

MOLDEO POR INYECCION CON GAS - UNA TECNOLOGIA DEL FUTURO

50436

Por: Norbert Schloer
SKZ: Centro Sur - Alemán del Plástico (Wuerzburg)

Traducido por: Ilse Koenig
Instructora: CCA - ASTIN

Procedimiento con presión interna de gas

Introducción

Junto con el proceso TSG - contrapresión de gas - y el moldeo con multicomponentes, la inyección con presión interna de gas (GID) cuenta entre las tecnologías especiales de inyección para la fabricación de piezas moldeadas de paredes gruesas.

Las piezas pueden ser de paredes gruesas en su totalidad (cuerpos tubulares como manijas o apoyabrazos) o de paredes delgadas con algunas partes gruesas (nervios de refuerzos) por ejemplo en revestimientos, cubiertas o espejos para automóviles.

El proceso GID ofrece una serie de ventajas, que se resumen en la siguiente tabla comparativa:

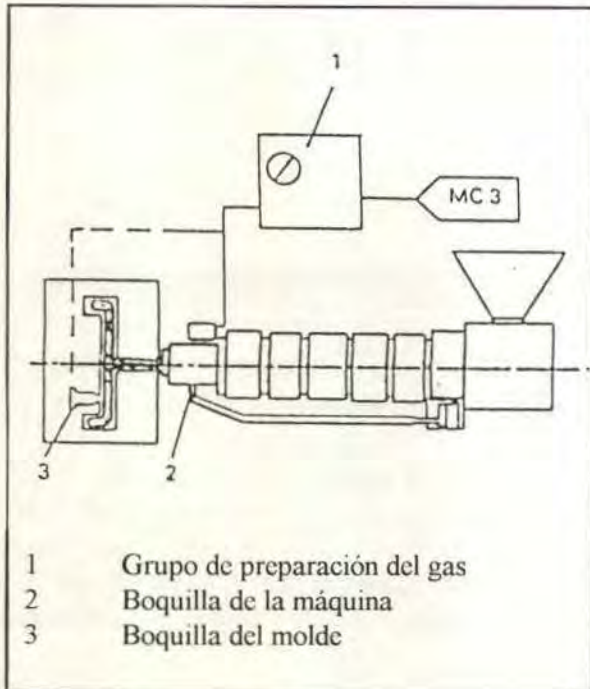
La situación de la patente, no aclarada hasta hace poco, detuvo a muchos transformadores del plástico de aplicar el proceso GID en la producción. Otro motivo de cierta reserva por parte de posibles usuarios fue una tecnología de planta y maquinaria aún muy cruda.

Hoy en día, la firma Krauss-Maffei suministra plantas GID de producción segura, que garantizan una calidad uniforme. La situación de la patente se arregló mediante un contrato básico con Cinpress.

Los componentes de una planta GID

La gráfica No. 1 muestra los componentes necesarios de una unidad de moldeo con presión de gas:

Ventaja	Piezas de paredes gruesas	Piezas de paredes delgadas
Ahorro de material	xx	x
Prevención de rechupes	x	xx
Aumento de estabilidad	xx	x
Reducción de las tensiones residuales	x	xx
Reducción de las deformaciones	x	x
Reducción de la fuerza de cierre	x	xx
Bajos costos del molde	xx	x
xx = ventaja grande; x = ventaja no tan grande		



Gráfica 1: Componentes de una planta

Además de la máquina inyectora con mando especial para el proceso GID con mando especial para el proceso GID, se necesitan boquillas especiales, distinguiéndose entre boquillas de la máquina y boquillas del molde, y un grupo para la preparación del gas.

La firma Krauss-Maffei ofrece las siguientes componentes:

Unidad para la preparación del gas con:

- Presión máx. de 200 bar con un volumen de gas de 2,41
- Presión máx. de 400 bar con un volumen de gas de 1,21

Mando GID especial:

- Integrado en el mando de la máquina MC3 (interno GID)
- Mando del grupo de preparación del gas con armario de distribución separado (autónomo)

Boquillas GID:

- Boquillas de la máquina en dos tamaños, según la unidad de plastificación
- Boquillas del molde

- a. Con cierre mecánico
- b. Boquilla de filtro

Desarrollo del proceso

a. Proceso GID estándar

Al lado del método GID estándar, existen varios procedimientos especiales. En el proceso GID estándar, se llena la cavidad sólo parcialmente con el plástico fundido introduciéndose gas para el llenado completo.

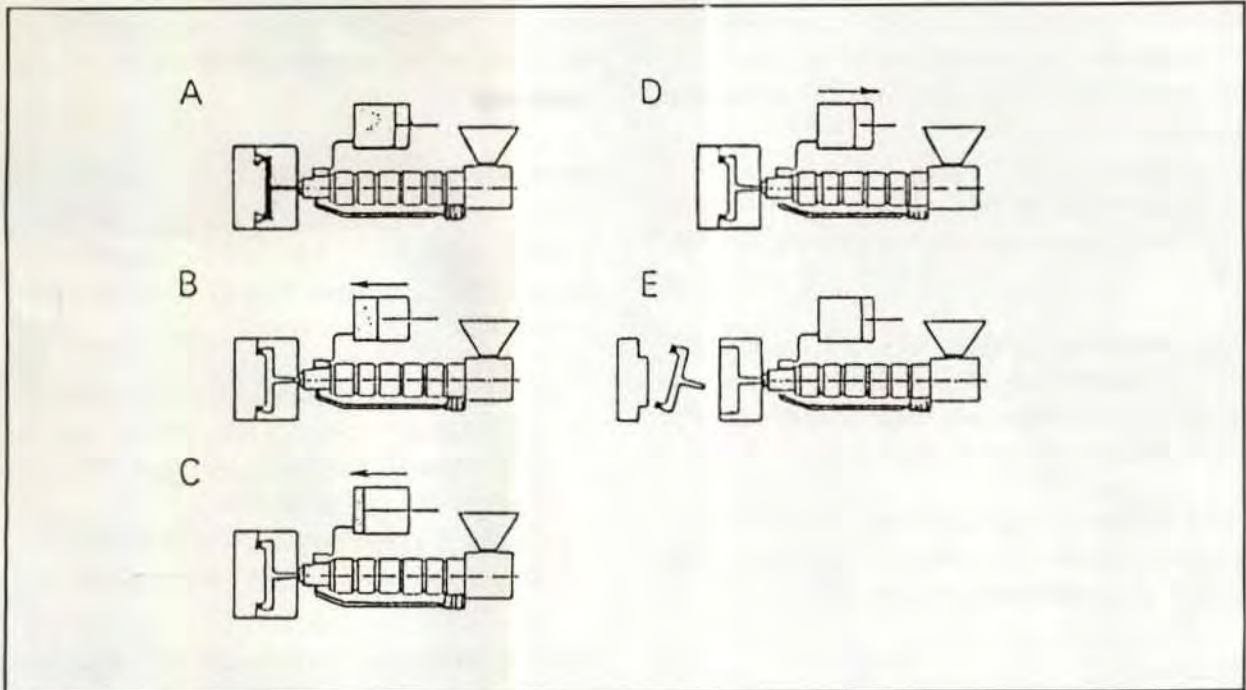
El proceso de inyección con presión de gas puede dividirse por lo tanto en las siguientes fases:

- A. Inyección
- B. Admisión del gas
- C. Presión posterior del gas
- D. Retorno del gas/descarga de la presión
- E. Desmoldeo

En la primera fase, la cavidad es llenada parcialmente por una cantidad exacta de masa fundida. El volumen necesario debe calcularse previamente con base en estudios empíricos, por un lado, para evitar que la presión del gas rompa el frente de fluencia, y por otro, para garantizar un volumen óptimo de la burbuja de gas.

Al mismo tiempo o a continuación se introduce gas al interior de la pieza de moldeo (alma plástica), alimentándolo a través del bebedero y el sistema de distribución (por la boquilla de la máquina) o dentro del molde, o a través de las boquillas del molde. El gas desplaza la masa fundida del alma plástica hacia el final del recorrido del flujo, hasta llenar la cavidad por completo. El momento preciso en el cual el gas empieza a desalojar la masa plástica en el interior de la pieza moldeada, depende de procesos físicos en la boquilla y en el molde.

Después de la fase de desplazamiento, la presión del gas en el interior de la pieza actúa como post-presión para la compensación de contracciones, hasta que la pieza se haya enfriado lo suficientemente para ser



Gráfica 2: Desarrollo del proceso GID estándar

desmoldeada.

Antes del desmoldeo, sin embargo, es indispensable aliviar la presión del gas en el interior de la pieza mediante un retorno adecuado del gas y/o una descarga al ambiente para evitar que, al abrir el molde, el cuerpo hueco estalle.

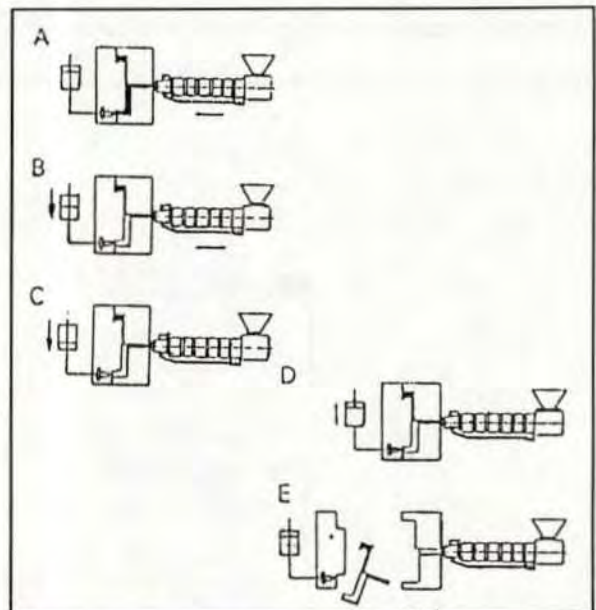
b. Procesos especiales con presión de gas

Los procesos especiales de inyección con presión interior de gas, que se describen a continuación, se diferencian del procedimiento estándar básicamente por un llenado completo de la cavidad del molde en la fase inicial.

Represión de la masa

Por represión de la masa se entiende el desplazamiento del alma plástica de la pieza de forma a la precámara del tornillo de plastificación, usando presión de gas.

Para ello, la cavidad del molde es llenada de masa fundida por completo.



Gráfica 3: Desarrollo del proceso de represión de la masa

De acuerdo con la geometría de la pieza moldeada, la presión de la masa actúa luego para compensar la contracción de las paredes de menor espesor.

A través de la boquilla GID del molde, sin bebedero, se introduce luego gas al interior de la pieza, desplazando la masa fundida del alma plástica a

través del sistema de boquilla y distribución (dimensionado correctamente) hacia atrás a la precámara del tornillo de plástificación, y represando el tornillo.

La posición del tornillo después del retroceso proporciona una medida para la longitud del canal de gas.

Después de retroceder y cerrar la boquilla, se aumenta la presión del gas entre la superficie de la pieza y la pared del molde para compensar la contracción y obtener un buen enfriamiento.

Como en el proceso GID estándar, se realiza luego el retorno del gas y/o el alivio de la presión para permitir el desmoldeo de la pieza.

Ventajas:

Se produce superficie únicamente durante la fase de

llenado: como en el proceso convencional de inyección, no se presentan problemas de marcas superficiales.

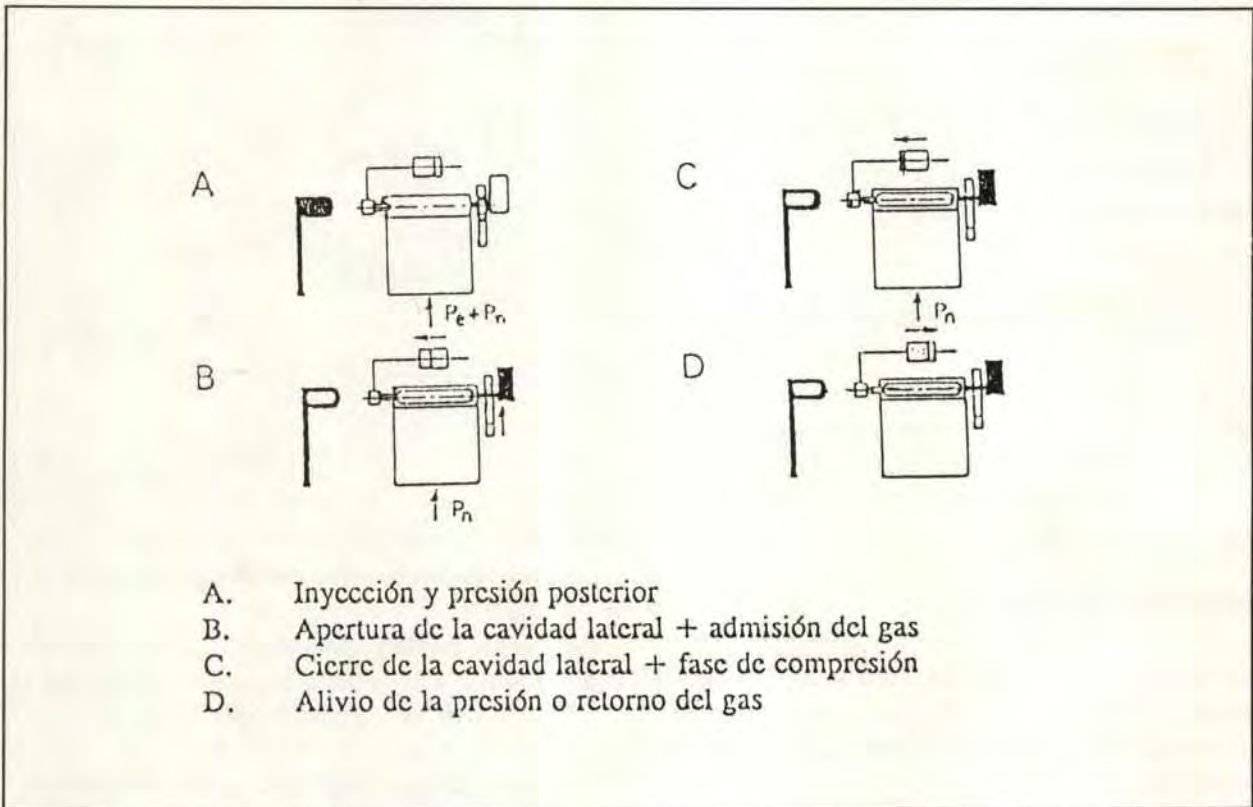
Desventajas:

En moldes múltiples, en los cuales los diferentes flujos parciales de la masa fundida se obstaculizan mutuamente:

- Con efecto sobre la masa represada
- Produciendo paredes más gruesas que el proceso GID estándar, y tiempos más prolongados de enfriamiento,
- Siendo aplicables sólo para piezas de forma con recorridos de flujo unidimensionales.

Desplazamiento a cavidades secundarias

De manera similar como en el proceso de represión



Gráfica 4: Desarrollo del proceso GID de desplazamiento a cavidades laterales

de la masa fundida, en este procedimiento GID especial, se llenan las cavidades del molde por completo, desalojando el alma plástica mediante la presión de gas, a través de uno o varios canales a una cavidad lateral hasta llenarla.

La cavidad lateral ha de cerrarse con compuerta, que se abre por fuerza hidráulica o neumática antes de la admisión del gas y el desplazamiento de la masa fundida. En algunos casos es posible prescindir de la compuerta, permitiendo que los canales hacia las cavidades laterales permanezcan abiertos durante la fase de llenado.

Después del desalojamiento de la masa y la fase posterior de compresión, se retorna el gas o se descarga la presión.

La posición de la boquilla GID determina el comienzo de la burbuja de gas. El volumen de la cavidad lateral, que define la longitud de la burbuja, debe calcularse empíricamente.

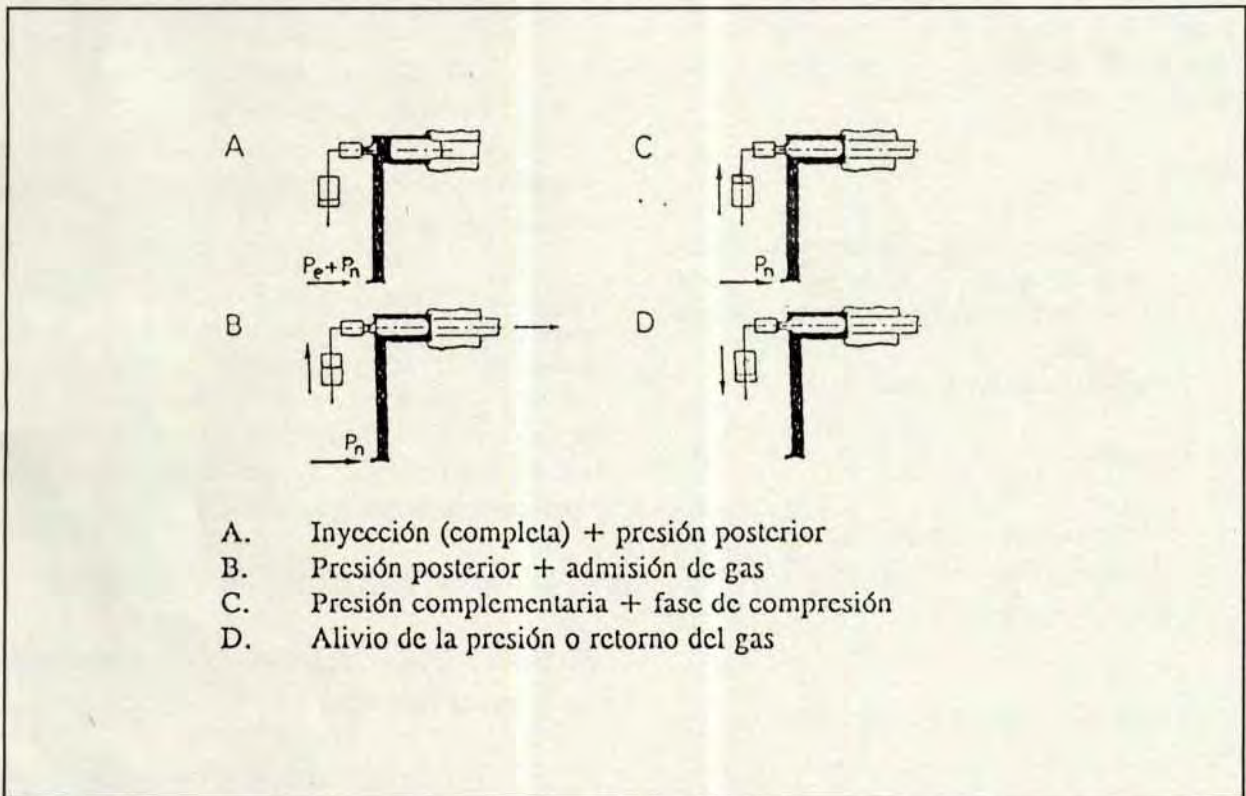
Ventajas:

- Se produce superficie únicamente en la fase de llenado.
- El engrosamiento puede estar ubicado independiente del punto de inyección.
- El volumen de las cavidades laterales es material de desecho (que puede ser molido y agregado de nuevo a la masa)

Generación de volumen mediante retracción de núcleos

Como en los dos procesos anteriores, también en este procedimiento especial GID la cavidad del molde es llenada completamente, sometiendo la pieza moldeada por unos segundos a una presión elevada.

Antes de la admisión del gas, se genera un volumen adicional de desplazamiento debido a la retracción de uno o varios núcleos.



Gráfica 5: Desarrollo del proceso de generación de volumen mediante retracción de núcleos

Durante la admisión del gas, se llenan los volúmenes generados, y en la fase siguiente la compresión se aumenta la presión del gas para compensar la contracción y para mejorar el efecto de enfriamiento. Antes del desmoldeo debe eliminarse de nuevo la presión del gas en la pieza de forma.

Las diferentes fases de este proceso se resumen así:

- A. Inyección (completa) + presión posterior.
- B. Presión posterior + admisión del gas + retracción del núcleo.
- C. Presión posterior + fase de compresión.
- D. Alivio de la presión o retorno del gas.
- E. Desmoldeo.

De acuerdo a la geometría de la pieza moldeada, la presión adicional debe actuar durante toda la fase de admisión de gas, para:

- Evitar la expansión de la burbuja de gas
- Compensar la contracción en la pieza

La posición de la boquilla de gas determina el comienzo de la burbuja de gas. La superficie y la carrera del núcleo definen el volumen de la cavidad (método empírico).

Ventajas:

- El engrosamiento puede estar ubicado independiente del punto de inyección (varios puntos de admisión de gas en zonas gruesas de la pieza).
- No hay pérdidas de material.

Desventajas:

- Construcción dispendiosa del molde
- Posibilidad de superficies imperfectas (formación de rebabas)

c. Desarrollo del proceso GID según Krauss-Maffei

Las plantas GID construidas por la firma Krauss-

Maffei permiten realizar todos los procesos descritos. La versión estándar ofrece además las siguientes ventajas:

- La admisión del gas es posible en función del recorrido del tornillo y/o en función del tiempo, siendo la primera opción la de mayor exactitud.
- Donde la geometría de la pieza lo exige, puede actuar sobre ella no sólo la presión del gas, sino adicionalmente la post-presión de la masa.
- Todas las variaciones del proceso GID permiten un retorno gradual del gas en dos pasos, después de la fase de compresión, llevando la mayor parte del gas (el 70% o más) desde el interior de la pieza a una planta de tratamiento.
- La función especial de sellado del bebedero permite taponar el punto de entrada hueco para producir piezas completamente cerradas.
- El tiempo del ciclo no es determinado por el proceso de plastificación, puesto que la dosificación sigue a la inyección (Excepciones: -GID estándar + sellado del bebedero - presión de la masa fundida)

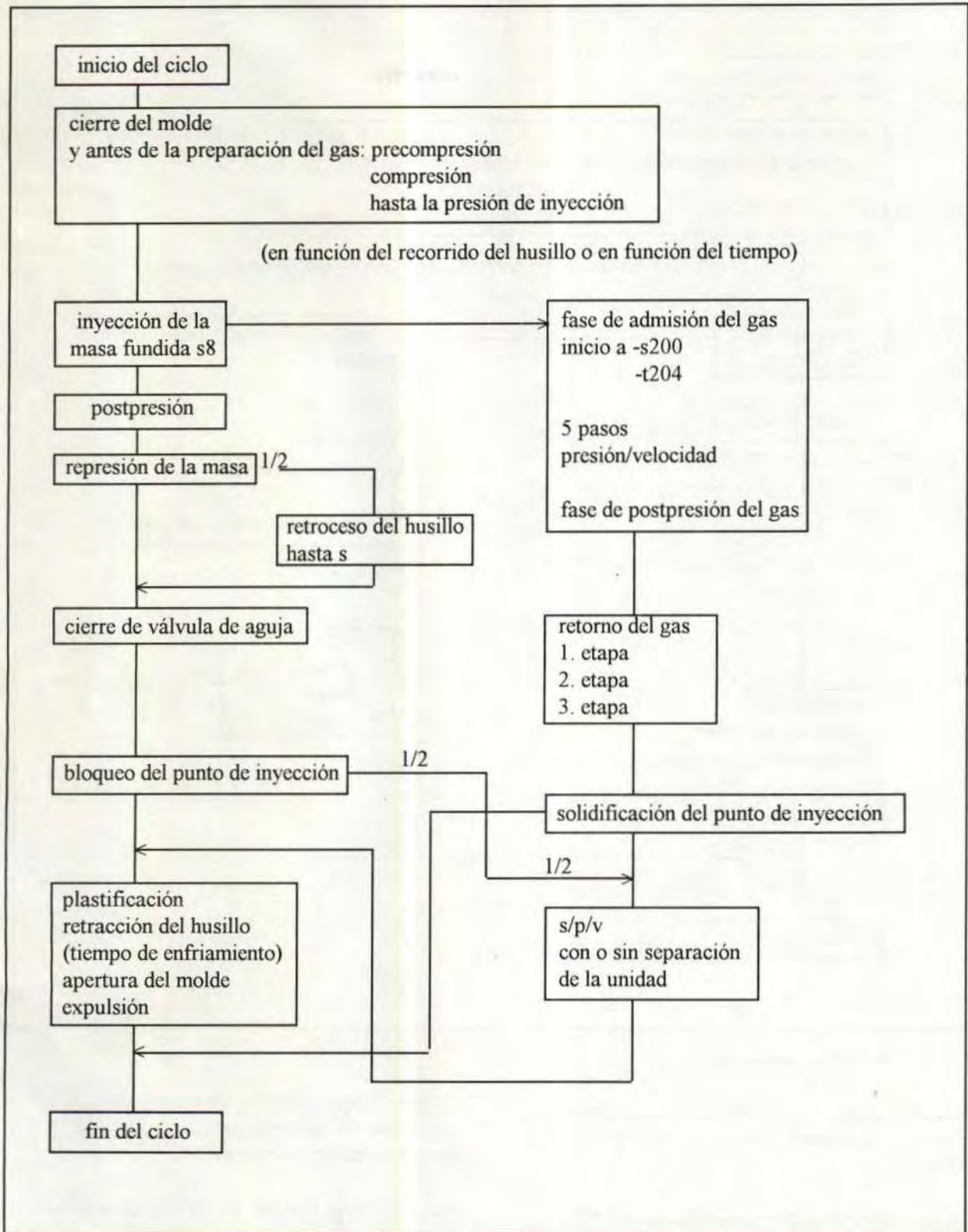
Requisitos para el proceso con presión interior de gas

Para poder trabajar con el proceso GID en forma reproducible, deben crearse algunas condiciones necesarias con respecto a la planta y la construcción del molde. Debe tenerse en cuenta, que en la mayoría de los casos no es posible compensar errores en la configuración de la pieza o el diseño del molde, cambiando parámetros en la planta GID.

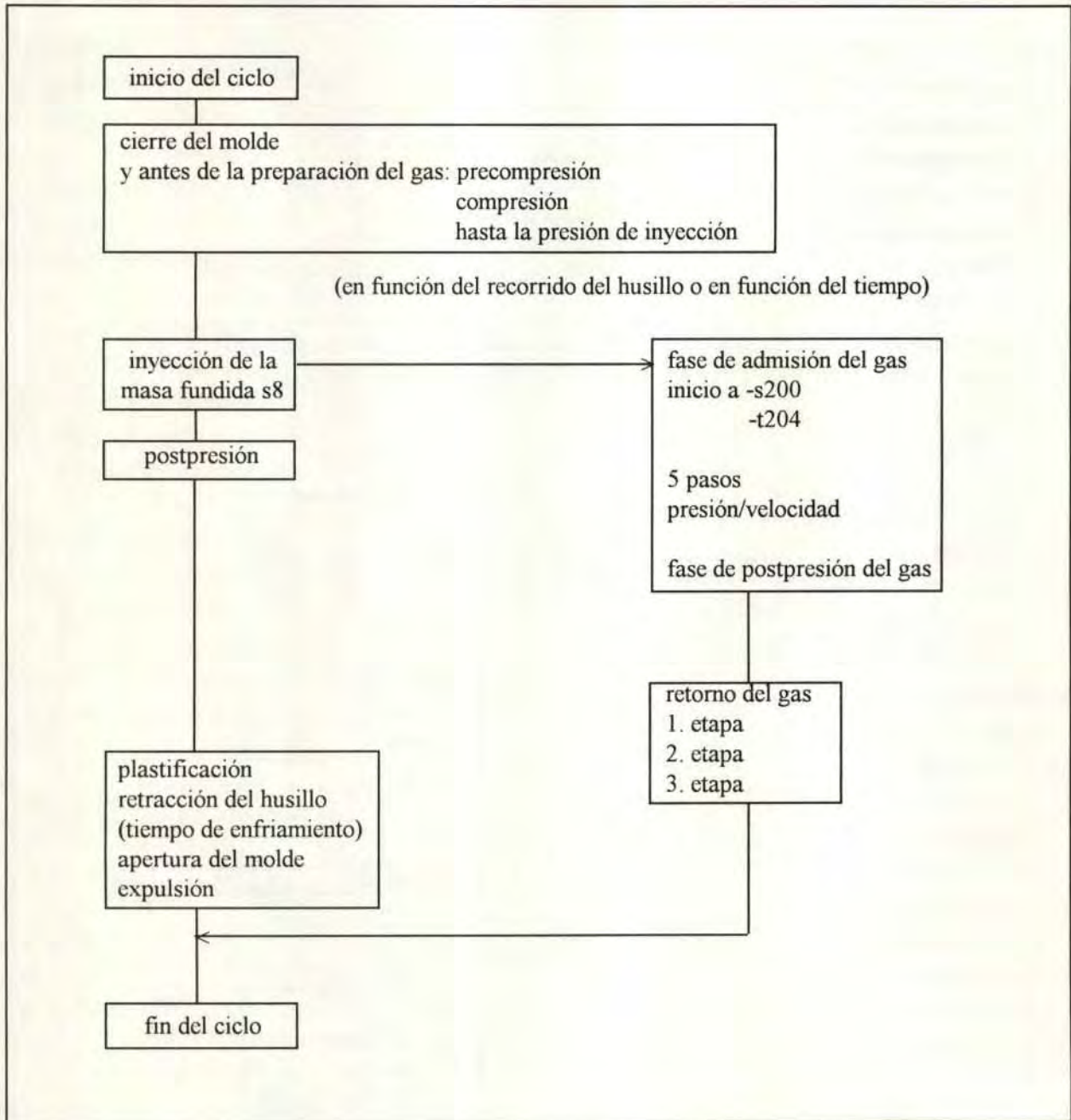
Condiciones específicas de la planta

Sistema de plastificación - homogeneidad de la masa fundida

El proceso GID depende altamente de la homogeneidad de la masa fundida.



Gráfica 6: Posibles ciclos de una planta GID de Krauss - Maffei
a. GID MC3-integrado



b. GID autónomo

Incluso pequeñas variaciones de la viscosidad pueden afectar la reproducibilidad y con ello la calidad de las piezas.

La gran importancia de la viscosidad se debe a que, por una parte existe la gran diferencia entre la viscosidad de la masa plástica y el gas, y por otra el gas tiende a fluir en la dirección de la menor resis-

tencia. Para prevenir este problema debería procurarse de elaborar para el proceso GID una masa fundida de óptima calidad.

Para ello deben tomarse las siguientes medidas:

- Tornillo de mezclado (según el material)
- Carrera de plastificación \leq 30 D

- Temperatura constante en el cilindro plastificador
- Tiempos constantes de ciclo

Sistema de plastificación - constancia del peso másico

Otro factor para garantizar procesos reproducibles es la constancia del peso másico de la máquina inyectora de ciclo en ciclo.

Variaciones del peso másico en la pieza son compensadas en función de la geometría de la pieza de forma mediante la presión posterior, logrando una constancia hasta del 0,1%.

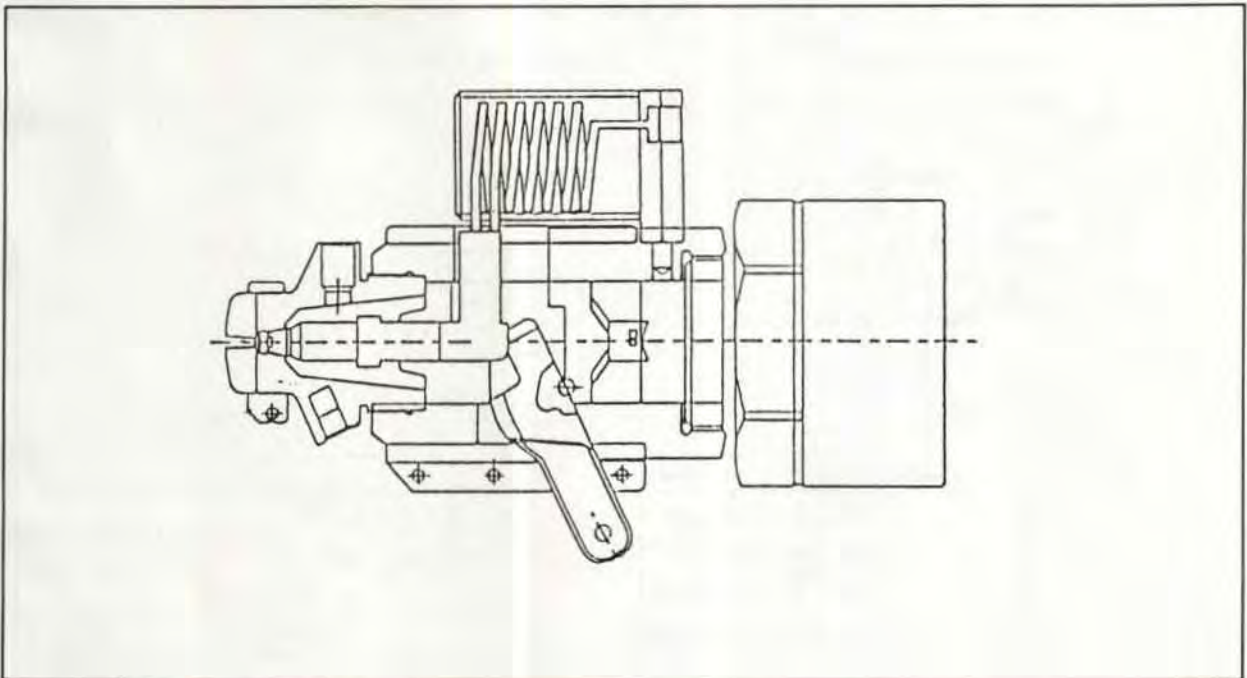
El uso de boquillas GID para moldes requiere de inyectores con cierre de aguja o de canal caliente con cierre de aguja, para garantizar que la masa fundida llegue a retroceder a la precámara del tornillo.

los siguientes requisitos:

- Después de la inyección de la masa plástica, la zona de la masa fundida y la zona del gas deben estar totalmente separadas.
- Las juntas para masa fundida y gas deberían estar ubicadas lo más cerca posible.
- Boquillas, radio del bebedero y concentricidad deberían ser impecables para controlar fugas de gas mediante la presión de contacto de la boquilla.

El descuido de las primeras dos exigencias puede causar mezclas de masa fundida y gas, que afectan visiblemente la pieza de forma, o incluso desvían el tornillo hacia atrás, lo cual no sólo produce superficies de mala calidad, sino muchas veces también variaciones del peso de masa.

La boquilla GID de Krauss-Maffei cumple con los requisitos mencionados. Posee además una válvula



Gráfica 7: Boquilla de la máquina GID

Tecnología de las boquillas - boquilla GID de la máquina

Las boquillas GID de la máquina deben cumplir con

de gas concebida como válvula de retención, que impide la penetración de masa fundida al área del gas, y con ello fallas de funcionamiento.

Presentan además las siguientes particularidades:

- Posibilidad de instalar en el cabezal de la boquilla una cinta calentadora adicional (P=200W) para materiales de un margen térmico estrecho de transformación.

- Instalación de un receptor de la presión de masa en el cabezal de la boquilla para medir la presión durante la fase de inyección.

- Posibilidad de retornar el gas.

Tecnología de la boquilla - Boquilla GID de molde

Existen los siguientes requisitos para las boquillas de molde:

- Dimensiones en lo posible pequeñas
- Hermeticidad absoluta de boquilla GID de

mo, entre ellas las dos presentaciones que ofrece Krauss-Maffei:

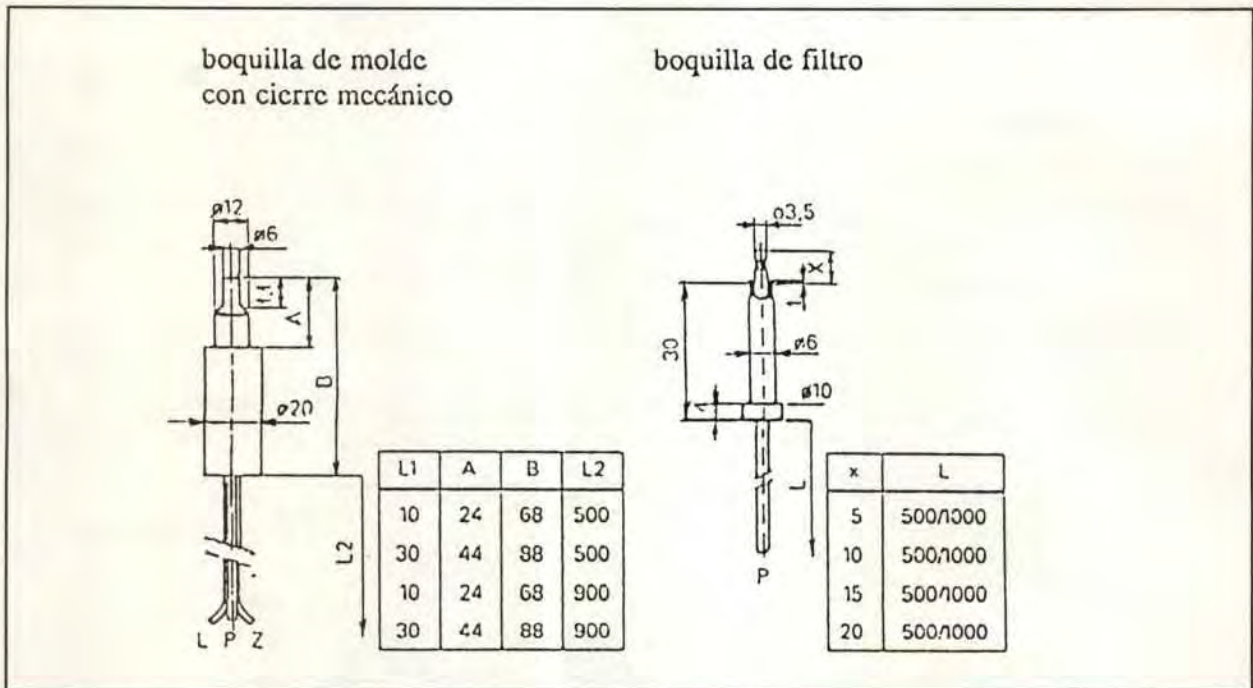
- Boquilla GID de molde (con cierre mecánico)
- Boquilla GID de filtro.

Perfil de presión reproducible

El requisito de un perfil de presión reproducible se relaciona con el sistema de tratamiento del gas y el mando GID. En lo posible debería disponerse de perfiles de libre elección, con el fin de garantizar la flexibilidad necesaria para tener en cuenta las exigencias de las geometrías de las diferentes piezas moldeadas.

Para ello debería ser posible la selección independiente de:

- La presión del llenado inicial



Gráfica 8: Boquillas de molde GID

- molde y pieza de forma
 - Penetración de masa fundida al área de gas imposible.
- Al lado de los sistemas de mando automático, existen también boquillas de mando autóno-

- La presión en el momento de la admisión del gas
- La presión durante la fase de compresión.

Además, debería iniciarse la introducción del gas en función del recorrido (en función de la posición del

tornillo), para poder trabajar en forma reproducible (de ciclo en ciclo).

Condición para una calidad reproducible es también la hermeticidad absoluta al gas (planta GID - pieza de forma). Para el trabajo con boquilla de máquina deberían ajustarse el radio de la boquilla y del bebedero, para controlar fugas de gas mediante la presión de contacto de la boquilla.

Al incorporar una boquilla GID en el molde, debe asegurarse la hermeticidad entre la boquilla de molde y la pieza de forma, mediante la geometría exterior de la boquilla.

Fugas de gas y caídas de presión en la pieza durante las fases de admisión del gas y de compresión aumentan el consumo de gas y el tiempo del ciclo (debido a tiempos prolongados de preparación del gas).

Requerimientos de la geometría del molde y la pieza moldeada

Influencia de la gravedad

realizarse de abajo hacia arriba para excluir el efecto de la gravedad. Este concepto es válido para moldes sencillos y moldes de varias cavidades.

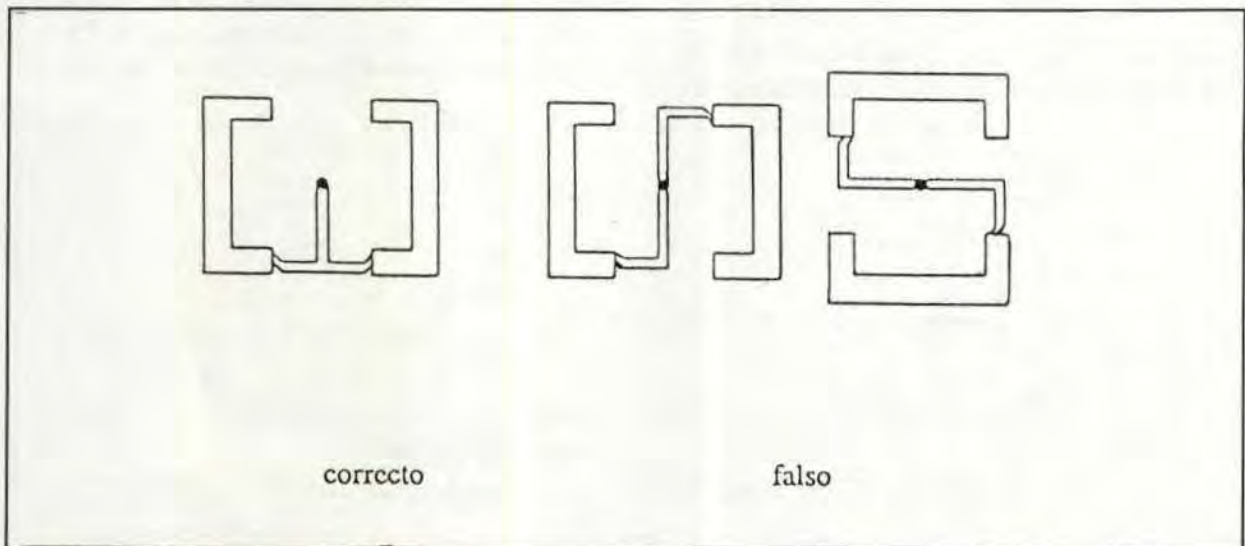
Moldes de varias cavidades

Hoy en día, la construcción de moldes de 2 ó 4 cavidades es perfectamente viable.

Debe procurarse la completa simetría de cada uno de los recorridos de la masa. Es muy importante, que los diferentes canales sean llenados de masa uniformemente, y las cavidades, al final de la fase de inyección, presenten el mismo volumen inyectado, con el fin de obtener en todas las piezas el mismo volumen hueco.

El manejo del molde debe ser empírico, balanceando el llenado mediante un simple limado de los puntos de inyección.

Otro método, no tan efectivo, para lograr un volumen inyectado uniforme, consiste en atemperar las cavidades, lo cual, sin embargo, sólo es posible en un margen muy estrecho.



Gráfica 9: Efecto de la gravedad - disposición de las cavidades

La inyección con presión interior de gas se utiliza básicamente para producir piezas de paredes gruesas. Por eso el llenado parcial de la cavidad debería

El atemperado de los moldes

En caso de usar moldes de varias cavidades, debería atemperarse cada cavidad por separado. Además, la

regulación de la temperatura debería ser simétrica.

Asimismo debería regularse la temperatura del molde de forma independiente en áreas críticas de la pieza, como reducciones de sección a lo largo del recorrido de la masa fundida.

Para evitar grandes variaciones de espesor entre las paredes del lado externo y del interno, debería proveerse el molde de una instalación de enfriamiento, de ajuste independiente, en puntos de cambio de dirección del flujo de la masa (ángulos bruscos o radios muy pequeños).

En caso de trabajar con moldes de inyección directa y transformación con boquillas GID de la máquina, el bebedero siempre requiere de un atemperado independiente.

Bebedero, sistema de distribución y punto de inyección

Si la transformación se realiza con una boquilla GID de molde y con el proceso GID estándar, el sistema de bebedero y de distribución debería ser dimensionado como para la inyección convencional.

Pero en caso de que se usa una boquilla GID de máquina, el bebedero directo y los canales de distri-

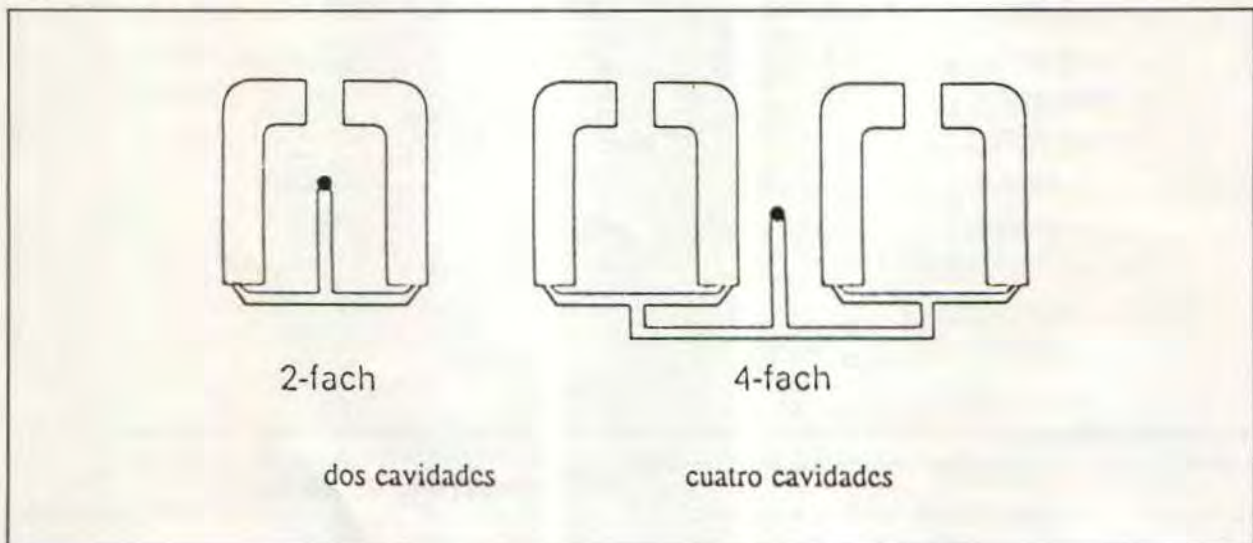
bución deben estar dimensionados lo suficientemente grandes.

Secciones pequeñas causan pérdidas de presión al comienzo de la admisión del gas. Después de la inyección, el flujo de la masa fundida se detiene, lo cual se traduce en marcas en la superficie de la pieza de forma.

En este contexto, el punto de inyección es de especial importancia. Secciones demasiado pequeñas requieren un nivel más alto para el primer perfil de presión para no dejar marcas de conmutación en las piezas, con el riesgo de provocar turbulencias en el interior de la pieza, al pasar de la pequeña sección de la entrada (entrada de punto) a la sección más grande de la pieza de forma.

Esta situación puede causar problemas en el retorno del gas, obturando por ejemplo el punto de inyección. Si se quiere cerrar la pieza de forma, sellando el bebedero, debe procurarse además, que los canales de distribución sean lo más cortos posible y las secciones lo suficientemente grandes.

Para evitar la libre desviación, se elige por regla general, una unión con la pieza que permite el flujo de la masa fundida inmediatamente después de su inyección al molde. Para ello se posiciona el punto de inyección frente a una pared del molde.



Gráfica 10: Molde de varias cavidades

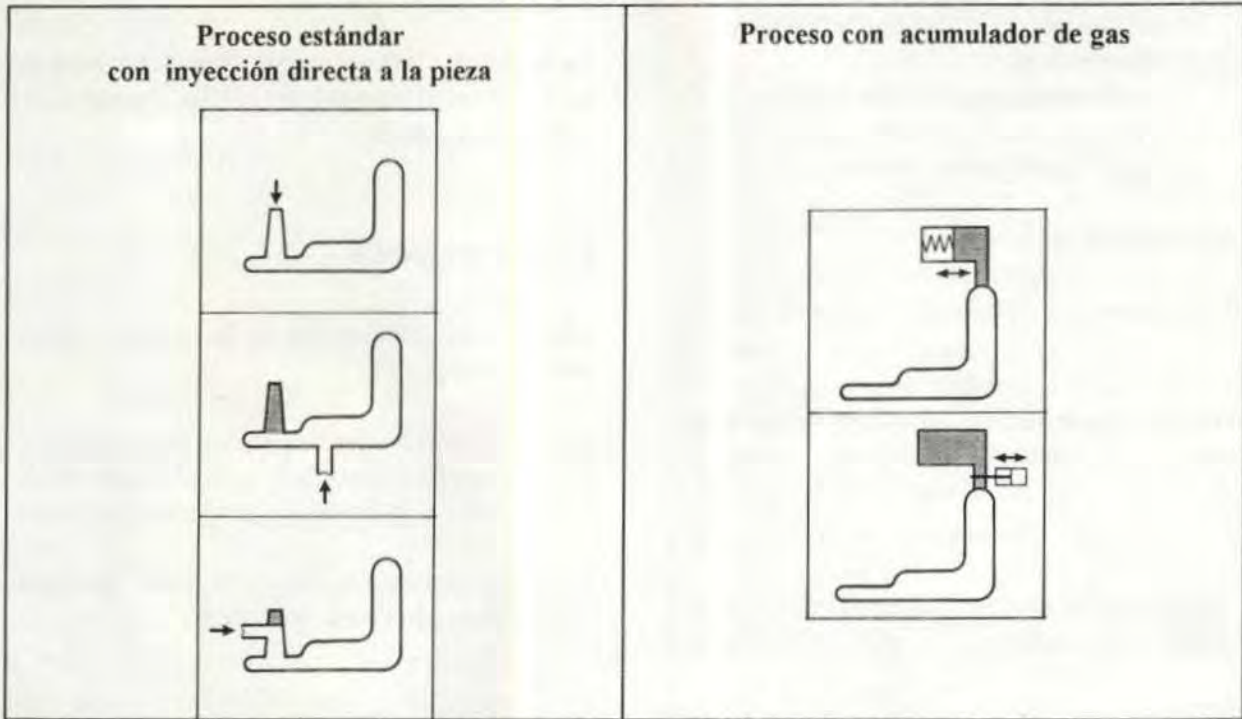
En la fabricación de piezas en forma de marco, es importante poder variar la posición del punto de inyección, para lograr la confluencia de la masa fundida en un lugar determinado. Esto es posible con piezas recambiables para el canal de distribución y la unión.

Además es regla básica para los procesos con pre-

para los dos tipos de boquilla:

Boquilla de la máquina

- El punto óptimo de inyección debe ser el punto óptimo de admisión de gas crítico para materiales de rápida cristalización (evtl. secciones más grandes)



Gráfica 11: Técnica de la presión interior de gas

sión de gas, que espesores de pared con altas pérdidas de presión (zonas de la pieza con relación alta de recorrido del flujo: espesor de pared), son llenadas en la fase de inyección, puesto que muchas veces el desplazamiento de la masa en la fase subsiguiente de admisión del gas ya no es posible, ni siquiera con presiones muy elevadas (400 bar).

Hay que tener en cuenta también, que la presión del gas en las áreas huecas de paredes gruesas no alcanza para ejercer la presión posterior necesaria para las partes macizas, de pared delgada, más retiradas de una pieza, lo cual puede remediarse aplicando presión posterior de la masa paralelamente con la presión posterior del gas.

En general, deben cumplirse las siguientes exigencias

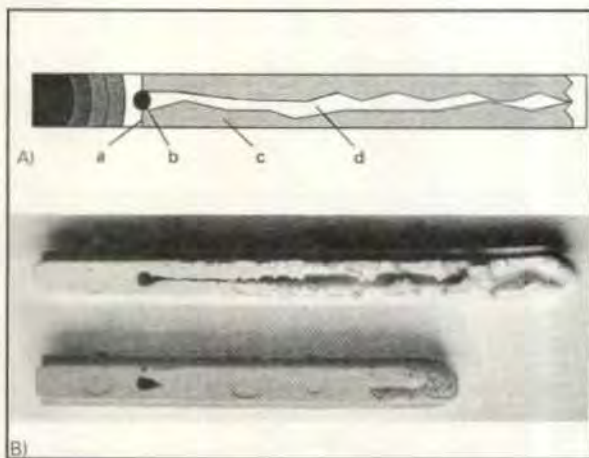
- Bebederos directos inmediatamente sobre la pieza es desfavorable, produce paredes muy delgadas en los recodos y desviaciones libres
- Lavaje detrás de una entrada de punto
- Sólo para bebedero directo
- Unión en lo posible al final del recorrido de la masa, para piezas simétricas también concéntrica
- Bebedero no a la vista, cuando está sin cierre
- Bebedero no en puntos de alta carga mecánica
- Canales de distribución en lo posible cortos

Boquilla del molde

- El posicionado de las boquillas del molde depende de los estudios del llenado
- Tecnología de canal caliente posible dentro de límites estrechos
- Se aplica, e. o., donde el punto óptimo de inyección no corresponde al punto óptimo de admisión del gas.
- Requiere presiones bajas en la fase de admisión del gas, porque no se producen pérdidas de presión por el sistema de bebedero y de distribución.
- En la represión de la masa fundida grandes secciones para bebedero y canales de distribución, para poder retornar el material.

Variaciones de sección

En las variaciones de sección, a lo largo del flujo de la masa, el volumen hueco adapta la forma del contorno exterior. Cambios de sección influyen en el llenado parcial de las cavidades. Espigas, que penetran a la cavidad, o variaciones extremas de sección pueden producir "estalactitas" (rechupes al



Gráfica 12: Formación de la franja de unión y zona de espacio hueco por el flujo deslizante de masas en forma de bloque

A) Representación esquemática. a) Línea isobárica de separación. b) Inyección de gas. c) Zona no comprimida. d) Zona de espacio hueco. B) Ejemplo para una pieza moldeada

interior de la pieza) o paredes demasiado delgadas.

Pueden presentarse además turbulencias y burbujas en el interior de la pieza, debido a variaciones

bruscas de sección, (entre las cuales cuenta también la sección demasiado pequeña de un punto de inyección.)

En piezas de paredes gruesas y delgadas deben seleccionarse los parámetros para el proceso de tal manera, que se impide la migración de la burbuja de gas al área de paredes delgadas y se evitan deterioros en la calidad de la superficie.

En la fabricación de piezas con charnelas de película debe evitarse el paso del gas por las charnelas por razones de resistencia.

Desvíos y recodos

Desvíos y recodos deberían diseñarse con los radios más grandes posible.

Una desviación 90° puede generar diferencias extremas entre los espesores de pared del lado interno y externo, lo cual generalmente produce deformación.

En cambio, desviaciones con radios grandes generan espesores de pared casi uniformes.

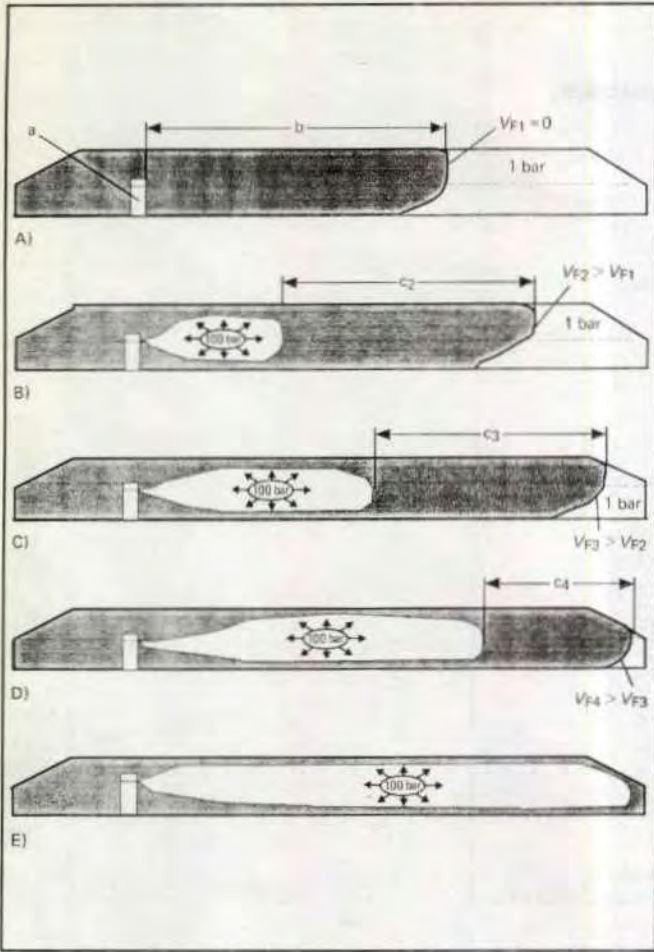
Resumen

Con la tecnología mecánica actual, los procesos de inyección con presión interna de gas permiten la fabricación reproducible de piezas moldeadas.

Requisito indispensable es, que el diseño de la pieza y del molde se adecúen al proceso GID.

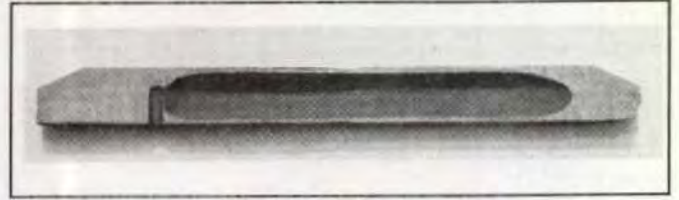
Por eso, las condiciones especiales del proceso deben tenerse en cuenta a partir del desarrollo de una nueva pieza a moldear.

El transformador de plásticos puede apoyarse además en el conocimiento técnico de la firma Krauss-Maffei.

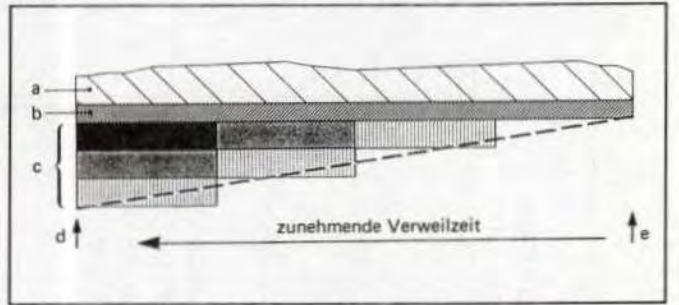


Gráfica 13: Etapas de llenado de una masa de inyección de origen puntual

- A: Al final del proceso de inyección se presenta un llenado relativo de la cavidad (a: punto de inyección del gas).
- B: Con el comienzo de la inyección del gas, es menor el relleno de masa restante C_2 .
- C y D: Inyección de gas progresiva con disminución del relleno de masa restante C_3 y C_4 .
- E: Llenado de la cavidad del molde.



Gráfica 14: Buena formación de la cavidad de una pieza moldeada

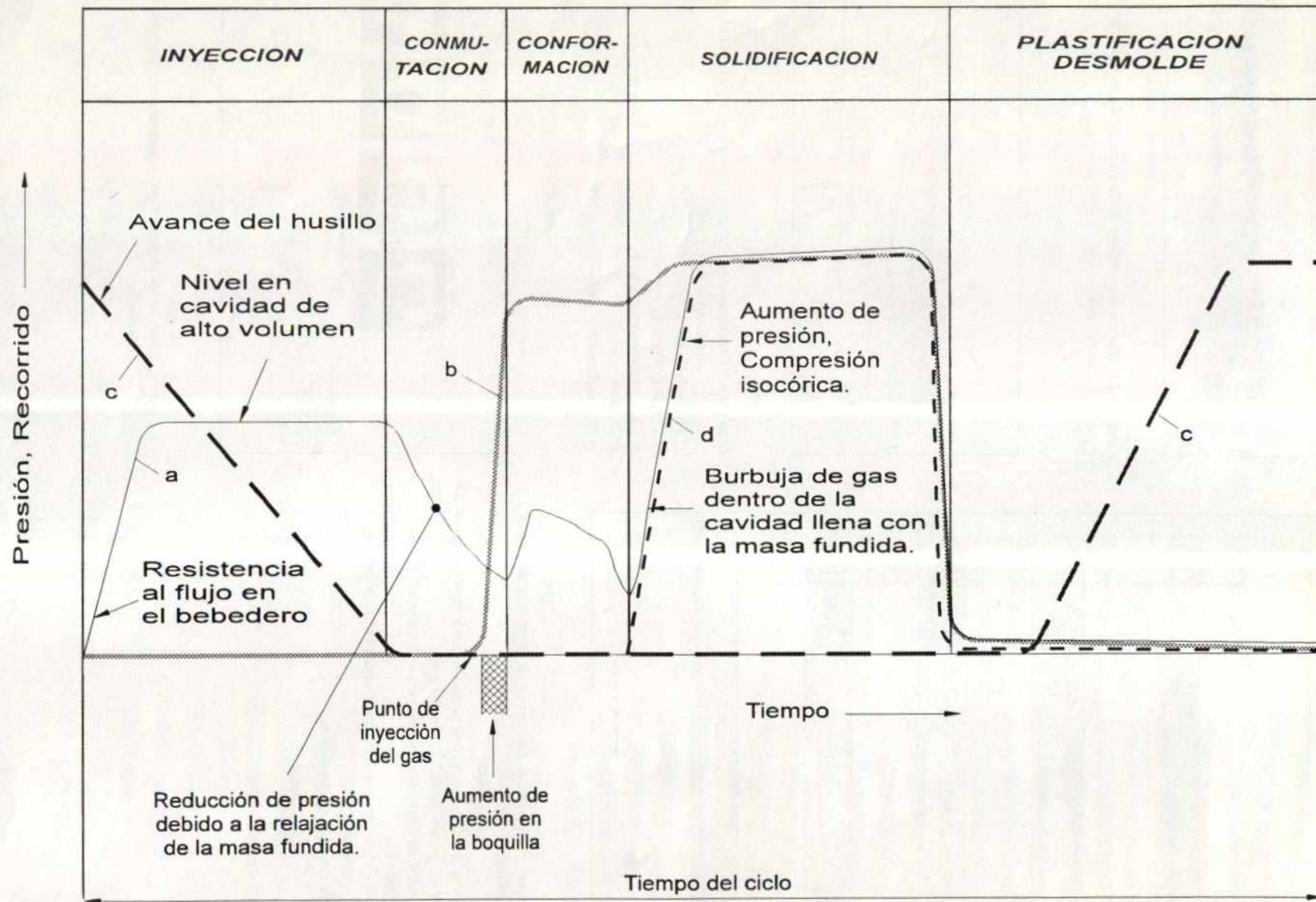


Gráfica 15: Crecimiento de la capa superficial mediante el aumento del tiempo de espera

- a: Herramienta
- b: Película fija a la pared
- c: Reticulación progresiva
- d: Primer corte
- e: Movimiento del flujo

Formteil	a	b	c	d
Verzögerungszeit t_v s	0	1	3	5

Gráfica 16: Espesor de la pared en aumento para tiempo de retardado



Gráfica 17: Acción combinada entre la presión de la masa fundida (a), presión de gas en la entrada (b) y recorrido del husillo (c), en el moldeo por inyección con presión de gas (proceso estándar, d: presión interna del molde lejos del bebedero).