

# **Estudio de la miscibilidad de polímeros a través del análisis de la fractura.**

**M.A. Peydró, F. Parres, R. Navarro, J. E. Crespo**

*Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de Valencia  
Plaza Ferrandiz y carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

## **RESUMEN**

La miscibilidad entre materiales es un campo de la ciencia de gran importancia ya que estos estudios en metales han permitido conseguir las diversas aleaciones que se utilizan a nivel industrial. Estos estudios se han trasladado al campo de los polímeros y existen múltiples estudios que tratan de ello, donde se utilizan técnicas analíticas de diversa sensibilidad para evaluar los efectos en las propiedades mecánicas, térmicas, reológicas de dichas mezclas.

Por otro lado, la mecánica de la fractura es aquella parte de la ciencia de los materiales que analiza la superficie de fractura con el fin de vincular dicha superficie a unas condiciones de tensión y tipo de esfuerzo. Estos estudios se han aplicado enormemente en los materiales metálicos, siendo en menor número los que se pueden encontrar respecto materiales poliméricos.

La información que puede aportar el estudio de las superficies de fractura solo poseen carácter cualitativo y no cuantitativo, pero la presencia de zonas lisas, rugosidades, desgarros y otros fenómenos permiten acotar las causas que han podido provocar dichas morfologías superficiales.

## **INTRODUCCIÓN**

La miscibilidad de polímeros es un tema ampliamente estudiado y analizado por múltiples autores (buscar). La mayoría de estos estudios tienen su origen en los procesos de recuperación y revalorización de residuos poliméricos, donde en el propio proceso aparecen diversos materiales mezclados.

Otros estudios tienen como objetivo la mejora de propiedades, tal y como se puede observar en la mezcla de materiales metálicos (aleaciones); donde la mezcla final ofrece mejores propiedades que los materiales base utilizados. Este campo ha llegado a ser de elevado interés y se han desarrollado modelos matemáticos con el fin de poder predecir el comportamiento de las mezclas binarias de material polimérico [1].

En general, estos estudios se centran en la variación de propiedades del sistema binario formado, bien sean propiedades mecánicas, térmicas, reológicas,... además en muchos de ellos se puede observar la existencia de micrografías mediante el uso de microscopía electrónica de barrido (SEM) las cuales permiten conocer la interacción de las fases generadas durante el proceso de mezclado [2-3].

Tomando como referencia las superficies de rotura obtenidas tras ensayar los materiales vírgenes es posible conocer la miscibilidad de una mezcla de material

polimérico mediante la comparación de dichas superficies. La interacción entre materiales tendrá como resultado superficies similares a las obtenidas con los materiales base, en cambio, la falta de interacción conllevará la generación de superficies de fractura de carácter frágil.

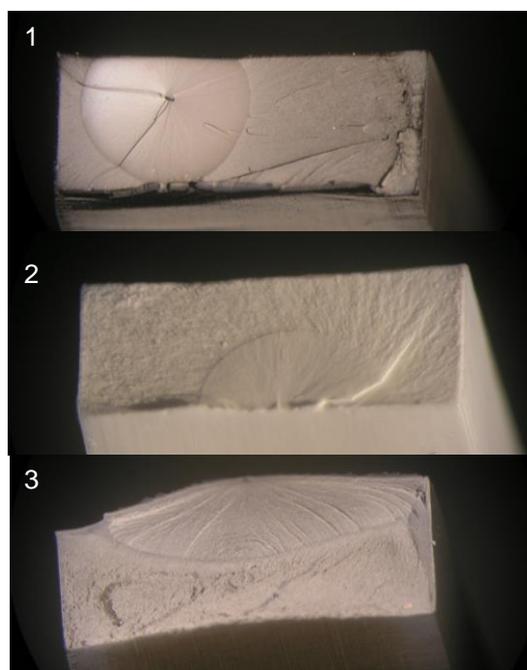
## EXPERIMENTAL

### Técnicas empleadas

La adquisición de las imágenes se ha llevado a cabo mediante el uso de un Microscopio Estereoscópico de Olympus modelo SZX7 Zoom, sobre muestras de HIPS (PS Impact 6541; Total petrochemical, Belgium), ABS (Terluran® GP22, BASF, Germany), and SEBS (Megol®, Applicazioni Plastiche Industriali, Italy)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

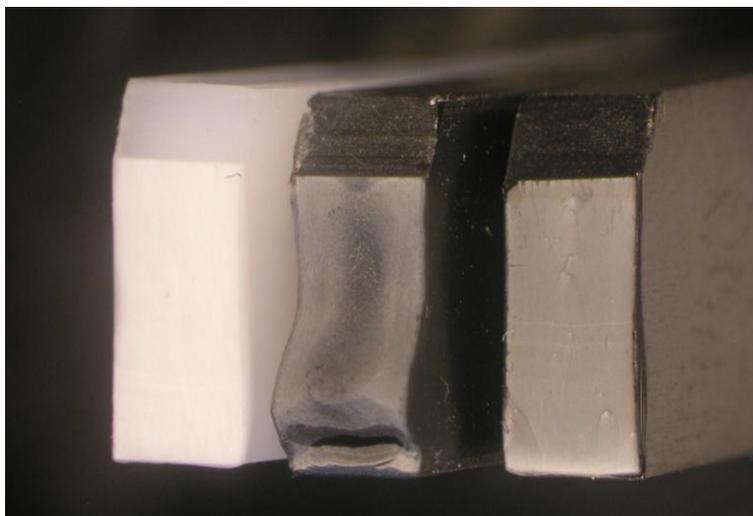
La observación de la superficie de esta mezcla binaria (50% ABS – 50% HIPS) no presenta grandes diferencias respecto los materiales base, ABS y HIPS. En este caso, se observan al igual que en el ABS y el HIPS dos zonas claramente diferenciadas. Aunque si se analiza la superficie con detalle sí que se observa una diferencia significativa, en este caso, la primera zona de rotura aparece con cierto ángulo respecto la de la normal de la superficie final de rotura; en cambio, la segunda zona aparece de nuevo perpendicular a la aplicación de los esfuerzos (Figura 1). Este cambio en la superficie de rotura es indicativo de cambios en el comportamiento de la mezcla.



**Figura 1.** Macrografía de las superficies de fractura del ABS (1), el HIPS (2), y la mezcla binaria del 50% de ABS – HIPS (3) tras el ensayo de tracción.

Este cambio en la superficie de rotura es indicativo de cambios en el comportamiento de la mezcla, de hecho si se analiza las superficies obtenidas tras la realización del

ensayo de impacto se observa como la grieta avanza linealmente para el caso del ABS y el HIPS; en cambio, la mezcla binaria presenta una superficie con cambios de dirección de la grieta e incluso una mayor rugosidad en la parte final del proceso de rotura (Figura 3).



**Figura 3.** Macrografía de la superficie de fractura de las muestras tras sufrir el impacto. De izquierda a derecha, HIPS, mezcla binaria de ABS – HIPS (50%), ABS.

Tras la visualización de las superficies de rotura puede plantearse la siguiente hipótesis: la similitud entre las superficies de rotura cuando están sometidas a esfuerzos de tracción (baja velocidad de aplicación de cargas) son muy semejantes y por ello no van a suponer grandes diferencias en las propiedades obtenidas con este tipo de ensayo; por el contrario, las diferencias en las superficies de impacto son indicativas de grandes diferencias en los valores de resiliencia.

Los valores de la caracterización mecánica de las muestras ensayadas corroboran la hipótesis planteada, donde todo parece indicar cierta interacción entre el ABS y el HIPS cuando los esfuerzos son aplicados a baja velocidad (tracción).

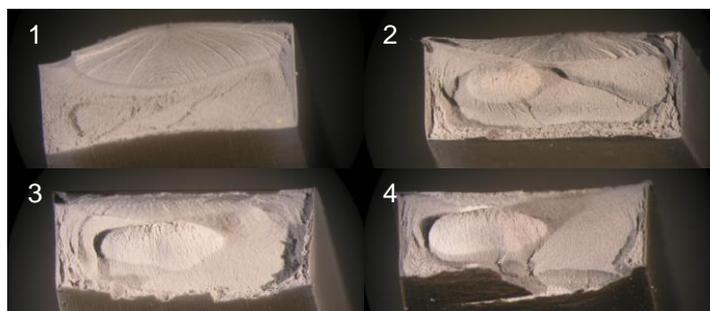
En cambio la aplicación de esfuerzos a alta velocidad (impacto) la interacción de ambos materiales es bajas y los valores de la resiliencia caen estrepitosamente, siendo incluso más bajas que los obtenidos con el HIPS virgen.

**Tabla 1.** Valores de la caracterización mecánica del ABS, HIPS y la mezcla binaria del 50%.

	<b>ABS</b>	<b>50% ABS – 50% HIPS</b>	<b>HIPS</b>
<b>Tensión de Rotura, MPa</b>	42	27	19
<b>Alargamiento, %</b>	10.5	8	16
<b>Resiliencia, kJ m<sup>-2</sup></b>	22	5	9

La incompatibilidad de materiales poliméricos es subsanada por la adición de agentes compatibilizadores que actúan como nexo de unión entre las fases incompatibles (4); en algunas ocasiones es la adición de un tercer polímero el que actúa como agente compatibilizante. Dada la pérdida de resiliencia observada en la mezcla binaria ABS – HIPS se añaden diferentes porcentajes de un termoplástico elástico (TPE) que sea capaz de aportar tenacidad a la mezcla binaria de ABS – HIPS.

La adición de SEBS a la mezcla binaria provoca cambios importantes en la superficie de rotura. La incorporación de SEBS provoca la aparición de un pequeño montículo en la parte central, el cual se hace más acusado a medida que el porcentaje de SEBS aumenta indicando una mayor deformación plástica y por lo tanto, una mayor capacidad de absorción de energía (Figura 4).



**Figura 4.** Macrografía de las superficies de fractura: 1, mezcla binaria (ABS – HIPS); 2, muestra con un 10% de SEBS; 3, muestra con un 20% de SEBS; 4, muestra con un 30% de SEBS.

## CONCLUSIONES

El estudio de las superficies de fractura es una de las ramas de la ciencia de mayor dificultad ya que en ella se propone vincular la morfología de la superficie con las causas que han provocado dicha superficie de fractura.

La miscibilidad, entendida como capacidad de mezcla que poseen dos materiales, puede ser observada a través de la comparativa entre los materiales base y la mezcla obtenida mediante cambios significativos en la superficie generada tras el proceso de rotura. Este proceso puede variar en función del tipo de esfuerzo aplicado y de la velocidad con la que se han aplicado.

A priori, los resultados indican cierto grado de interacción entre el ABS y el HIPS cuando la velocidad de aplicación de cargas es bajas (tracción), en cambio, la interacción se pierde a medida que la velocidad aumenta (impacto). Por otro lado, las mezclas ternarias presentan una tendencia a fenómenos de deformación plástica mucho más característicos del comportamiento de polímeros dúctiles con fluencia.

## REFERENCIAS

- [1] Shen, J., Wang, M., Li, J., Guo, S., Xu, S., Zhang, Y., Li, T., Wen, M., *European Polymer Journal* 45:11 3269-3281 (2009).
- [2] Malas, A., Pal, P., Das, C.K., *Materials in Engineering*, 55, 664 -673 (2014)
- [3] Boondamnoen, O., Rashid, A.A., Chayjuljit, S., Ohshima, M., Ariffin, A., *Journal of Elastomers and Plastics* 45:6, 523-535 (2013)
- [4] Yoo, S.J., Lee, S.H., Jeon, M., Lee, H.S., Kim, W.N., *Macromolecular Research* 21:11, 1182-1187 (2013)