

## INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE PROCESAMIENTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO A FRACTURA DE UN HOMOPOLÍMERO DE POLIPROPILENO Y UN COPOLÍMERO ETILENO-POLIPROPILENO MOLDEADOS POR INYECCIÓN

Daniela C. Santaella<sup>1,2</sup>, Patricia M. Frontini<sup>1\*</sup>, Valeria Pettarin<sup>1</sup>, Laura Fasce<sup>1</sup>, María V. Candal<sup>2</sup>

1: Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales, Universidad de Mar del Plata, B7608FDQ, Mar del Plata, Argentina

2: Universidad Simón Bolívar, Dept. Mecánica, Sección de Polímeros, Apartado 89000, Caracas 1080-A, Venezuela.

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

## RESUMEN

El estudio se basa en la influencia de los parámetros de procesamiento (inyección) en el comportamiento a fractura de dos tipos de polipropileno (PP). Se aplicó el método integral J para determinar la resistencia a la fractura de los polímeros; se determinó, además, la micro-estructura ya que es un factor influyente en el comportamiento a fractura. Para ello se calcularon índices termo-mecánicos a partir de simulaciones de flujo para establecer una relación directa entre propiedades termo-mecánicas variables de la fractura. Referente al diseño se usó la metodología de Taguchi, para así minimizar el número de experimentos. Finalmente, se obtuvo que la resistencia a la fractura era, principalmente, influenciada por la temperatura de fundido ( $T_f$ ). A bajo valor de  $T_f$  la morfología se caracteriza por tener mayor espesor de piel y por ende, el núcleo es más pequeño, lo que implica una menor cristalinidad y mayores valores de  $J_c$ .

**Palabras Claves:** Mecánica de la Fractura, Taguchi, morfología.

## ABSTRACT

The influence of injection process conditions over the fracture behavior of two types of polypropylene (PP) was studied. The J integral to determine the fracture toughness of polymers was applied; also the micro-structure as an influential factor over the fracture behavior was determined. For this, the thermo-mechanical indexes were calculated using flow simulations, to establish a relationship between thermo-mechanical properties. The Taguchi methodology design was used to reduce the number of experiments applied. The injection temperature ( $T_f$ ) is a process conditions that affects the tensile strength of the polymers. At low  $T_f$ , the morphology is characterized by increased skin thickness and thus, the core is smaller, implying a lower crystallinity and higher values of  $J_c$ .

**Keywords:** Fracture Mechanics, Taguchi, morphology.

## 1. INTRODUCCIÓN

El moldeo por inyección está dividido en cuatro etapas: plastificación, inyección del fundido, presurización del material y enfriamiento, durante las mismas el material sufre transformaciones sucesivas, siendo sometido a un ambiente termo-mecánico que determina la microestructura final de la pieza. Éste puede ser cuantificado a partir de los índices termo-mecánicos [1-3]. Por otro lado, la tenacidad a la fractura es una propiedad relevante cuando se requiere diseñar materiales para usos estructurales. Ésta se puede determinar en base a parámetros definidos en el marco de la teoría de mecánica de fractura. Los parámetros de fractura basados en esta teoría separan la propiedad intrínseca del material del efecto de la geometría de ensayo, en contraste con ensayos convencionales como impacto Charpy [4]. Karger-Kocsis [4] menciona que esta teoría lo que busca es determinar el comportamiento de un material fisurado bajo un estado dado de sollicitación. Matemáticamente, J puede considerarse como la tasa de liberación de energía elástica no lineal [5].

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

Los polímeros estudiados fueron un homopolímero PP (PPH) Profax SF6100 y un copolímero de propileno-etileno (PPC) Hifax BA 238 A/G9, producidos por la petroquímica PETROKEN. Se elaboró la ventana de moldeo para determinar el rango de trabajo de los materiales; a partir de la misma se determinó los niveles de Taguchi para los siete (7) parámetros de inyección en estudio:  $T_f$ , temperatura de molde ( $T_m$ ), Presión de inyección ( $P_i$ ), Velocidad de inyección ( $V_i$ ), tiempo de pistón en posición adelantada ( $t_{ppa}$ ) y tiempo de enfriamiento ( $t_e$ ). Se construyó la matriz ortogonal L(8) de Taguchi.

Con las condiciones establecidas se inyectaron las probetas y se le realizaron ensayos mecánicos convencionales: Flexión en 3 puntos (ASTM D-790-93), Tracción uniaxial (ASTM D-638-03), Impacto Charpy (ASTM 6110-06). Los ensayos de fractura [4] se realizaron con probetas con geometría SENB. Dependiendo

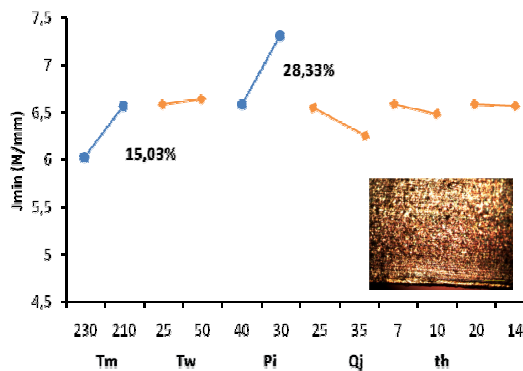
del tipo de fractura se estableció el modelo de estudio para el PPH y se calculó J en la inestabilidad. Se aplicó el método estadístico de Weibull [6] para determinar el valor de J umbral. Para el PPC presentó propagación estable de fisura por lo que se realizó la curva JR y se determinó el valor JIQ. Simultáneamente, se realizó la simulación en Moldflow de las 8 corridas, para determinar los índices termo-mecánicos y medir la piel de las probetas, así poder obtener la relación (S<sub>a</sub>).

**Tabla 1.** Matriz de Taguchi L(8) [3] usada para el PPC y PPH, respectivamente .

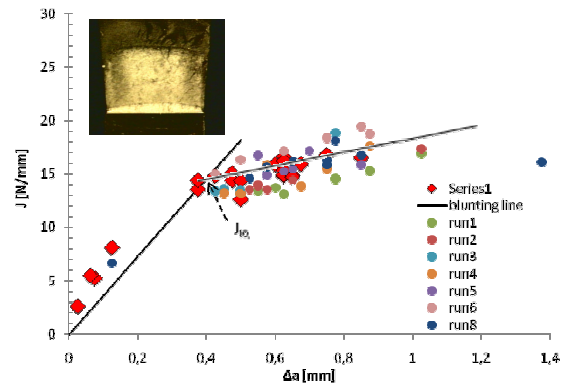
PPC Condición	T <sub>f</sub> [°C]	T <sub>m</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [%]	V <sub>i</sub> [%]	t <sub>ppa</sub> [s]	t <sub>e</sub> [s]	PPH Condición	T <sub>f</sub> [°C]	T <sub>m</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [%]	V <sub>i</sub> [%]	t <sub>ppa</sub> [s]	t <sub>e</sub> [s]
1	210	50	30	25	7	20	1	230	25	40	25	7	20
2	210	50	30	35	10	14	2	230	25	40	35	10	14
3	210	30	45	25	10	14	3	230	50	30	25	10	14
4	210	30	45	35	7	20	4	230	50	30	35	7	20
5	170	50	45	25	7	14	5	210	25	30	25	7	14
6	170	50	45	35	10	20	6	210	25	30	35	10	20
7	170	30	30	25	10	20	7	210	50	40	25	10	20
8	170	30	30	35	7	14	8	210	50	40	35	7	14

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Anova reveló que la T<sub>f</sub> influye inversamente sobre la tenacidad umbral, lo que guarda relación con el estudio morfológico que mostró que a medida que disminuye la T<sub>m</sub>, aumenta la relación piel núcleo (S<sub>a</sub>), es decir, que a menor cristalinidad la tenacidad aumenta. Referente al PPC no se observa variación entre las diferentes condiciones de procesamiento, su curva de resistencia es muy poco creciente. Debido a que no se cumplen los requerimientos de tamaño para la condición de deformación plana B'<sup>2</sup>>25J<sub>IQ</sub>/σ<sub>y</sub>. J<sub>IQ</sub> no es J<sub>IC</sub>.



**Figura 1.** Influencia de los parámetros en J<sub>umbral</sub> para el PPH. Foto probeta uno para medir la piel.



**Figura 2.** Curva J-R del PPC, foto de crecimiento estable de fisura de la corrida 7.

### 4. REFERENCIAS

- [1]. Viana, J.C., Cunha, A.M., Billon, N., Proceed. 10th Int. Conf. Deformation, Yield and Fracture of Polymers, Cambridge, U.K., 1997.
- [2]. Viana, J.C., Billon, B, Cunha, A.M., “The Thermomechanical Environment and the Mechanical Properties of Injection Moldings”.
- [3]. De Micco, S.; Frontini, P.M., Viana, J.C. - Fracture Behaviour of Injection Moulded Polypropylene: the Effect of Processing Conditions. in Pouzada, A.S; Frontini, P.M.; Martin, P.J. (Eds.) – Engineering with Polymers: an Europe – Latin America Research Experience. Guimarães: Plastinet network, 2007.
- [4]. Fasce, L. A., Comportamiento mecánico modificado con una poliolefina elastomérica, Argentina, (2002).
- [5]. Anderson, T.; In: Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications, 2nd Edition, Ch. 2: Linear Elastic Fracture Mechanics, CRC Press, (1995).
- [6]. Mc Cabe, D., A comparison of Weibull and Bic Analysis of Transition Range Data, Fracture mechanics, 23, ASTM STP (1993).