientes al 85% en peso de Ferritas de las Figuras 3 y 4, no cabe duda de que los puntos máximos y mínimos que aparecen en estas figuras se verían modificados. Este desplazamiento de puntos máximos y mínimos los hace coincidir a los cuatro puntos (un máximo y un mínimo para cada figura) coinciden entre el 53 y 55% en peso de Ferritas.

Conclusiones

Con el presente trabajo se pudo demostrar que es posible utilizar una cámara de mezclado de tipo mecánico, para estimar el punto de pigmentación de una mezcla de polímero con partículas magnéticas. Esto mismo se comprobó utilizando un reómetro giratorio, encontrándose que a concentraciones menores al 80% en peso de ferritas, el modelo empleado ajusta casi perfectamente.

Referencias

1. C.W. Macosko, Rheology Principles, Measurements and applications, Ed. Wiley (1994).
2. A. Márquez, J. Quijano y M. Gaulín, Polym. Eng. Sci., **36**, 20, 1996.
3. A. Márquez, J. Quijano y R. Ríos, Polym. Composites, **20**, 2, 1999.
4. A. Márquez, J. Quijano, M. Ayora y R. Ríos, Polym. Composites, **18**, 2, 1997.