

## EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA DEGRADACIÓN DE POLÍMEROS DURANTE SU TIEMPO DE RESIDENCIA EN EXTRUSORA

Valeriee De Abreu<sup>1</sup>, Tim Osswald<sup>2\*</sup>, Maria V. Candal<sup>1</sup>

1: Grupo de Polímeros USB, Dept. Mecánica, Universidad Simón Bolívar, Apartado 89000, Caracas 1080-A, Venezuela.

2: Polymer Engineering Center, Universidad de Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706, Estados Unidos

\* e-mail: osswald@engr.wisc.edu

## RESUMEN

Debido a la exigencia de la sociedad actual de hacer más eficiente el conocido y difícil reciclaje de polímeros, ha sido evaluada en este estudio la degradación térmica sufrida por PEAD, PP y PSAI durante su tiempo de residencia en máquina, como posibilidad de respuesta a la necesidad de determinar el efecto de las principales variables de los procesos de reciclaje en la calidad del producto. Se empleó el MFI como el parámetro para simbolizar la degradación experimentada por el material con el número de reprocesamientos (R) y los tiempos de residencia (TR). La determinación del MFI arrojó resultados diferentes para cada caso, reportando en algunos casos aumento y para otros, disminución con los R.

**Palabras Claves:** Reciclaje, reprocesamiento, tiempo de residencia, degradación térmica.

## ABSTRACT

Due to the demands of modern society of make more efficient the known and difficult, polymers recycling, the thermal degradation suffered by the HDPE, PP and HIPS during their residence time in machine has been evaluated as a possible response to determine the effect of the process conditions of the material recycle over the quality of the final product. The MFI parameter being known as an indirect indicator of material properties and was chosen to study the effect of the number of reprocessing and residence times over the degradation experienced by the material. MFI determination showed different results for each case, reporting for some, increase and others decrease, if the reprocessing is increasing.

**Keywords:** Recycling, reprocessing, residence time, thermal degradation.

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción anual de polímeros ha tenido un crecimiento estable desde principio de siglo convirtiéndose en una preocupación ambiental. Esto, unido a la mentalidad de “Úsalo y deséchalo”, genera altos volúmenes en desuso, principalmente, los *commodities* por tener el ciclo más corto de vida en uso. Dicho volumen y preocupación ambiental han motivado el reciclaje de polímeros, en el cual, lo ideal es obtener la menor disminución posible de las propiedades finales al mínimo costo. La calidad y costo de una pieza moldeada dependen del material y de las variables de procesamiento; de allí, que en este trabajo se ha investigado el efecto de la temperatura en la degradación de polímeros durante su TR en máquina. Para ello se utilizó material virgen y se simuló varios R para comparar propiedades con trabajos anteriores <sup>[1]</sup> en los cuales se reprocesaron 5 veces los mismos materiales por extrusión. El enfoque de este estudio es determinar en qué cuantía la temperatura contribuye a la degradación del material durante su R sucesivo por extrusión.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

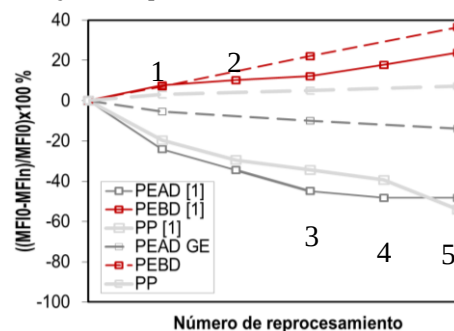
Se utilizó PEAD (DMDA-6200, DOW), PEBD (6401, DOW) y PP (N02G-00, INEOS Olefins & Polymers USA). Se establecieron las condiciones de proceso y se moldeó material en forma de filamentos, que luego se cortaron en *pellets*. Durante el proceso se agregó al material virgen un *pellet* de color. Se recolectaron *pellets* en intervalos de 3 s de recolección y 4 s de espera, obteniéndose una secuencia de grupos con degradé en la coloración. La experimentación para cada material se repitió 3 veces. A partir de las muestras se realizaron placas circulares por inyección. Se analizó la intensidad de color a las placas mediante un espectrofotómetro. Posteriormente, se colocaron *pellets* vírgenes en bandejas y se les sometió a una atmósfera rica en oxígeno y convectiva a la Temperatura de Procesamiento (TP) de cada material y cada tipo de proceso. Para evitar la coalescencia se colocaron los *pellets* unos separados de otros durante los 4 distintos TP en el horno. Seguidamente, se midió para cada grupo de *pellets* envejecidos en el horno el MFI obteniéndose para cada material 4 mediciones correspondientes a los 4 distintos TP en horno.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Colocando los *pellets* en el horno a la TP se buscó simular R sólo con temperatura eliminando la influencia de la cizalla. Para eso se asumió un TR igual a 1 R, lo cual cobra sentido cuando se comparan estos resultados de sólo temperatura con trabajos previos de investigación sobre el R in situ. Se utilizó como base de comparación el trabajo presentado por Osswald et al. <sup>[1]</sup> donde se reprocesó el mismo material una y otra vez por extrusión partiendo de material virgen. La clave entre dicho trabajo y el presente radica en la realización de ambos experimentos con exactamente los mismos materiales y bajo las mismas condiciones de proceso. De allí que el MFI para 5 TR en este trabajo podría compararse con el MFI para 5 R en Osswald et al. <sup>[1]</sup>. Tales TR se midieron mediante espectrofotometría, donde la presencia de color en las piezas, simboliza el tiempo que estuvo un *pellet* dentro de la máquina. A partir de la medición del MFI de cada uno de los grupos de *pellets* que permanecieron en el horno se elaboró una curva de comportamiento de MFI en función del tiempo, con la cual, por medio de extrapolación, se encontraron los valores de MFI para 3, 5 y 15 TR para cada material. Tales resultados en conjunto con los obtenidos por Osswald et al. <sup>[1]</sup> se muestran en la Fig. 1. Es importante resaltar que las figuras están expresadas en porcentaje debido al cálculo realizado para hacer la comparación. Así, la tendencia de aumento del porcentaje en la gráfica representa una disminución del MFI y la tendencia decreciente corresponde a un aumento del mismo. Las líneas continuas representan los resultados de Osswald et al. <sup>[1]</sup>, las líneas discontinuas representan los actuales y cada punto en la curva representa 0 a 5 R. Las variaciones en porcentaje están realizadas con respecto al valor del MFI del polímero virgen y representan cuánto cambió el MFI del material en función a su valor inicial. El PEAD a los 5 R mostró una disminución de 14% lo que se traduce en un aumento del MFI, debido probablemente a un mecanismo de degradación por escisión de cadena provocado por la temperatura y el oxígeno, las cuales son las variables presentes en la simulación de los R. Osswald et al. <sup>[1]</sup> obtuvo una disminución de 48%, posiblemente por los dos mecanismos de degradación (cizalla y termooxidación) ya que se suman y complementan dando una variación mayor, ya que ambos producen escisión de cadena y aumentan el MFI. Para el PEBD la variación en este trabajo fue 37%, lo cual probablemente se deba al predominio del mecanismo de entrecruzamiento, causado por la temperatura y el oxígeno. Osswald et al. <sup>[1]</sup> obtuvo un aumento del 24% como consecuencia, posiblemente, de que los efectos en el MFI de los mecanismos de degradación presentes (entrecruzamiento, debido a temperatura-oxígeno y escisión de cadena, debida a cizalla) se contrarrestan el uno con el otro, lo cual da como resultado una aparente menor degradación en el caso de la bibliografía <sup>[1]</sup>. El PP mostró una tendencia totalmente contraria a la reportada por Osswald et al. <sup>[1]</sup>, lo cual indica que se ve principalmente afectado por la cizalla. Es importante resaltar que la experimentación se realizó como una simulación sólo con temperatura del proceso de extrusión, bajo condiciones de atmósfera con una mayor cantidad de oxígeno que la presente en la extrusora, es decir, aire caliente en convección, ya que se trató de simular uno de los peores casos posibles. Se concluye que el MFI del PEAD se ve más afectado por la cizalla que por temperatura. Por otro lado, el MFI del PEBD es el que menos se ve afectado por la cizalla en comparación con los otros polímeros, siendo más afectado por la temperatura. El MFI del PP se ve más afectado por la cizalla que por temperatura y es el que más se ve afectado.

**Tabla 1.** Tiempos de residencia medidos en espectrofotómetro.

| Material | TR Inyección (s) | TR Extrusión (s) |
|----------|------------------|------------------|
| PEAD GI  | 237              | -                |
| PEAD GE  | -                | 63               |
| PEBD     | 254              | 52               |
| PP       | 237              | 35               |
| PS       | 297              | 42               |



**Figura 1.** MFI vs R por extrusión.

### 4. REFERENCIAS

- [1]. Osswald T, Materials Science of Polymers for Engineers, Cincinnati (USA); Editorial Hanser, 2012, p. 18-19, 44-47, 206-208.