

# Caracterización del aluminio para la fabricación de insertos de moldes de inyección de plásticos.

**H. González Zulueta, M. Vidal González**

Departamento de Tecnología de Construcción de Maquinaria. Facultad de Ingeniería Mecánica  
Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría* (CUJAE).  
Calle 114 esq. 127, Marianao 15, Ciudad de la Habana, Cuba.  
Teléfono: (53 7)-266 3846  
e.mail: vidal@mecanica.cujae.edu.cu

(Recibido el 12 de febrero de 2008; aceptado el 22 de junio de 2008)

## Resumen.

Se describe una investigación experimental realizada para estudiar el comportamiento en condiciones reales de insertos para cavidades fabricados con dos aleaciones de aluminio diferentes. Se fabricaron 1000 piezas (probetas para ensayo de plásticos) de polipropileno, empleando un molde de diseño normalizado con insertos para la cavidad correspondiente, fabricados con cada una de las aleaciones a ensayar. Cada 250 piezas producidas, tanto las cavidades como la pieza elaborada fueron medidas en zonas previamente seleccionadas y estos resultados se emplearon para caracterizar el comportamiento de las aleaciones ensayadas. Las condiciones de presión y temperatura del proceso de inyección se seleccionaron atendiendo a los requerimientos industriales que corresponden al plástico utilizado.

**Palabras claves: Moldes, cavidades, aluminio, experimento, inyección de plástico.**

## 1. Introducción.

Durante el proceso de moldeo por inyección de plásticos, es la cavidad del molde el elemento que más influye sobre la calidad del resultado final y está sometido a numerosos factores que condicionan su desempeño, de los cuales la temperatura y la presión a que se somete la masa plástica para su introducción en la cavidad resultan ser los más relevantes [1].

El efecto de estos factores se tiene en cuenta para el diseño de los moldes, lo que se ha recogido en numerosos documentos normalizativos de uso ampliamente difundido, en los que se recomiendan los materiales a emplear para la fabricación de los componentes del molde, que son aceros de diferentes especificaciones.

Otros materiales no están considerados como opción, por la sencilla razón de que para las condiciones de producción típicas de la industria del procesamiento de plásticos (producciones masivas o en grandes series) no satisfacen los requerimientos de durabilidad que se exigen. No obstante, para determinadas condiciones de producción, existen referencias del empleo del aluminio como material alternativo para la fabricación de las cavidades de moldes relativamente simples, por ejemplo [2], que sin embargo adolecen en general de insuficiente fundamentación.

En este trabajo se describe la investigación experimental y se ofrecen los resultados

correspondientes del empleo de dos aleaciones de aluminio como material para elaborar insertos portadores de la cavidad en moldes para fabricar piezas de plástico en cantidades relativamente pequeñas.

## 2 - Desarrollo

La pertinencia del diseño de la cavidad para un molde de inyección de plástico está dada fundamentalmente por su capacidad para mantener estables, durante un determinado período productivo, los índices de calidad de la pieza elaborada. En el caso más general, la cavidad es responsable por la obtención de cuatro de los parámetros que definen la calidad de la pieza elaborada: 1) precisión dimensional, 2) precisión de forma, 3) precisión de posición relativa y 4) precisión de rugosidad superficial.

Los tres primeros parámetros son afectados tanto por las deformaciones elásticas como por las deformaciones de origen térmico que sufre la cavidad y además por las contracciones de la pieza que se elabora como consecuencia del propio proceso de fusión y solidificación de la masa plástica. El cuarto parámetro depende mucho de las características de la interacción plástico-metal.

Tomando en cuenta lo anterior, el estudio de la influencia del empleo del aluminio como material para la cavidad se llevó a cabo midiéndolo, durante el proceso

de fabricación de un lote de 1000 piezas, las variaciones dimensionales que se producían tanto en el grabado de la cavidad como en la propia pieza producida. En la Fig. 1 se muestra el diseño de la pieza a elaborar (NC 30-06: 1981).

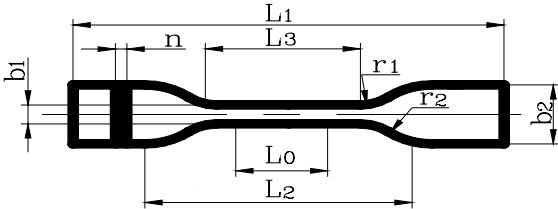


Figura 1 - Pieza a elaborar durante los ensayos.

La pieza es una probeta que se emplea para someter a ensayos mecánicos (resistencia a la tracción, alargamiento, y módulo de elasticidad) a diferentes tipos de masas plásticas. Se seleccionó teniendo en cuenta que sus características están completamente establecidas por normas y además es de una configuración relativamente simple, lo que resultan dos condiciones muy favorables para la realización de los experimentos.

En la Fig. 2 se muestra una foto del molde que incluye el inserto que porta la cavidad, tal como fue instalado en la máquina de inyección KuASY 100/25-1, empleada para la realización de los experimentos. Como material del inserto (cavidad) se emplearon dos aleaciones de aluminio: AL 5056 y AL 7075; como material a inyectar se seleccionó el polipropileno. Las razones para estas selecciones se exponen en [2] y no se reproducen aquí por razones de espacio.

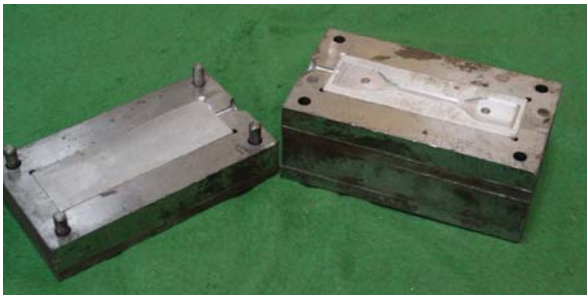


Figura 2 - Molde con el inserto portador de la cavidad.

De acuerdo con recomendaciones industriales, tanto los valores de la presión de inyección como los de la temperatura a la que se inyecta el polipropileno oscilan entre un máximo ( $p= 0,405$  MPa;  $T= 240$  °C) y un mínimo ( $p= 0,304$  MPa;  $T= 200$ °C) preestablecidos, dependiendo de otros factores tecnológicos presentes en el proceso, como pueden ser el tamaño y la configuración de la pieza a obtener. Por esta razón, se decidió hacer un diseño experimental factorial del tipo  $2^k$  donde se variarían, para cada material de la cavidad,

las dos variables independientes (presión y temperatura de inyección) a sus niveles máximo y mínimo.

### 3 - Descripción de los experimentos

De acuerdo al diseño factorial ya mencionado, para cada material del inserto se establecieron 4 combinaciones de los dos parámetros a variar en los dos niveles referidos, a saber:

Experimento	Presión (MPa)	Temperatura (°C)	Identificador
1	$p_{\text{máx}}= 0.405$	$T_{\text{máx}}= 240$	+T +p
2	$p_{\text{máx}}= 0.405$	$T_{\text{min}}= 200$	-T +p
3	$p_{\text{min}}= 0.304$	$T_{\text{máx}}= 240$	+T -p
4	$p_{\text{min}}= 0.304$	$T_{\text{min}}= 200$	-T -p

Para cada uno de los dos materiales ensayados se construyeron 4 ejemplares de inserto a partir de un mismo lote de procedencia y se comprobaron la composición química y las propiedades físico-mecánicas en todos los casos para garantizar la homogeneidad requerida en cuanto a las propiedades del material. El orden de ejecución se seleccionó aleatoriamente y para cada uno de ellos se utilizó uno de los insertos construidos con cada material y una vez preparado el sistema se realizó una corrida consistente en la elaboración de 1000 piezas con el plástico seleccionado. La respuesta del ensayo consistió en la medición, tanto en la cavidad del molde como en la pieza producida, del ancho obtenido en la parte central de la pieza, para la cual se establecen las mayores exigencias dimensionales. Estas dimensiones se midieron empleando un microscopio instrumental electrónico LEICA Mod. DMC que permite, a partir de imágenes observadas directamente, obtener ópticamente los valores correspondientes con una apreciación de 0,001 mm.

Para cada caso, las mediciones se hicieron cada 250 piezas producidas y una medición de control inicial a la cavidad virgen y a la primera pieza producida.

En la Fig. 3 se muestra la imagen tomada para una de las mediciones (cavidad y pieza), tal y como fueron obtenidas en los experimentos. Todo el sistema de medición se calibra y verifica mediante patrones de alta resolución y además se seleccionan los valores de aumentos a utilizar en función del objeto a medir.

En la Fig. 3, un poco por debajo de la línea punteada que atraviesa ambas imágenes, pueden observarse las marcas de referencia que delimitan la longitud a medir que corresponden al ancho de la cavidad y de la pieza, que son justamente los resultados que se quieren estudiar. En cada caso, se realizaron 25 mediciones con un paso de 1mm y ubicadas dentro de una longitud de 33 mm, que corresponde a la longitud  $L_3$  de la pieza-probeta que se elabora. Por tanto, para cada combinación de valores extremos de las variables de

entrada, se obtuvo un total de 100 mediciones en la cavidad y en la pieza, de las que se obtiene el valor promedio del ancho correspondiente y al cabo de una tirada de 1000 piezas.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de las mediciones realizadas en la cavidad para el caso del

molde de AL 5056 bajo las condiciones señaladas de variación de la temperatura y la presión de inyección.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las mediciones de la cavidad para el caso del AL 7075 y las mismas condiciones de temperatura y presión de inyección ya mencionadas



Figura 3 - Foto para la medición de la cavidad (a la izquierda) y de la pieza (a la derecha.)

Tabla 1 - Valores promedio (en mm) del ancho de cavidad para el molde de AL 5056.

Condiciones del experimento	cavidad +T -p	cavidad -T +p	cavidad -T -p	cavidad +T +p
valor del ancho de cavidad	6,060	6,058	6,057	6,062

Tabla 2. Valores promedio (en mm) del ancho de la cavidad para el molde de AL 7075

Condiciones del experimento	cavidad T +p	cavidad -T -p	cavidad +T +p	cavidad +T -p
Valor del ancho de la cavidad	6,025	6,024	6,027	6,026

Los resultados obtenidos y compilados en las Tablas 1 y 2 señalan hacia una mayor influencia relativa de la temperatura sobre la variación dimensional del ancho de la cavidad que la presión, aunque se aprecian mayores valores absolutos de deformación en el AL 5056 probablemente debido a sus propiedades mecánicas menores.

Mediante un procesamiento estadístico de los resultados numéricos obtenidos con el diseño

experimental fueron obtenidas las siguientes ecuaciones de regresión:

Para el aluminio AL 5056:

$$D = 6,05975 + 0,00175 \cdot A + 0,00075 \cdot B + 0,00025 \cdot A \cdot B$$

Para el aluminio AL 7075:

$$D = 6,0255 + 0,001 \cdot A + 0,0005 \cdot B$$

Donde:

D: Dimensión (ancho) promedio de la cavidad del molde [mm]

A: Temperatura de inyección [°C]

B: Presión de inyección [MPa]

Claramente puede observarse que en ambos casos la temperatura de inyección tiene mayor influencia que la presión sobre la magnitud que adquiere el ancho de la cavidad por efecto de la acción de ambas variables. También puede notarse que este comportamiento afecta menos al AL 7075 debido a sus mejores propiedades mecánicas. La presencia de un término significativo de interacción entre ambas variables independientes (A y B) en el caso del AL 5056 sugiere una disminución de

las propiedades mecánicas por la presencia de la temperatura de inyección. Finalmente, el carácter lineal de ambas expresiones está en concordancia con el comportamiento típico de un metal ante el efecto de las dos variables consideradas.

En otra parte de la investigación, que aquí no se describe por razones de espacio, se realizó el estudio de la influencia simultánea que sobre la pieza elaborada tienen las variaciones dimensionales del grabado de la cavidad del molde y los efectos de contracción – dilatación del material plástico. A partir de lo anterior, se propone una modificación en la fórmula empleada tradicionalmente para determinar las dimensiones del grabado de la cavidad del molde para lograr las dimensiones finales que se requieren en la pieza elaborada. A continuación se muestra la fórmula ya modificada para el caso de emplear cavidades fabricadas de aluminio:

$$D_{cav} = D_{art} + \frac{D_{art} \cdot C_{ont}}{100} - (T_f - T_i) \cdot D_{art} \cdot C_{dilat}$$

Donde:

$D_{cav}$ : Dimensión de la cavidad.

$D_{art}$ : Dimensión del artículo plástico a obtener en la cavidad.

$C_{ont}$ : Coeficiente de contracción del plástico seleccionado.

$T_f$ : Temperatura final.

$T_i$ : Temperatura inicial.

$C_{dilat}$ : Coeficiente de dilatación del material de la cavidad y el macho.

Las Figs. 4 y 5 muestran el comportamiento de la variación de la dimensión del grabado de la cavidad, en función del número de inyectadas para los casos de los dos aluminios ensayados.

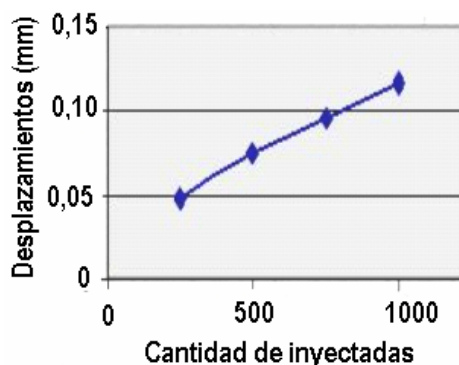


Figura 4 - Comportamiento entre la cantidad de inyectadas y los desplazamientos para las cavidades fabricadas de aluminio AL 5056.

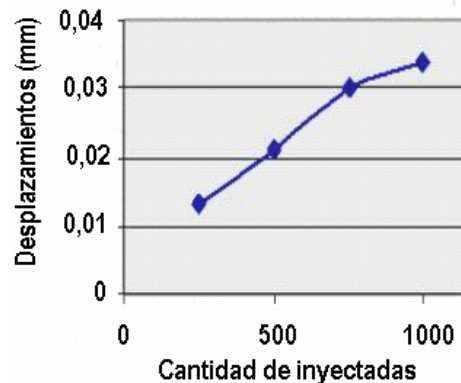


Figura 5 - Comportamiento entre la cantidad de inyectadas y los desplazamientos para las cavidades fabricadas de aluminio AL 7075

## 6. Conclusiones.

- Los dos aluminios ensayados son aptos para ser utilizados en la fabricación de cavidades de moldes para inyección de plásticos. El AL 5056 posee propiedades mecánicas que pueden considerarse como el límite mínimo de las permisibles para este fin, mientras que las del AL 7075 serían las máximas posibles.
- Con el AL 5056 pueden obtenerse piezas con precisión dimensional que oscila entre IT 8 e IT 12 correspondiendo, respectivamente, a tiradas de alrededor de unas 80-100 piezas y de unas 1000-1100. Para el caso del AL 7075 los límites serían IT7 e IT9 para aproximadamente iguales tiradas que en el caso anterior.
- Se obtuvo una fórmula modificada que permite calcular las dimensiones que debe tener el grabado de la cavidad del molde, en función de la dimensión final de la pieza, del plástico a utilizar y del aluminio con el que se fabricará el inserto con la cavidad.

## 7. Bibliografía.

- 1 - Rivero Lazo, Moraima. "Aseguramiento de la calidad de una producción plástica". Tesis de Maestría. Fac. Ing. Química, ISPJAE 2002.
- 2 - González Zulueta, H. "Sistema alternativo para moldes de inyección de plásticos". Tesis de Maestría, Fac. Ing. Mecánica, ISPJAE, 2003

## Aluminium alloys behaviour used in the manufacturing of cavities in molds for plastic injection process.

### Abstract:

The behaviour of cavities in molds for plastic injection, manufactured with two different aluminium alloys under real conditions is described by experimental investigation. 1000 pieces (probes for testing mechanical properties of plastics) were produced from polypropylene, using a normalized designed mold with specially manufactured cavities and the two tested alloys. For the produced pieces, the dimension (width) of the cavities and the elaborated pieces were measured in previously selected areas, these results were used to characterize the behaviour of the tested alloys. The conditions of pressure and temperature for the injection process were selected according to the industrial requirements for the plastic used in the investigation.

**Key words:** Mold, cavity, aluminium, experiment.

---

## 5to Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica y Metalurgia.



Del 1<sup>ro</sup> al 5 de diciembre del 2008 en La Habana, Cuba

---

### TEMAS PRINCIPALES

- Mecánica Computacional, Biomecánica y las TIC en la Ingeniería Mecánica y Metalúrgica.
- Mecatrónica y los Sistemas de Diseño y de Fabricación Avanzados
- Gestión de Flota del Transporte
- Energía y sus Tecnologías Emergentes
- Materiales; Novedades y Tecnologías
- Metalurgia y Procesos Metal-Mecánicos
- Enseñanza de la Ingeniería Mecánica y Metalúrgica
- Sistemas de Mantenimiento.

---

**Para enviar resúmenes o solicitar información adicional**

Visite el sitio WEB: <http://www.cujae.edu.cu/mecanica/CCIM-2008>

O contactar al Comité Organizador en: [ccim@mecanica.cujae.edu.cu](mailto:ccim@mecanica.cujae.edu.cu)