

EFECTO DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE INYECCIÓN SOBRE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE PP

Daysi González¹, Alejandra Costantino², Valeria Pettarin², Patricia Frontini^{*2}, María Virginia Candal¹

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

2: Grupo de Ciencia e Ingeniería de Polímeros, INTEMA, Universidad de Mar del Plata, Argentina.

* e-mail: pmfronti@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se estudió la influencia de las variables del proceso de inyección, sobre la respuesta en impacto biaxial de piezas de Polipropileno homopolímero (PP_H). Con este fin, se fabricaron probetas con geometría de disco variando sistemáticamente las temperaturas de molde (T_m) y de inyección (T_i). Como resultado, se encontró que en las ventanas de procesamiento empleadas, a menores T_m y a mayores T_i las probetas muestran una mayor energía de perforación, y el tipo de fractura tiende a ser dúctil. Sin embargo, se observó que el PP_H estudiado se encuentra en la zona de transición dúctil – frágil, por lo tanto, existe una dispersión asociada al porcentaje de ductilidad (energía absorbida) de una pieza dada.

Palabras Claves: Inyección, Polipropileno, temperatura de inyección, temperatura de molde, transición Dúctil-Frágil.

ABSTRACT

The present work studies the influence of injection molding process conditions over the impact response of Polypropylene Homopolymer (PP_H) parts. For this, disc shaped samples were injection-molded for a wide range of mold (T_m) and injection (T_i) temperatures values. Impact response was assessed through the falling weight force-displacement curves. As a result, it was found that by decreasing T_m and increasing T_i, test samples show higher impact energies and ductile failure modes. However, it was observed that the studied PP_H is under the ductile-fragile transition regime and therefore there is an associated statistical dispersion in the absorbed impact energy values obtained for a given set of processing parameters.

Keywords: injection molding, Polypropylene, injection temperature, mold temperature, ductile-fragile transition.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria automotriz ha puesto especial interés en el polipropileno (PP) debido a su baja densidad, disponibilidad, excelente relación beneficio/costo y fácil procesabilidad ^[1]. Las propiedades mecánicas de los polímeros semicristalinos, como el PP, no solo dependen de las propiedades intrínsecas del material, sino que también resultan afectadas por la microestructura inducida durante el procesamiento ^[2]. Las piezas inyectadas presentan una típica estructura de piel-núcleo formada por una piel superficial con alta orientación molecular y un núcleo compuesto de esferulitas con baja orientación. Las diferentes condiciones termomecánicas que experimenta el polímero fundido determinan la relación piel/núcleo, originando piezas mecánicamente anisotrópicas ^[2]. En el presente trabajo se estudia la influencia que tienen dos variables de procesamiento, las temperaturas del molde (T_m) y de inyección (T_i), en la morfología generada en piezas simples, y cómo esta morfología afecta el comportamiento al impacto de las piezas inyectadas.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Se empleó un PP 1100SC (MFI=25g/10min) de la empresa Petroquímica Cuyo S.A.I.C. Se utilizó una máquina de inyección HM-10T con molde de colada fría y entrada directa para producir probetas con geometría de disco variando sistemáticamente T_m y T_i de acuerdo a las condiciones de la Tabla 1. Las probetas fueron sometidas a ensayos de impacto biaxial instrumentado en un equipo Fractovis Ceast. Se registraron las curvas de carga-desplazamiento (F-D), la energía de perforación resultante, y el tipo de fractura. Además, se determinaron propiedades físicas y morfológicas de las piezas. Se realizó una caracterización por calorimetría diferencial de barrido (DSC) determinando las curvas de calentamiento desde 20 a 200°C a 10°C/min, en las que se evaluó la cristalinidad total de las probetas. También se realizó un estudio de difracción de rayos X (DRX) para estudiar la cristalinidad en la piel. Además, se observó con un microscopio de luz polarizada (MLP) el área transversal de las probetas y se determinó la relación piel/núcleo (S_a). Se realizaron simulaciones con herramientas CAD/CAE y se caracterizaron los índices termomecánicos (IT) – índice de enfriamiento (Y) e índice thermo-

stress (τ_y) que describen el desarrollo de la morfología del material durante el moldeo y su influencia en las propiedades mecánicas, donde T_b es la temperatura promedio del material, τ_w los esfuerzos de corte en la pared del molde al final de la etapa de llenado, T_m y T_c son las temperaturas del molde y de cristalización.

$$Y = \frac{T_b - T_c}{T_b - T_m} \quad (\text{ec.1})$$

$$\tau_y = \frac{\tau_w}{Y} \quad (\text{ec.2})$$

Tabla 1. Condiciones de proceso empleadas.

Condición	T_i (°C)	T_m (°C)	Condición	T_i (°C)	T_m (°C)
1.1	185	60	2.1	200	24
1.2	195	60	2.2	200	36
1.3	205	60	2.3	200	48
1.4	215	60	2.4	200	60

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis óptico realizado, revela la presencia de la estructura piel-núcleo, característica del PP, permitiendo evaluar las dimensiones relativas de ambas partes con el fin de determinar la relación (S_a). Estos resultados revelan que el espesor de la piel de las probetas decrece con aumentos en T_m y T_i . (Fig. 1). Los análisis de DSC revelaron que en el rango de temperaturas de moldeo escogidas, la cristalinidad total (piel y núcleo) no es afectada significativamente al variar T_m y T_i . Sin embargo, mediante los patrones de dispersión obtenidos por DRX se obtuvo que a mayor T_m , la cristalinidad de la piel aumenta al verse favorecida la cinética de cristalización. No obstante, al variar T_i , no se evidenciaron cambios importantes en la cristalinidad. Para caracterizar los ambientes termomecánicos de cada probeta, se extrajeron de los resultados que arroja la herramienta de simulación CAE, de los que se determinaron los IT. Estos demostraron que con el aumento de T_m , el valor de Y , tiende a aumentar y τ_y , tiende a disminuir con el aumento en T_m . No obstante, a mayores T_i , este índice disminuye más significativamente por lo que la orientación inducida en la pieza disminuye.

Por otro lado, se observó que existe una enorme dispersión entre las curvas de impacto. Esto se debe a que el PP se encuentra en transición dúctil-frágil. Sin embargo, se observó que al disminuir T_m , las curvas de F-D evidencian un comportamiento más dúctil (Fig.2). Es así que a pesar de la alta dispersión entre los valores de fuerza y energía de perforación registradas, a las T_m más bajas (24°C, 36°C y 48°C), las piezas impactadas reafirman el carácter más dúctil de la fractura (Fig.3). En concordancia, se observa que las probetas inyectadas a una T_m de 60°C, fracturan frágilmente. Por otro lado, estableciendo relaciones entre la respuesta mecánica y los resultados de las caracterizaciones realizadas, se proponen bajas T_m y altas T_i para obtener la mejor respuesta ante impacto biaxial para el PP_H en estudio. Estos resultados parecen deberse al hecho de que a menores T_m la orientación molecular en la piel y el espesor de ésta aumentan ligeramente, comprometiendo el comportamiento al impacto de las piezas inyectadas.

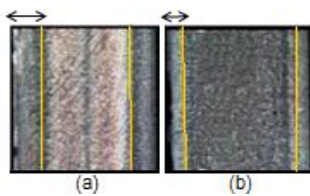


Figura 1. Piel - núcleo. (a) $T_m=24^\circ\text{C}$ y (b) $T_m=60^\circ\text{C}$.

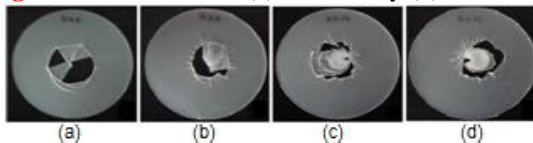


Figura 3. Fractura frágil: (a) $T_m=60^\circ\text{C}$, (b), (c) y (d) con deformación plástica, $T_m=48^\circ\text{C}$, 36°C y 24°C .

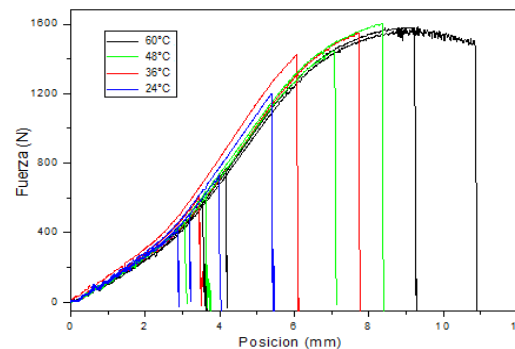


Figura 2. Curvas F-D para las probetas procesadas a diferentes T_m (constante el resto de los parámetros de inyección).

4. REFERENCIAS

- [1]. Brydson J, Plastic Materials, Oxford (UK); Butterworth-Heinemann, 1999.
- [2]. Viana J, Ribeiro C. "Optimization of injection moulded polymer automotive components". En: New Trends and Developments in Automotive System Engineering 2011, InTech, Rijeka 65-100, 2011.