

# LOS «DIEZ PRINCIPALES» PROBLEMAS PRESENTADOS EN EL MOLDEO POR INYECCIÓN

## Parte I.

F. Núñez, E.A. Poppe, Karl Leidig, Karl Schirmer - DUPONT  
 ® Reproducido con la autorización expresa del editor

En la inyección de plásticos técnicos de naturaleza semi-cristalina como POM, PA, PBT y PET suelen presentarse con relativa frecuencia los diez problemas de proceso que se listan a continuación. En esta serie de artículos los autores describen métodos sencillos de identificación y prevención de los mismos:

- 1 Presencia de humedad en el material
- 2 Canales de alimentación muy pequeños
- 3 Posición incorrecta del punto de inyección
- 4 Tiempo de segunda o mantenimiento muy corto
- 5 Temperatura de masa inadecuada
- 6 Temperatura de molde inadecuada
- 7 Pobre acabado superficial
- 8 Problemas con los sistema de canal caliente
- 9 Alabeos
- 10 Depósitos de molde,

En esta primera entrega se describen los cinco primeros problemas.

### 1. PRESENCIA DE HUMEDAD EN EL MATERIAL

Muchos plásticos absorben humedad de la atmósfera y dependiendo del tipo de resina, absorberán más o menos agua. La presencia de humedad en el material, aún cuando sólo se trate de condensación sobre la superficie, causará problemas en las piezas inyectadas con plásticos de ingeniería. Pueden producirse una gran cantidad de efectos indeseables, incluyendo problemas de proceso, pobre calidad superficial de las piezas inyectadas, o pérdida de las propiedades mecánicas. En algunas

ocasiones, será posible determinar la presencia de humedad meramente con un examen visual. Los autores han preparado este artículo para ofrecer a los inyectadores que empleen una amplia gama de plásticos una guía práctica sobre el tratamiento de estos polímeros con tendencia a absorber humedad.

### El secado de materiales plásticos

La mayoría de los polímeros de ingeniería deben inyectarse con un nivel de humedad en el material por debajo de un valor máximo. La necesidad de realizar un presecado del material dependerá de los efectos que la presencia de agua provoque en el material virgen. Por supuesto, también afec-

|                                                                               | Síntomas en la inyección                                                                                                                | Síntomas visible en las piezas inyectadas                                                                       | Influencia sobre las propiedades mecánicas                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PA                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Babeo</li> <li>Formación de burbujas al purgar</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ráfagas en la dirección del flujo</li> <li>Aumento de rebabas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menor resistencia al impacto y la tracción</li> </ul>                  |
| PET<br>PBT                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Síntomas no perceptibles</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>N.B.: No son perceptibles marcas superficiales</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gran disminución de la resistencia al impacto y la tracción</li> </ul> |
| POM                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pueden formarse burbujas durante la purga</li> <li>Pueden formarse depósitos de molde</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pueden apreciarse ráfagas</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ninguna</li> </ul>                                                     |
| TEEE                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Síntomas no perceptibles</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ligera tendencia a formar rebabas</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menor resistencia al impacto y la tracción</li> </ul>                  |
| Cómo reconocer un contenido de humedad excesivo <small>Fuente: Dupont</small> |                                                                                                                                         |                                                                                                                 |                                                                                                               |

|                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| PA                                                                                | 0,2 %                                                                             | 80°C                                                                              | 2 - 4 h                                                                           | Necesario sólo si la granza ha estado expuesta a la atmósfera                     |
| PBT                                                                               | 0,05 %                                                                            | 120°C                                                                             | 3 - 4 h                                                                           | Siempre será necesario el secado (secador deshumidificador)                       |
| PET                                                                               | 0,02 %                                                                            | 130°C                                                                             | 3 - 4 h                                                                           | Siempre será necesario el secado (secador deshumidificador)                       |
| TEEE                                                                              | 0,1 %                                                                             | 80°C - 110°C                                                                      | 2 - 4 h                                                                           | La temperatura de secado dependerá de la dureza                                   |
| POM                                                                               | 0,05 %                                                                            | 80°C                                                                              | 1 h                                                                               | Sólo si se cree que ha habido condensación superficial                            |

**Recomendaciones de máximo contenido de humedad admisible, temperaturas de secado y tiempos de secado**

Fuente: DuPont

tará el contenido de humedad con que se suministre el material, el tipo de embalaje y el tiempo que el material haya estado almacenado. Por ejemplo, la poliamida se empaca por lo general en sacos con una capa, barrera de aluminio, de tal forma que pueda inyectarse directamente del saco. No obstante, muchos inyectadores de PA prefieren secar igualmente la resina, aun cuando el secado no es preciso si ésta se inyecta dentro de la hora siguiente a la apertura del saco.

Por otra parte, los materiales con base PET y PBT son mucho más críticos en lo que se refiere a la

humedad y es preciso realizar siempre un secado con el fin de que la resistencia al impacto de las piezas inyectadas no se vea afectada. Dichas resinas absorben humedad muy rápidamente después del secado, por lo que los inyectadores deberán prestar especial atención cuando se manipulen contenedores abiertos de PET y PBT, tanto durante el transporte de los mismos o en sistemas de alimentación de máquinas a distancia, así como en cuanto al tiempo de permanencia en la tolva. Por tanto, en circunstancias climáticas no favorables, el PET puede absorber suficiente humedad en 10 minutos como para sobrepasar el límite máximo admi-

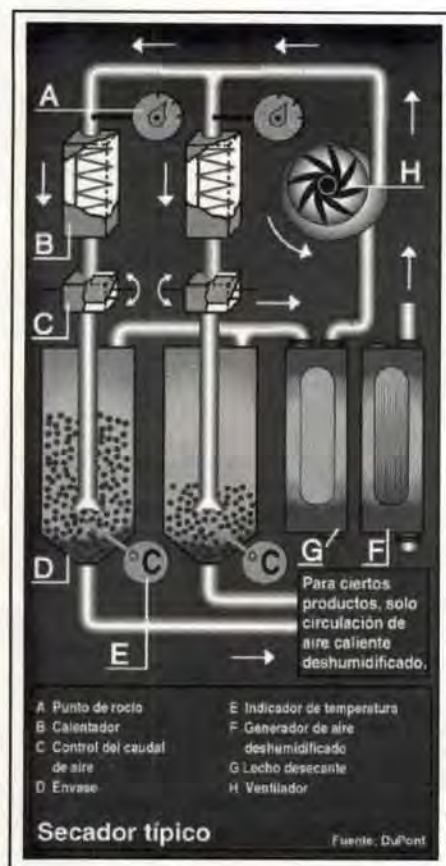
ble; el 0,02 por ciento, para la buena transformación del mismo. Un cuidado especial debe prestarse al secado de material recuperado o material virgen saturada de humedad (por ejemplo en el caso de sacos dejados abiertos). En estos casos, los tiempos de secado recomendados no suelen ser suficientes para alcanzar el nivel adecuado. Las poliamidas saturadas totalmente precisarán más de 12 horas para estar secas. El amarillamiento de la resina asociado a este proceso es prácticamente inevitable. Por tanto, será conveniente tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Almacenar las mazarotas y el material recuperado en contenedores cerrados
- Cerrar aquellos contenedores o sacos que hayan sido empleados de forma parcial
- Mantener cerrada la tolva todo el tiempo.

### ¿Cómo realizar el secado?

Es importante realizar correctamente el secado, si el objetivo es obtener piezas de gran calidad. No serán adecuados para el secado de poliéster los secadores que simplemente empleen aire caliente, en este caso deberán emplearse secadores que utilicen aire deshumidificado. Sólo estos últimos pueden aportar un secado regular y adecuado bajo cualquier condición climática exterior. Aparte de mantener una temperatura de secado adecuada, es importante asegurar que el punto de rocío del aire seco empleado se mantenga por debajo de 20 °C. Cuando se empleen instalaciones de contenedores múltiples con diferentes niveles de llenado y densidades de almacenamiento distintas, será necesario asegurarse que el aire suministrado a cada contenedor sea suficiente.





Posición de las muestras recomendada



Embalaje para las muestras de grana



Control manométrico



Método Karl-Fischer

Instrumentos de medida de humedad

## Medida del contenido de humedad

La humedad del material puede ser determinada empleando instrumentos de medida comerciales, por ejemplo con los métodos manométrico o Karl-Fischer. Para evitar fuentes de error, la muestra de material debe obtenerse de la parte inferior de la tolva, y debe sellarse en un embalaje adecuado para evitar el intercambio de agua con la atmósfera. Sobres especiales que integran capas de PE y aluminio que pueden sellarse con calor pueden servir para esta función, así como botellas de cristal de laboratorio que puedan sellarse herméticamente.

## 2. CANALES DE ALIMENTACIÓN MUY PEQUEÑOS

En la actualidad las piezas hechas

con polímeros de ingeniería se diseñan empleando complejos métodos de diseño asistido por ordenador, análisis de elementos finitos y cálculos de flujo en el molde. Aunque es irrefutable la utilidad de los mismos, en ocasiones no se presta suficiente atención a la importancia del diseño correcto de los canales de alimentación. Este artículo considera los elementos básicos para el diseño de sistemas de canales de alimentación adecuados para la inyección de polímeros semi-cristalinos. Estos elementos deben considerarse en combinación con la posición del punto de inyección y el tiempo de post-presión adecuados, que se tratarán en los siguientes capítulos de esta serie.

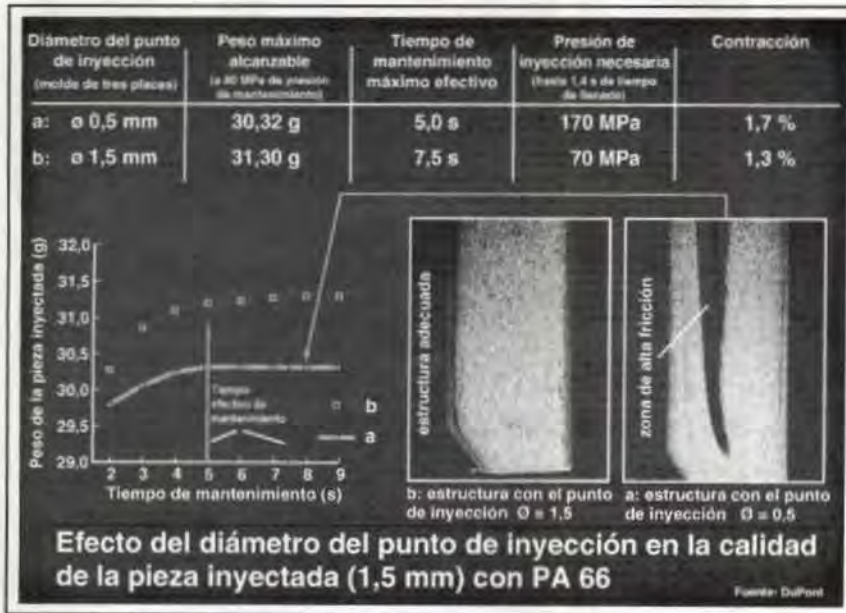
## Una característica diferenciadora de los polímeros semi-cristalinos

Los materiales termoplásticos semi-

cristalinos sufren una reducción de volumen al experimentar el cambio de estado de líquido a sólido (cristalino). Esta reducción de volumen, que puede alcanzar hasta el 14 por ciento, dependiendo del tipo de resina, debe compensarse durante la etapa de post-presión, mediante la introducción de masa fundida adicional en la cavidad del molde. Esto sólo podrá llevarse a cabo si la sección del punto de inyección es suficientemente grande como para asegurar la permanencia de una vena fluida de material durante la etapa de mantenimiento.

## Reconocimiento de resultados

Si los puntos de inyección son muy pequeños (ver ejemplo), la post-presión o segunda presión no será efectiva durante el tiempo seleccionado. En este caso, la reducción de volumen no podrá compensarse de forma adecuada, produciéndose la formación de poros internos y rechupes (en



especial en el caso de materiales no cargados), así como poros superficiales (si los materiales están cargados). Estos síntomas pueden observarse bajo el microscopio. La estabilidad dimensional de las piezas obtenidas variará de forma considerable, la contracción será mayor a la nominal y habrá una mayor tendencia a la aparición de alabeos y distorsiones.

Los poros tanto internos como superficiales afectarán de manera aleatoria a las propiedades mecánicas de la pieza ya que actúan

como entallas o grietas, reduciendo drásticamente la elongación en rotura y la resistencia al impacto. En el caso de materiales reforzados con fibra de vidrio, las fibras quedarán dañadas y con menor tamaño si el punto de inyección es demasiado pequeño; ello se traduce en una mayor debilidad de las piezas.

Presiones de inyección elevadas y tiempos de llenado largos pueden ser indicadores de que el punto de inyección es demasiado pequeño. Ello puede reconocerse, por ejemplo,

cuando al regular diferentes velocidades de inyección el efecto es muy pequeño sobre el tiempo efectivo de llenado.

Si el punto de inyección es muy pequeño, también pueden producirse defectos superficiales. Un rozamiento excesivo puede ocasionar la disociación de aditivos tales como modificadores del impacto, pigmentos, retardantes de llama y fibras. Puntos de inyección muy pequeños pueden producir el efecto serpiente o gusanillo, ocasionando marcas superficiales, zonas mates y apariencia de mármol, y la formación de una especie de aureola cerca del punto de inyección. Asimismo, habrá una mayor tendencia a la aparición de depósitos de molde cuando se empleen puntos de inyección pequeños.

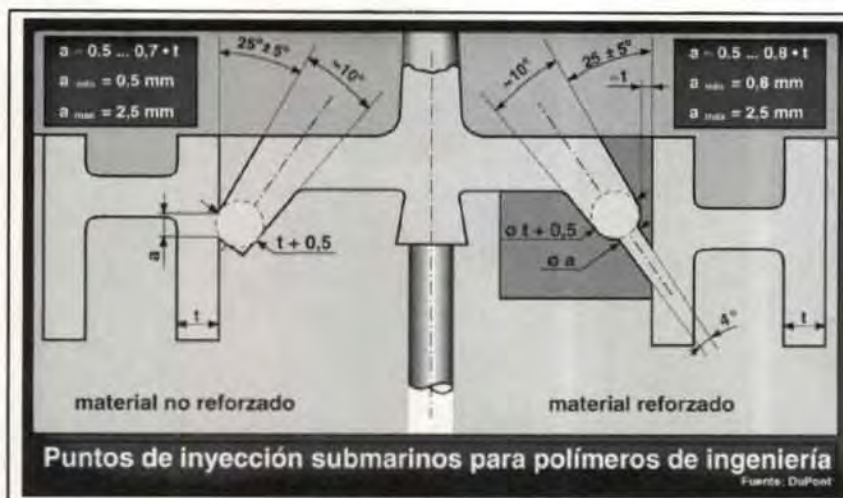
#### Diseño del sistema de canales

En el diseño de los canales de alimentación, el primer punto a tener en cuenta es el espesor de pared ( $t$ ) de la pieza inyectada (ver diagrama). De ninguna manera, el diámetro del canal deberá ser inferior al espesor de la pared indicada. Comenzando desde el punto de inyección, el diámetro de los canales en cada una de las ramas o divisiones deberá aumentar de tal forma que se mantenga un nivel de fricción equivalente durante todo el recorrido.

Para prevenir que la inevitable gota fría de la boquilla llegue a la cavidad, la mazarota debe extenderse por debajo del primer canal para poder recoger dicha gota fría. Este pozo frío deberá tener un diámetro no inferior al de la boquilla para asegurar la retención de la gota fría.

Cuando se inyecta material no cargado y parcialmente cristalino, la dimensión mínima del punto de inyección no debe ser inferior al 50





por ciento del espesor de pared de la pieza producida. Ello también es adecuado para materiales cargados. Para minimizar el riesgo de rotura de las fibras, considerando la mayor viscosidad de estos materiales cargados, la dimensión del punto de inyección deberá alcanzar hasta el 75 por ciento del espesor de pared de las piezas inyectadas.

La longitud del punto de inyección es en especial crítica. Esta debe de ser

menor a 1 mm en prevención de una solidificación prematura del punto de inyección. La temperatura del molde aumentará en el punto de inyección, de tal forma que la post-presión sea efectiva.

#### Resumiendo las reglas básicas:

- Considerar siempre un método que atrape la gota fría
- Hacer los canales de alimentación de un espesor mayor que el

espesor de pared de la pieza inyectada

- La dimensión del punto de inyección debe ser al menos el 50% del espesor de la pared de la pieza.

Estos principios tan solo consideran el comportamiento cristalino de los polímeros de ingeniería. Si se pretende estimar el comportamiento del llenado del molde, puede emplearse la información sobre la longitud de flujo de cada polímero y, si es preciso, deberá llevarse a cabo el cálculo de flujos. Es probable que existan ciertas aplicaciones donde, por diversas razones, el diseño del punto de inyección no sigue estas recomendaciones. En estos casos, por lo general se debe llegar a un compromiso entre la calidad de las piezas y su costo.

### 3. POSICIÓN INCORRECTA DEL PUNTO DE INYECCIÓN

La posición del punto de inyección es decisiva en la formación del frente de flujo y en la efectividad de la post-presión y, resulta importante para la resistencia y otras propiedades de la pieza inyectada.



Dado que la localización del punto de inyección viene determinada en muchas ocasiones por los diseñadores y los fabricantes de moldes, este artículo ha sido escrito pensando en especial en este colectivo. De cualquier forma, los inyectoristas deben de estar involucrados desde la etapa de diseño, para prevenir posibles problemas detectables de antemano.

### Posibles consecuencias negativas de una mala posición del punto de inyección

Las propiedades de una pieza fabricada con un polímero semi-cristalino de ingeniería, que de otro modo pudieran estar bien diseñadas, pueden quedar totalmente mermadas si el punto de inyección no está situado en la posición adecuada. Ello será evidente si se detectan los siguientes síntomas, los cuales son válidos tanto para materiales reforzados como sin carga: líneas de unión y aire atrapado, provocados por el frente de flujo, que influyen sobre el aspecto superficial de la pieza y, en especial, en las propiedades mecánicas en el caso de materiales cargados con fibra de vidrio. Variaciones de los parámetros de inyección no influirán sobre estas consideraciones.

Si el punto de inyección se sitúa en una pared delgada de la pieza, se

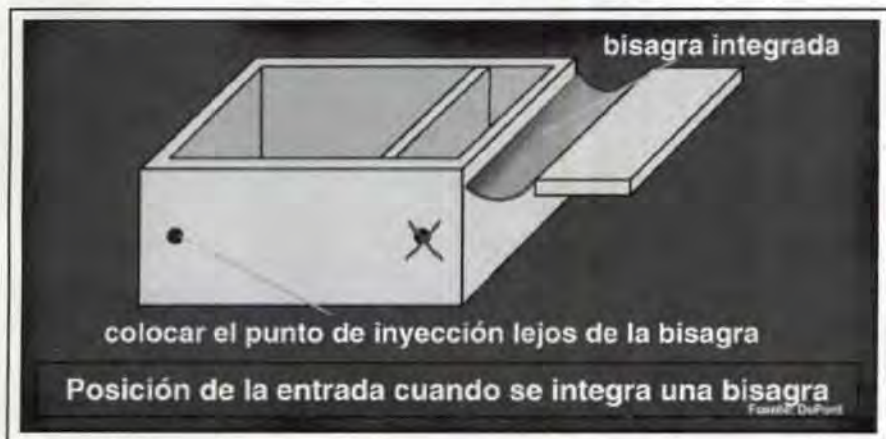
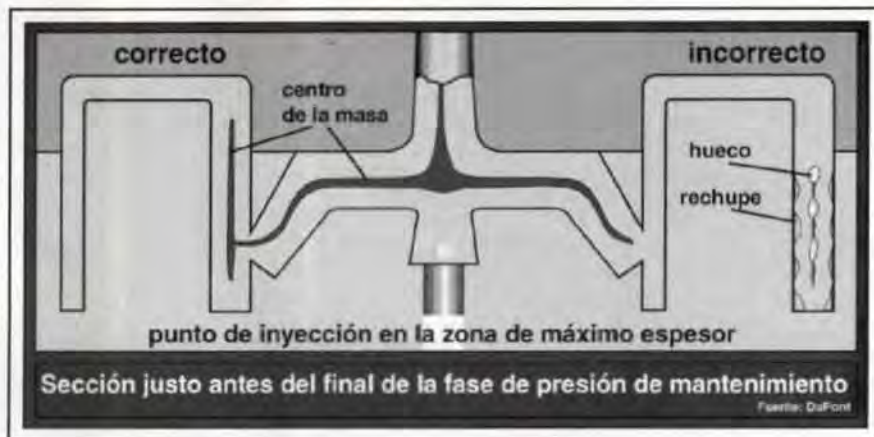
formarán rechupes y poros en las paredes gruesas de la misma, dado que el material cristaliza más rápido en las paredes delgadas (ver diagrama). Espesores gruesos, que precisan de un tiempo de post-presión mayor, no tendrán suficiente aportación de masa fundida. Aparte de los problemas ópticos y mecánicos, en dicha área se detectará una mayor contracción, que provocará distorsiones aún cuando se empleen materiales sin carga.

Si los puntos de inyección son pocos y dispuestos en forma incorrecta, la distancia a recorrer por el flujo puede ser demasiado larga y la presión de llenado demasiado alta. Por tanto, es posible que la fuerza de cierre empleada sea insuficiente o que el polímero empleado sea de baja viscosidad y cristalice muy

lentamente, provocando en cualquier caso la aparición de rebabas. Aún más, la 'ventana' de proceso se reduce de manera considerable, de tal forma que se hace imposible ajustar pequeñas tolerancias variando las condiciones de inyección.

### Recomendaciones para una localización óptima del punto de inyección

- Procurar siempre que el punto de inyección se encuentre en la zona de mayor espesor.
- El punto de inyección no debe estar cerca de zonas con acumulación de tensiones.
- En lo posible, las piezas de gran longitud deben inyectarse de manera longitudinal en lugar de transversal o desde el centro, sobre todo si se emplean materiales cargados.
- Si el molde es de 2 o más cavidades, las piezas deben inyectarse de forma simétrica respecto a la mazarota.
- Las piezas con geometría axial como piñones, discos, impulsores, etc., se inyectan mejor por el centro, empleando una entrada en forma de diafragma, o mediante entradas capilares empleando un molde de tres placas, de modo que puedan obtenerse propiedades



realmente buenas durante su utilización.

- Las piezas que integren zonas de flexión deben ser inyectadas de tal forma que se evite la formación de líneas de unión en dichos puntos. Se evitarán a toda costa las barreras al avance del flujo cercanas a dichas áreas.
- Las piezas en forma de tapa deben ser inyectadas cerca de su base, previniendo así la formación de aire atrapado.
- En el caso de piezas tubulares, el material deberá llenar primero la sección anular del extremo para pasar después a llenar la pieza en toda su longitud. Ello evitará la formación de un frente de flujo asimétrico.
- Cuando se inyecte sobre insertos, alrededor de orificios, insertos fundibles o cualquier otro tipo de insertos metálicos, el material fundido deberá poder fluir alrededor del inserto de forma circular, para prevenir la más mínima desalineación del inserto.
- Las superficies visibles que deban estar exentas de cualquier defecto visual, como marcas del punto de inyección pueden inyectarse por su cara opuesta, empleando una entrada submarina incidiendo sobre un expulsor incompleto.
- El punto de inyección debe disponerse de tal forma que se puedan evitar tanto como sea posible las zonas que frenen el avance del frente de flujo (piezas complicadas, moldes multicavidad con diferentes formas, etc.).

Como es obvio, con estas recomendaciones no es posible cubrir el amplio rango de aplicaciones. Siempre se deberán alcanzar compromisos

dependiendo de la complejidad de un proyecto en particular. De cualquier forma, las recomendaciones expuestas deberían tenerse en cuenta durante la etapa de planificación de un proyecto con tanta profundidad como sea posible. Las pruebas de simulación de moldes serán una

herramienta de ayuda incalculable en este tipo de situaciones.

#### 4. TIEMPO DE POST-PRESIÓN EXCESIVAMENTE CORTO

Muchos inyectadores en la práctica, a partir de su experiencia en la trans-



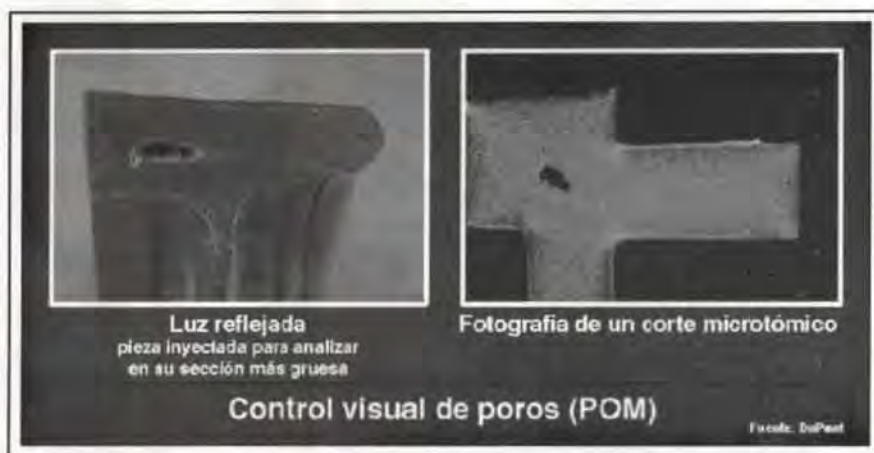
formación de materiales amorfos, tienden a utilizar tiempos de post-presión cortos y tiempos de enfriamiento largos. Desafortunadamente, se suele hacer lo mismo cuando se emplean polímeros semicristalinos tales como POM, PA, PBT, PET, etc. Este artículo trata sobre los puntos de mayor importancia para ayudar a los inyectadores a elegir el tiempo de post-presión más adecuado.

### ¿Qué pasa exactamente durante la etapa de post-presión?

Una vez llena la cavidad, las moléculas del polímero empiezan a cristalizarse, alineándose las cadenas moleculares entre sí, y resultando en una mayor densidad debido al empaquetamiento. Este proceso se inicia en las zonas exteriores y finaliza en el centro de la pared (ver diagramas). La contracción volumétrica provocada por este efecto puede llegar a ser hasta del 14%, como en el caso del POM, y debe ser compensada mediante la aportación de cantidades adicionales de masa fundida, la cual será introducida en el molde durante la etapa de post-presión. Si el tiempo de post-presión es demasiado corto, se formarán pequeños poros (microporosidad), los cuales pueden tener un gran cantidad de efectos adversos en las propiedades de la pieza.

### ¿Cómo determinar si el tiempo de post-presión es demasiado corto?

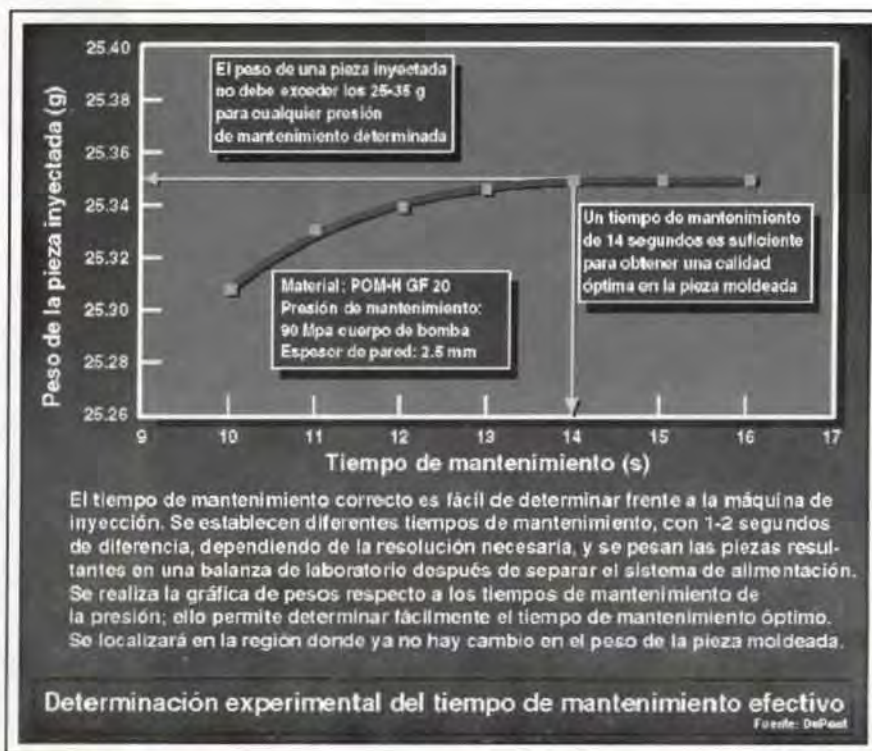
Las piezas inyectadas en estas condiciones acostumbran a presentar una contracción excesiva, alabeos, rechupes, poros y, en algunos casos, una gran pérdida de propiedades mecánicas. Además, pueden haber considerables variaciones dimensionales. En algunas ocasiones se intenta compensar estos defectos aumentando el tiempo de enfriamiento, aumentándose el tiempo de ciclo. Uno de los métodos para saber si el



tiempo de post-presión ajustado es incorrecto, para materiales no cargados, consiste en seccionar la pieza inyectada por el punto de mayor espesor. La superficie pulida del corte puede ser inspeccionada en busca de poros y agujeros ciegos. Una lupa de aumento o un microscopio empleando luz reflejada serán suficientes para formarse una primera opinión. Un método más elaborado consiste en la preparación de cortes microtómicos (ver diagrama). En estos últimos, aún

los defectos más pequeños se hacen visibles mediante el empleo de un microscopio de luz polarizada.

Con materiales cargados, los defectos sobre la superficie resultante se pueden observar fácilmente al romper una pieza por su espesor máximo. Si el tiempo de post-presión es demasiado corto aparecerá una estructura en forma de espuma, y una microfotografía aumentada mostrará fibras que no han sido envueltas por el



| Material                       | Tiempo de cristalización<br>por mm de espesor de pared |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------|
| POM - H                        | 7,5 - 8,5 $\frac{s}{mm}$                               |
| PA 66                          | 3,5 - 4,5 $\frac{s}{mm}$                               |
| PA 66 modificada<br>al impacto | 3,0 - 4,0 $\frac{s}{mm}$                               |
| PA 66 GF 30                    | 2,5 - 3,5 $\frac{s}{mm}$                               |
| PET GF 30                      | 3,0 - 4,0 $\frac{s}{mm}$                               |
| PBT                            | 3,5 - 4,5 $\frac{s}{mm}$                               |
| PBT GF 30                      | 2,5 - 3,5 $\frac{s}{mm}$                               |

Velocidad de cristalización para un  
espesor de pared de 3 mm Fuente: DuPont

polímero. Otro método consiste en la preparación de una microfotografía de una sección pulida, en la cual podrán detectarse agujeros ciegos mediante un microscopio.

El tiempo de post-presión efectivo puede determinarse mediante el pesado de un número determinado de inyectadas (ver descripción) durante la inyección. En la práctica éste es el mejor método para determinar el tiempo de post-presión adecuado para un molde determinado.

Una guía para determinar el tiempo de post-presión óptimo puede obtenerse mediante la comparación de valores actuales (ver tabla). Esto tan solo puede aplicarse para un determinado espesor y no puede aplicarse para otros factores tales como la temperatura, aditivos nucleantes y pigmentos, tiempos de llenado, etc. El tiempo de post-presión es directamente proporcional al espesor de pared de la pieza.

## Procedimiento de determinación correcto

Para la obtención de piezas de óptimas propiedades, el tiempo de post-presión debe determinarse por el método del pesado, y el tiempo de enfriamiento debe reducirse al mínimo necesario (el cual suele estar justo por encima del tiempo de plastificación). Ello presupone que el punto de inyección ha sido diseñado y situado correctamente (capítulos 2 y 3 de esta serie, Plastverarbeiter 46 [1995] 6 y 7). Es también importante mantener la presión constante durante el tiempo de post-presión. Las presiones adecuadas varían entre 60 y 100 MPa, dependiendo del material que se utilice.

## 5. TEMPERATURA DE MASA INADECUADA

Obtener una temperatura de masa correcta es vital para la calidad de las piezas producidas cuando se emplean polímeros técnicos semicristalinos. Como norma, el margen de tolerancias admitido para materiales amorfos es mucho más amplio. El inyector en su máquina influye directamente en la calidad del producto acabado. En el quinto capítulo de esta serie de diez, los autores consideran la problemática de la temperatura de masa cuando se emplean POM (acetato), PA (nylon), PBT y PET (poliésteres).

### ¿Qué sucede si la temperatura de la masa es inadecuada?

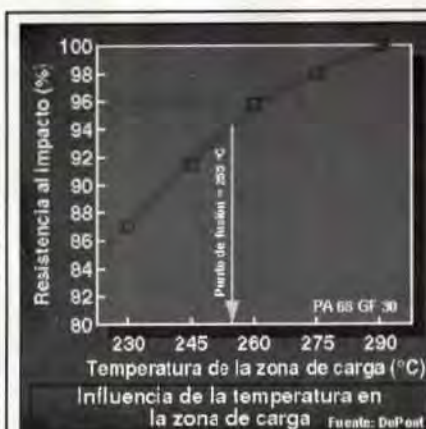
La temperatura de la masa puede ser muy alta o demasiado baja, lo que en ambos casos es incorrecto. Además, la distribución de temperaturas en toda la masa de polímero será también un factor a tener en cuenta.

Temperaturas demasiado altas degradan el polímero, y por tanto, destruyen las cadenas moleculares. Otra consecuencia será la posible descomposición de aditivos.



tales como pigmentos, modificadores de impacto, etc. Como resultado, se obtendrán pobres propiedades mecánicas (como resultado de la disminución de las cadenas moleculares), defectos superficiales (provocados por la descomposición de los productos) y olores desagradables.

Cuando las temperaturas son demasiado bajas, no se consigue obtener una estructura lo suficientemente homogénea. Ello reduce drásticamente la resistencia al impacto y resultará en la mayoría de los casos en una considerable variación de las propiedades físicas. Aparte de la temperatura de la masa, el tiempo de residencia del polímero en la unidad de inyección tiene a su vez un papel muy importante. La experiencia indica que tiempos de residencia de dos a nueve minutos son normales. Si el tiempo de residencia es superior, en ciertas circunstancias puede llegar a producirse una descomposición térmica, aún cuando la temperatura de la masa sea la correcta. Si el tiempo de residencia es demasiado corto, la masa no alcanza a homogeneizarse por completo.



| Material     | Punto de fusión | Temperatura de masa recomendada |
|--------------|-----------------|---------------------------------|
| POM - H      | 175 °C          | 215 ± 5 °C                      |
| PA 66        | 255 °C          | 290 ± 10 °C                     |
| PA 66 30% FV | 255 °C          | 295 ± 10 °C                     |
| PA 6         | 225 °C          | 250 ± 10 °C                     |
| PA 6 30% FV  | 225 °C          | 270 ± 10 °C                     |
| PBT          | 225 °C          | 250 ± 10 °C                     |
| PBT 30% FV   | 225 °C          | 250 ± 10 °C                     |
| PET 30% FV   | 255 °C          | 285 ± 5 °C                      |

#### Temperaturas de proceso

Fuente: DuPont

#### ¿Cuáles son las señales que indican una temperatura de masa inadecuada?

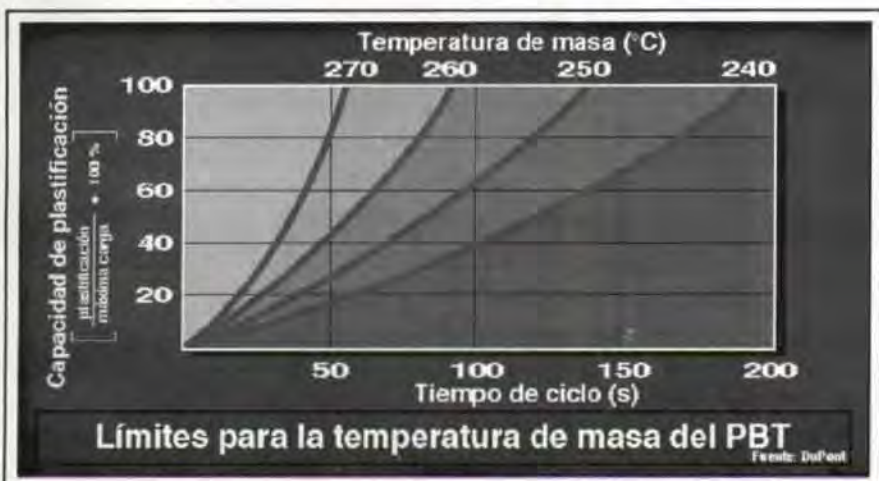
En el caso del POM, un exceso de temperatura genera subproductos de la descomposición que provocan burbujas en la masa. Ello se observará claramente en la masa al purgar la máquina. Otros síntomas serán el aumento de los depósitos de molde y un olor desagradable. De todas formas, las propiedades físicas del POM homopolímero quedan muy poco afectadas por un exceso de temperatura.

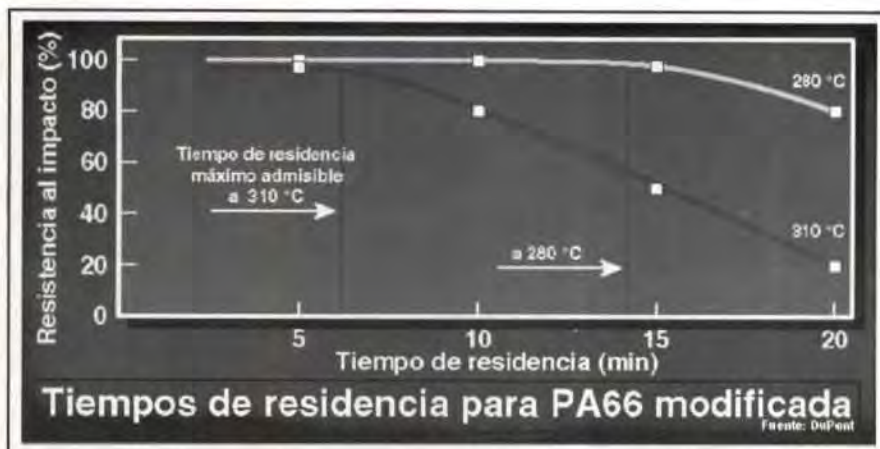
La PA se decolora bajo condiciones extremas, incluso cuando el sobrecalentamiento se produce como

resultado del empleo de altas temperaturas en las boquillas. Se observará una reducción de las propiedades mecánicas en todos los tipos de PA que hayan sido sometidos a una descomposición térmica. En el laboratorio, se puede establecer el grado de descomposición térmica mediante el análisis de la viscosidad relativa, pero por norma los inyectadores no están en la posición de emplear este método.

El PBT y el PET reaccionan de manera más radical a un sobrecalentamiento, produciéndose una reducción de su flexibilidad. Durante el proceso será muy difícil detectar algún defecto. Si no se emplea algún tipo de control de calidad adecuado, la degradación tan solo se hará patente durante el montaje, o durante el uso de la pieza. Una decoloración indica un nivel elevado de degradación. En la práctica, se emplean pruebas de impacto sobre una muestra aleatoria donde se pone a prueba la flexibilidad de la pieza. El análisis de la viscosidad de la pieza inyectada es muy lento y caro en la práctica.

En el caso del PBT o la PA, si al purgar se observan infundidos, es señal de una temperatura de masa demasiado baja, o una carga demasiado grande.





### Una temperatura de masa adecuada

La documentación técnica sobre polímeros técnicos indica el rango óptimo de temperaturas para cada uno de ellos. Por lo general, las temperaturas fijadas para las bandas calefactoras del cilindro no son una indicación de la temperatura de masa porque además del aumento de ésta debido a las bandas calefactoras, la fricción generada por el husillo también produce calor. La cantidad de calor que se genera por esta vía depende de la geometría del husillo, las rpm, así como de la contrapresión.

Las siguientes recomendaciones pueden resultar de utilidad para obtener una lectura correcta de la temperatura:

- Emplear una sonda con un diámetro inferior a 1,5 mm (comportamiento de la respuesta)
- Precalentar la sonda
- Recoger la masa en un recipiente aislado térmicamente
- Agitar mientras se realiza la medición.

Cuando se mida la temperatura inicial o no existan valores conocidos sobre los que guiarse, se debe seleccionar un perfil de temperaturas que en la zona de carga esté 10 o 15 °C por encima del punto de fusión y unos 5 a 10 °C por debajo de la temperatura de masa en la zona de plastificación. La temperatura puede terminar ajustándose a partir de la mediciones sobre la masa. En el

caso de tiempos de residencia muy largos y pequeñas cargas, usualmente se recomiendan perfiles ascendentes. Para tiempos de residencia cortos y grandes cargas suelen emplearse perfiles planos. Nunca se debe fijar la temperatura de una zona por debajo del punto de fusión del polímero.

En próximas ediciones se concluirá esta información.

Para mayores detalles sobre los productos DUPONT; y asistencia técnica en Colombia y Venezuela se pueden contactar con la señora: **Ana María Perdomo**, representante de DuPont en Colombia.

E-Mail: Ana-Maria.Perdomo@col.dupont.com  
Teléfono: (1) 6292202  
Santafé de Bogotá, Colombia

### GLOSARIO

Presión de mantenimiento = Post-presión

### BIBLIOGRAFÍA

Información tomada de Internet de: [www.dupont.com/enggpolymer/europe/techlit/topten/index\\_Es.html](http://www.dupont.com/enggpolymer/europe/techlit/topten/index_Es.html)

NÚÑEZ, F.; POPPE, E. A.; LEIDIG, Karl; SCHIRMER, Karl. -- Plásticos de ingeniería: Los «diez principales» problemas de inyección

