

MOLDEO POR INYECCIÓN: Control del proceso

BAYER AG - Redacción Técnica
Departamento de Marketing

Por "control del proceso" se entiende en este trabajo el conjunto de operaciones que hacen técnica y económicamente posible el moldeo por inyección de plásticos. Comienza con la preparación de una producción e incluye tanto el ajuste y la optimización de los parámetros de la máquina, el arranque de la producción y su constante supervisión. Todo control de proceso tiene dos propósitos:

1. Lograr un producto que cumpla con los requisitos de calidad, tales como son: la estabilidad dimensional, la ausencia de deformación, la calidad de las superficies, lo cual exige un cuidadoso examen de estos requerimientos.
2. Lograr una producción económica. Las medidas que contribuyen a la rentabilidad de una producción son por ejemplo: reducir el tiempo del ciclo, minimizar el número de piezas defectuosas, reducir el tiempo de arranque y liberar el personal de tareas no pertinentes.

Ajuste de la máquina (optimización)

Las propiedades de la pieza inyectada dependen del material, de las

condiciones de transformación y del estado del molde. Debemos distinguir entre los parámetros "primarios" del proceso, que influyen de manera directa en las propiedades del producto terminado, y los "secundarios", que sólo lo afectan en forma indirecta. Los efectos directos sobre la "calidad" de una pieza están determinados por la magnitud y el perfil de presiones,

las temperaturas y las velocidades del frente de flujo en el molde. Todos los demás factores influyen en su conformación de manera indirecta.

Es posible relacionar determinadas características de calidad con diferentes fases del proceso de transformación, lo que da gran importancia al ajuste correcto de la inyectora y a su

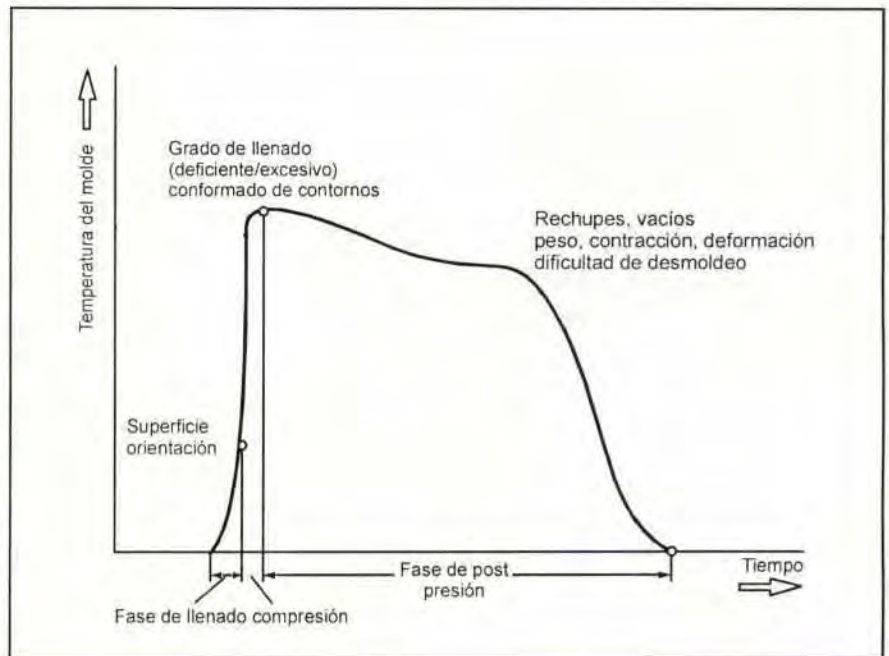


Figura 1. Influencias en las características de calidad de una pieza relacionadas con diferentes fases del proceso

reproducibilidad. A continuación se examina algunos criterios esenciales para un ajuste óptimo de la máquina.

Presión de inyección

La presión de inyección, debe ser lo suficientemente alta para garantizar una velocidad de inyección constante durante toda la fase de llenado. La presión requerida para llenar el molde depende de la resistencia al flujo que presenten la boquilla, el bebedero y la cavidad del molde. Si la presión de inyección es insuficiente, disminuye la velocidad del pistón en la fase de llenado. En tal caso, la inyección ya no es controlada por la máquina, sino por la resistencia al flujo del molde y la viscosidad de la masa. En la medida que estos parámetros cambian, se generan variaciones en el tiempo del ciclo y en la calidad de la producción. Para "limitar" la presión de inyección, se debe comenzar con valores bajos, aumentándolos en forma gradual hasta llegar a una presión de un 20 % por encima de la presión de llenado. El cambio a postpresión debe ser controlado paralelamente al cambio de la presión de inyección, de tal manera que se impida la generación de presiones excesivas en el molde.

Velocidad de inyección

Por "velocidad de inyección" se entiende aquí la velocidad de avance del tornillo durante la fase de inyección. El límite inferior de esta velocidad está definido por la solidificación de la pieza o del bebedero antes de concluir la fase de llenado, y como límite superior por la degradación del material debido al cizallado o un rendimiento deficiente de inyección de la máquina. Como ya se mencionó, es recomendable mantener la velocidad de inyección constante e independiente de la resistencia al llenado. Las inyectoras que poseen una válvula reguladora de flujo garantizan esta velocidad constante, mientras la presión de llenado $p_{llenado}$ sea inferior a la presión máxima seleccionada p_{limite} (figuras 2 y 3). En términos generales, debe seleccionarse la máxima velocidad de inyección posible. Cuando en estas condiciones la presión de llenado excede un valor límite de la inyectora, hay que contar con influencias de la viscosidad que, en ocasiones, pueden afectar la calidad de la pieza (estabilidad dimensional y superficie). En estos casos es razonable reducir la velocidad de inyección

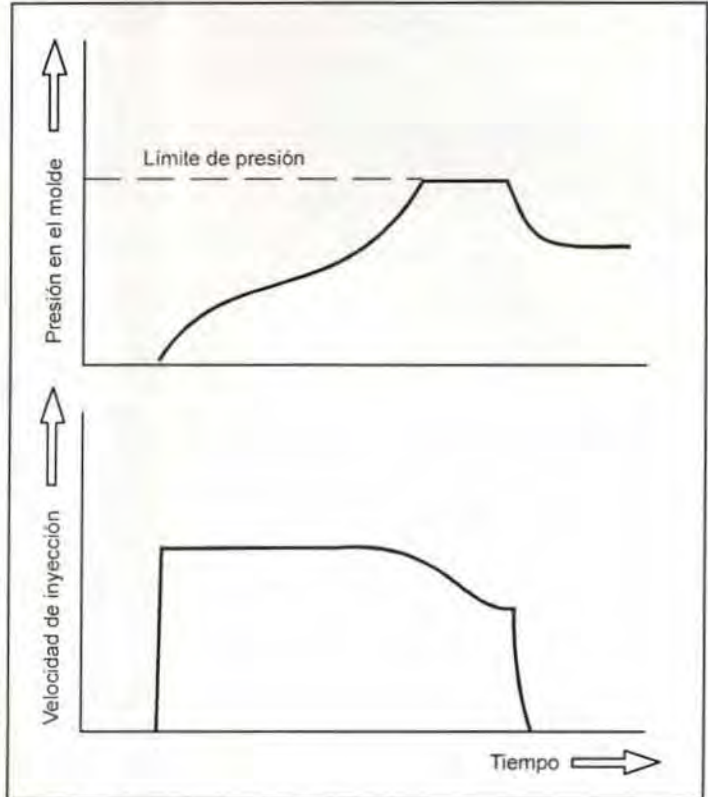


Figura 2. Relación entre límite de presión y velocidad constante de inyección

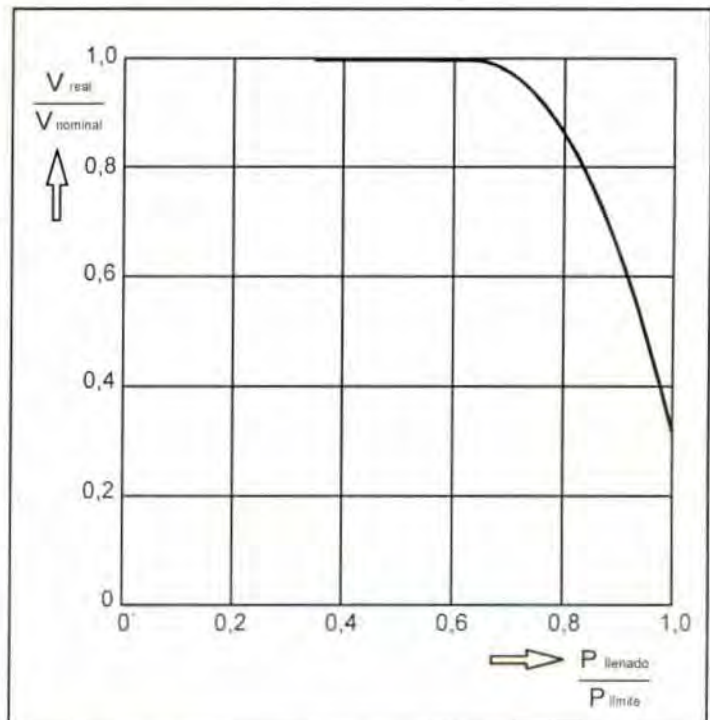


Figura 3. Representación normalizada de la velocidad de inyección en función de la presión

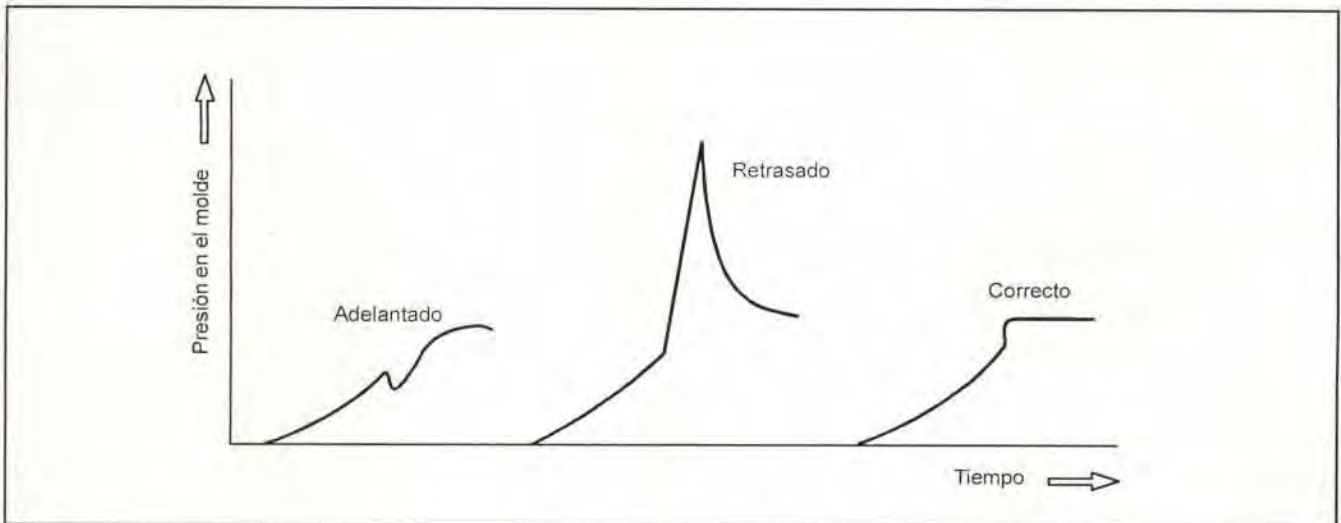


Figura 4. Cambio de presión de inyección a postpresión (medición cerca del bebedero)

para asegurar su constancia a lo largo del proceso.

Cambio de presión de inyección a postpresión

Para establecer el tipo de conmutación a postpresión, puede elegirse por lo general entre varias posibilidades: en función de la carrera del tornillo, en función del tiempo de inyección, en función de la presión del molde o de la presión hidráulica. Se obtiene un resultado impecable con cualquiera de ellos. Sin embargo, cuando la velocidad de inyección no es constante, la conmutación en función del tiempo produce variaciones de presión en la fase de compresión. Tampoco es adecuada la conmutación en función del tiempo o de la carrera, cuando se presentan fallas de dosificación o un funcionamiento irregular de la válvula de retorno. Como estas fallas ocurren con cierta frecuencia, se recomienda, especialmente para la inyección de precisión, el uso de una conmutación con base en la presión. El cambio a postpresión en función de la presión del molde también es ventajoso, porque permite la visualización gráfica de la presión y con ello un óptimo ajuste de la máquina.

El momento del cambio a postpresión, y con ello la presión máxima, debe ser controlado cuidadosamente. Por experiencia, es aquí, y en particular en el reajuste del molde, donde se comete el mayor número de errores.

Postpresión

Debe elegirse la postpresión precisa para cada caso que evite rechupes,

poros y deformación o contracción irregular en la pieza moldeada. Sin embargo, hay que recordar que presiones muy elevadas pueden causar tensiones internas cerca del bebedero y dificultar el desmoldeo.

Fuerza de cierre

La presión de compresión y la postpresión generan una presión de



Figura 5. Aumento del peso al reducirse la fuerza de cierre

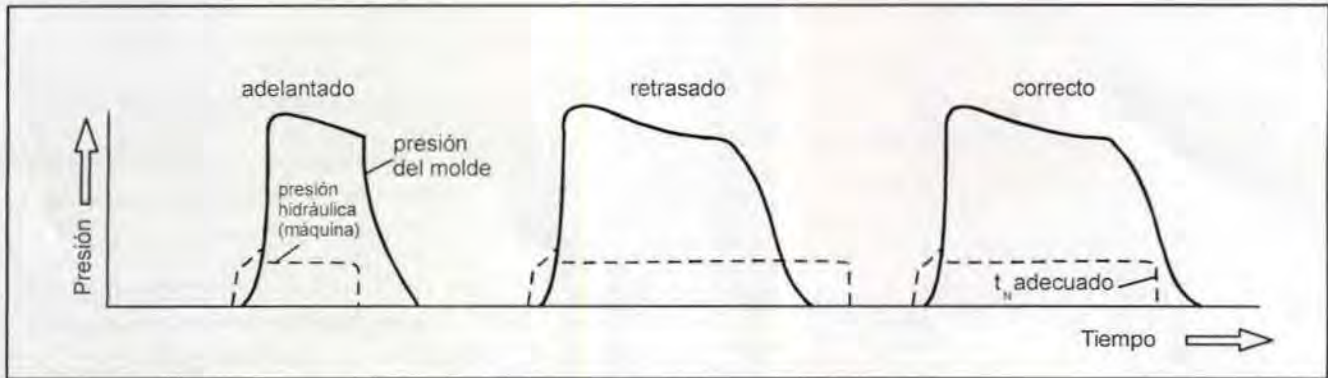


Figura 6. Perfil de presión en el molde con diferentes tiempos de postpresión

expansión en el molde, cuya fuerza es igual al producto entre la presión de expansión y el área proyectada. Para evitar que el molde se abra, se necesita una fuerza de cierre que, como mínimo, equipare la fuerza de expansión. Así resulta en cada ajuste de máquina la fuerza de cierre necesaria para mantener el molde cerrado. Al aumentar la fuerza de cierre por encima de lo necesario, se observa en primer lugar reducciones de peso en piezas planas. Paralelamente se reducen las medidas, afectadas por la respiración del molde en la línea de separación. Por eso la selección de la fuerza de cierre debe estar en un rango que no altere (adicionalmente) el peso o las medidas de la pieza moldeada.

Tiempo de postpresión

El tiempo de postpresión debe garantizar que su final coincida con el momento de solidificación de la pieza, lo cual se puede controlar, fabricando piezas con crecientes tiempos de postpresión y pesándolas. Si a partir de determinado tiempo de postpresión, el peso de la pieza permanece constante significa que se ha alcanzado el punto de solidificación y cualquier tiempo de postpresión adicional es inútil. El momento de solidificación también se puede estimar, de una manera muy sencilla,

con base en el perfil de presión del molde. Si al terminar el tiempo de postpresión, el bebedero aun no solidificado, se produce una caída de presión en el molde. (Figura 6).

Tiempo de enfriamiento

El tiempo de enfriamiento no comprende sólo el tiempo entre el final de la postpresión y el desmoldeo de la pieza, como los parámetros de algunas máquinas podrían sugerir, sino el intervalo (de tiempo) entre el comienzo de la postpresión y la apertura del molde. Su duración aproximada puede determinarse con ayuda del nomograma de la figura 7. Otra posibilidad de estimarla consiste en reducir gradualmente el tiempo de enfriamiento hasta que ya no se perciban huellas de expulsores o deformaciones en la pieza moldeada.

El tiempo de enfriamiento determina en forma decisiva el tiempo del ciclo, y con ello la rentabilidad de la producción. Hasta donde lo permitan la superficie de la pieza o los factores de contracción, debe usarse la temperatura del molde más baja posible. Valores de orientación se encuentran en folletos sobre termoplásticos ("Verarbeitungsdaten für den Spritzgiesser").

Arranque de la producción y control del proceso

Una vez optimizados los parámetros de la máquina, se debe elaborar un registro exacto de ellos. Este registro facilita considerablemente un nuevo ajuste de la máquina, por ejemplo después de cambiar el molde. En inyectoras, con selección digital de los parámetros del proceso, permite reproducir la preparación de la máquina con especial rapidez y precisión

El proceso de fabricación debe ser en lo posible automático. Si el desmoldeo es manual, debe calcularse en caso de mayores exigencias, por ejemplo, a la estabilidad dimensional de la pieza un tiempo suficiente de pausa para el retiro de la pieza, que permita tiempos de ciclo constantes, también en operaciones semi-automáticas.

Por experiencia, la obtención rápida de condiciones estables de producción y con ello de piezas de calidad constante, depende de un perfecto equilibrio entre varias temperaturas: la del aceite hidráulico, la de la masa plástica y la del molde.

Temperatura del aceite hidráulico

Al poner en marcha una producción con máquina fría, la temperatura del molde cambiará en forma gradual

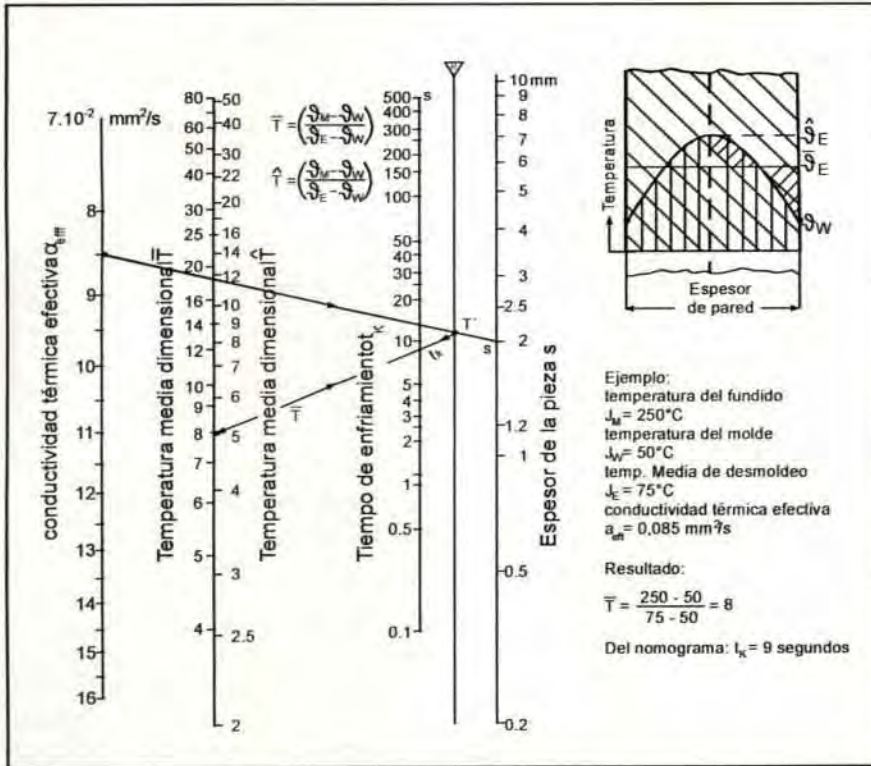


Figura 7. Nomograma para determinar el tiempo de enfriamiento en la inyección de termoplásticos (fuente: IKV Aachen)

hasta que la inyectora alcance la temperatura de funcionamiento, básicamente debido a los cambios en el comportamiento de transferencia de la presión, producidos por las variaciones en la viscosidad del aceite. Por eso, se recomienda precalentar el aceite hidráulico. Cuando se producen piezas con elevadas exigencias de calidad, la temperatura del aceite debe mantenerse constante, con una variación máxima de $\pm 2^\circ\text{C}$.

Temperatura de la masa

Otra condición esencial para una producción sin fallas es una temperatura constante de la masa. Según el tipo de regulador que se use, pueden presentarse respuestas transitorias que, durante algún tiempo, pueden producir piezas defectuosas. Dependiendo de la temperatura, también puede resultar necesario que se verifiquen y se corrijan las variaciones de regulación que se presenten en diferentes zonas del

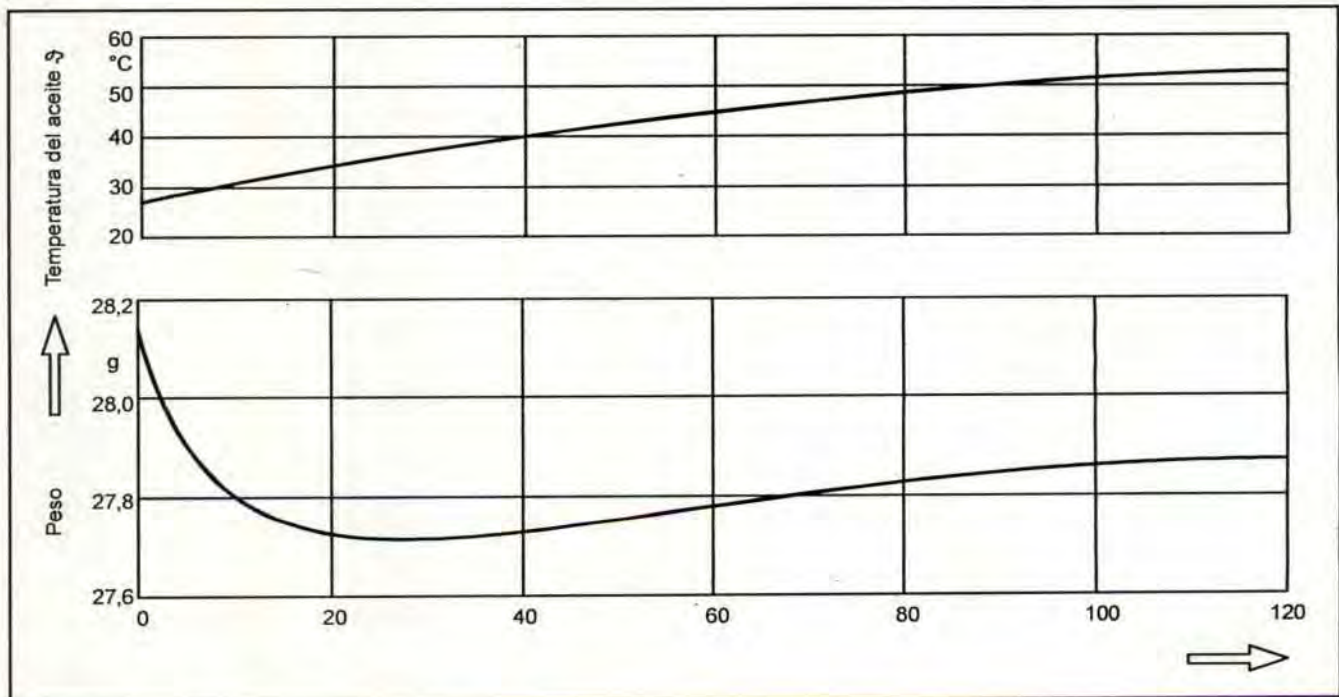


Figura 8. Perfil de arranque con máquina fría

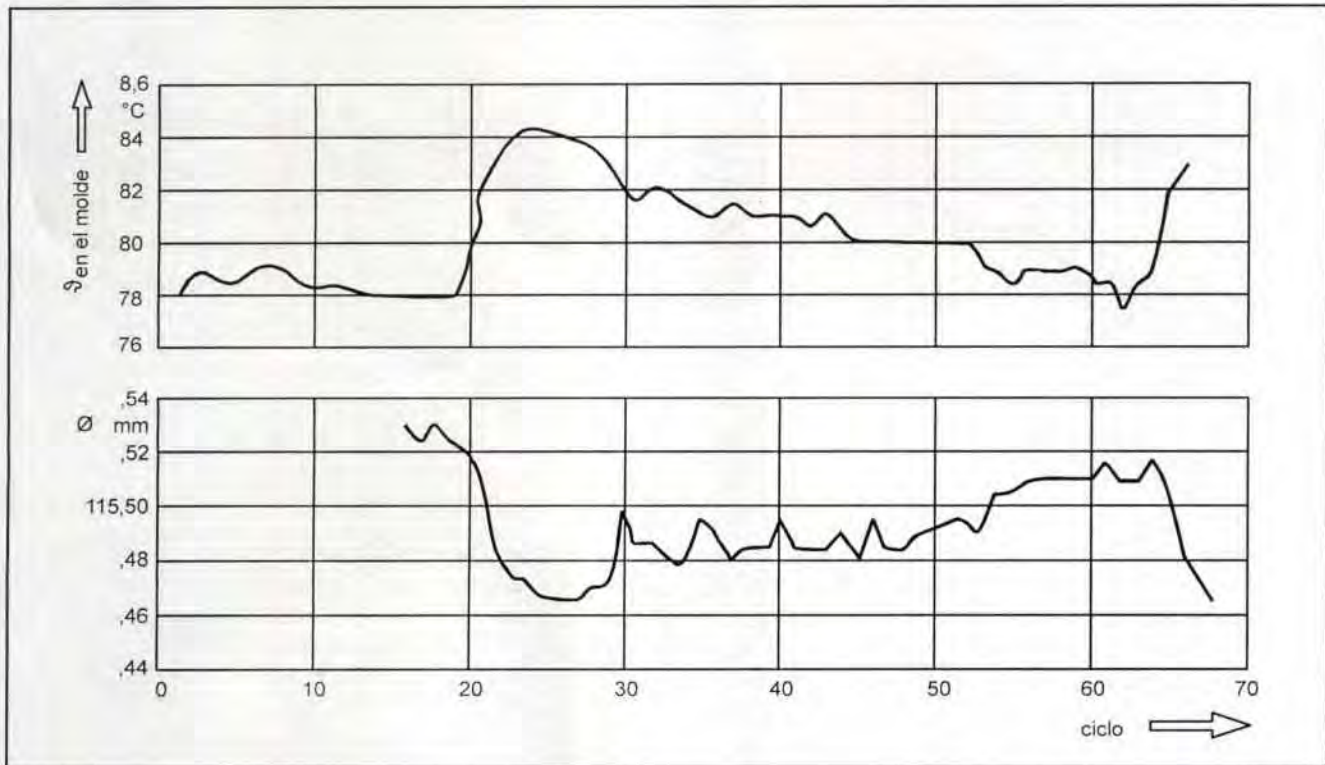


Figura 9. Variaciones en la temperatura de la masa durante el arranque de una producción

cilindro, especialmente en el área de la boquilla. Para ello es preferible utilizar un regulador con comportamiento PDPI.

Temperatura del molde

La temperatura del molde influye directamente en la estabilidad dimensional de una pieza moldeada. Como no existe un parámetro sustituto en el proceso que podría compensar la influencia de las variaciones de la temperatura del molde, mantenerla constante es una medida esencial para lograr una producción exitosa. El origen más frecuente de variaciones de temperatura en las paredes del molde, se debe a fallas en los equipos de atemperado y errores de concepción. Los errores en estas áreas pueden ser la causa única de no conformidad, lo que impide cumplir las exigencias

concertadas y con la reproducibilidad de los criterios de calidad.

Control de la producción

Después de optimizar los parámetros del proceso y poner en marcha la inyectora, se plantea la pregunta, de cuál forma y con cuáles equipos se realizaría un control adecuado de la producción. En muchos casos, se intentará controlar la producción tomando muestras al azar, y midiendo uno o varios criterios de calidad en la pieza terminada. Con frecuencia, se controla también el peso de la pieza, con la idea no totalmente cierta, que un peso constante indica la constancia de las demás propiedades. Además, el control de la pieza terminada, es un procedimiento dispendioso y caro, y la información que suministra llega tarde para poder corregir el proceso de inyección a

tiempo, y después de producir gran número de piezas rechazadas. Obviamente es más fructuoso realizar el control de calidad en la máquina. Este tipo de control, comprende todas las técnicas de medición para determinar las condiciones del proceso. Su concepto fundamental es que la calidad una vez obtenida y aprobada, se pueda reproducir todo el tiempo y todas las veces que las condiciones de trabajo sean idénticas. Los parámetros decisivos, son aquellos que influyen directamente en el proceso de conformado en el molde: velocidad de inyección, perfil de presión en el molde, temperatura de la masa y en las paredes del molde. Tal vez no siempre sea posible y necesario controlar todos estos parámetros. En la mayoría de los casos será suficiente observar aquellos parámetros que tienden a variar, y eventualmente relacionar estas variaciones con determinadas

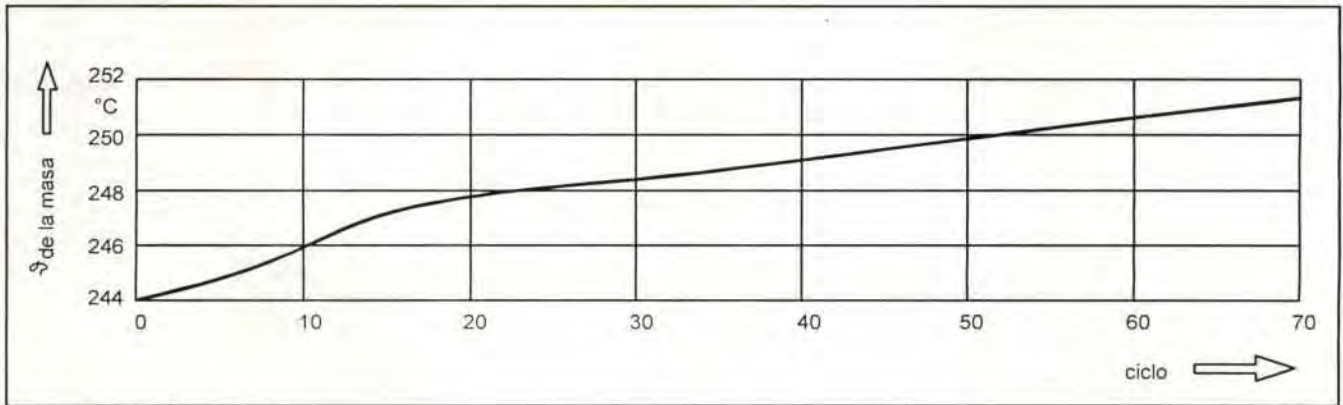


Figura 10. Efectos de una variación en la temperatura del molde sobre la estabilidad dimensional, generados por el equipo de atemperado.

divergencias de la calidad exigida. Una vez que se conozca tal relación, es posible vigilar el parámetro con un sensor o conmutador de medida. Por lo general, un control mediante sensor de medición, es más útil que la medición del peso, porque informa más rápido sobre anomalías que pueden generar piezas defectuosas.

Además, las inyectoras modernas poseen una serie de funciones de control que permiten al transformador de plásticos, supervisar el proceso de producción. La escala de funciones va desde el control de valores límite, pasando por la elaboración de fichas

de proceso, hasta la integración de la máquina individual en un sistema global de control de calidad. La solución que más se ajusta a la necesidad de cada taller, depende naturalmente de sus condiciones específicas.

Se recuerda aquí, que con los sistemas comerciales de recolección y análisis de datos también se puede realizar una exigente vigilancia de la calidad.- incluso en inyectoras de modelo más antiguo. Las muy diversas exigencias de calidad que las piezas moldeadas por inyección deben cumplir, demandarán también en un

futuro controles minuciosos y eficaces que se ajusten a las necesidades particulares de cada proceso de fabricación.

Traducción realizada para el Informador Técnico por la señora Ilse Koenig de Laverde - Instructora CDT ASTIN

Tomado de:

BAYER Leverkusen; Prozessführung beim Spritzgiessen = El control del proceso en el moldeo por inyección; ATI 253 (30.10.1992); 7 p. il.

