

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 880 808**

51 Int. Cl.:

B29C 45/76 (2006.01)

G06F 30/20 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.09.2019 PCT/EP2019/075142**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2020 WO20058387**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2019 E 19773399 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.04.2021 EP 3710223**

54 Título: **Procedimiento para el control de una máquina para el procesamiento de plásticos**

30 Prioridad:

23.09.2018 DE 102018123361

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

25.11.2021

73 Titular/es:

**ARBURG GMBH + CO KG (100.0%)
Arthur-Hehl-Straße
72290 Loßburg, DE**

72 Inventor/es:

**DUFFNER, EBERHARD y
KRAIBÜHLER, HERBERT**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 880 808 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el control de una máquina para el procesamiento de plásticos

5 La invención se refiere a un procedimiento para el control de una máquina para el procesamiento de plásticos y otras masas plastificables, tales como masas cerámicas o en polvo según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Para llevar a cabo con éxito un proceso de moldeo por inyección, además de un *hardware* correspondiente, también se requiere un amplio conocimiento sobre el proceso de moldeo por inyección o bien cómo se debería realizar el proceso de moldeo por inyección para la pieza moldeada por inyección deseada para que se pueda obtener la mejor calidad posible dentro de un tiempo de ciclo eficiente. A menudo, para ello se deben efectuar muchos ajustes complejos en la propia máquina de moldeo por inyección, en la herramienta, en el equipo periférico o en el control de máquina, lo cual está asociado a un esfuerzo considerable y puede dar como resultado errores. Además, los ajustes de este tipo se basan a menudo en valores empíricos, de manera que el control y el ajuste complejos del proceso de moldeo por inyección quedan reservados generalmente solo para operadores cualificados, los cuales pueden efectuar estos ajustes basándose en su conocimiento técnico y empírico. De lo contrario, los ajustes se deben encontrar con la ayuda de un "proceso de prueba y error" costoso y que requiere mucho tiempo.

20 Por el documento WO 2014/183863 A1 en el que se basa el preámbulo de la reivindicación 1, se conoce un procedimiento para operar una máquina para el procesamiento de plásticos, para el cual se proporciona información sobre el diseño de un componente para una pieza moldeada por inyección al control de máquina y los parámetros de la instalación y del proceso se calculan por el control para la producción de la pieza moldeada por inyección. Con la ayuda de varios asistentes en cuanto a calidad, molde de inyección y pieza moldeada, se comprueba si la pieza moldeada por inyección deseada se puede producir con los parámetros de la instalación y del proceso calculados. Si la pieza moldeada por inyección no se puede producir de este modo, se le indica al operador y se le pide al operador que indique información adicional.

30 Por el documento AT 513481 A4 se conocen un dispositivo de simulación así como un procedimiento en los cuales se imita una máquina de moldeo por inyección en una simulación de máquina y se calcula un primer parámetro, el cual se comunica a una simulación de proceso para la imitación de un material de moldeo por inyección y/o de una herramienta de moldeo por inyección. Por ello, se intenta calcular de antemano el producto terminado del proceso de moldeo por inyección. Para el resultado del proceso de moldeo por inyección, se simulan elementos esenciales del proceso y se intercambian los resultados de las simulaciones para llevar a cabo, por ello, un cálculo de antemano del producto terminado.

35 Un procedimiento para la simulación de una configuración ficticia de una instalación de conformación está revelado en el documento DE 10 2015 015 811 A1. Un valor de proceso de lectura medido durante el funcionamiento de la instalación de conformación se usa como parámetro de entrada para un modelo que representa la configuración ficticia de la instalación de conformación. De este modo, se puede aclarar ya de antemano si un cambio en la instalación de conformación existente en cuanto a un equipamiento opcional vale la pena en casos individuales. Así, se simula la instalación de conformación completa o bien se simula su comportamiento en el caso de un cambio, por ejemplo, del equipo periférico.

45 Por el documento DE 692 15 634 T2 se conoce un procedimiento para supervisar la presión de inyección de una máquina de moldeo por inyección durante un proceso de moldeo por inyección. Los datos de la cavidad del molde de fundición se almacenan de antemano y se muestran en una etapa posterior en áreas subdivididas. En una etapa siguiente, se registra la posición del tornillo sin fin y se muestra un diagrama con una relación entre la posición del tornillo sin fin registrada y la presión de inyección. Además, se muestra el rango de posición del tornillo sin fin, el cual corresponde a las áreas subdivididas de la cavidad que está llena de resina sintética, mediante lo cual se puede ver 50 qué posición del tornillo sin fin se da en qué nivel de llenado de la cavidad.

55 En el documento DE 692 18 317 T2 está revelado un procedimiento para supervisar la posición de la resina en el espacio interior de un molde durante un proceso de moldeo por inyección. A este respecto, el espacio interior del molde se subdivide en una pluralidad de áreas con secciones límite. Después de eso, los volúmenes se distribuyen a estas áreas subdivididas y se introducen en una unidad de control, de manera que en una etapa siguiente se pueden mostrar las posiciones de los tornillos sin fin, en las cuales el extremo delantero de la resina llega a las secciones límite.

60 En el documento DE 10 2015 107 024 B3 se determina una curva de presión característica específica de la pieza moldeada a partir de datos CAD. Las ubicaciones de evento características específicas de la pieza moldeada se determinan sobre la base de la curva de presión. A continuación, se realiza un proceso de moldeo por inyección en el que se determina una curva de presión de medición. Con la ayuda de la curva de presión de medición, se determinan asimismo las ubicaciones de eventos de medición, que luego se comparan o bien se asignan correspondientemente a las ubicaciones de evento características específicas de la pieza moldeada, de manera que se producen eventos 65 virtuales. Los valores de los parámetros de proceso se derivan entonces de estos eventos virtuales.

Durante un proceso de moldeo por inyección, en el documento DE 10 2015 117 237 B3 se define un volumen real al determinarse en primer lugar un volumen teórico y una presión de fusión. Por medio de la selección de una compresión específica del material que corresponda a la presión de fusión, el volumen real se puede calcular teniendo esto en cuenta.

5 En el documento JP H11 232250 A, un paso y una presión se determinan en un flujo tridimensional en el mismo punto reticular. Por medio del reemplazo de un término de impulso semidiscretizado se obtiene en primer lugar el término de presión. Para determinar una velocidad de paso y una presión, se realiza un cálculo iterativo para determinar la velocidad de paso y la presión en el mismo punto reticular.

10 Las propiedades de un producto de plástico y de un producto de aluminio se estabilizan en el documento JP H08 1744 A por que un estado de inyección requerido se implementa por medio de un procedimiento. Se forma un modelo en el que un molde de cavidad se ha subdividido en microelementos. En este sentido, se lleva a cabo un análisis de flujo usando una solución numérica.

15 En el documento US 2004/256755 A1, se usa información sobre la forma de una pieza moldeada para definir información de sección transversal. Se genera un patrón de velocidad de inyección sobre la base de la información de los parámetros y la información de sección transversal generada. El patrón de velocidad de inyección se usa a continuación para controlar la velocidad de inyección del tornillo sin fin.

20 En el documento US 2017/001356 A1, la superficie de sección transversal se calcula con un *software* como una función de la distancia desde el bebedero. A través de la superficie de sección transversal, el *software* define un perfil de presión de la masa fundida para llenar la cavidad de molde a un flujo constante.

25 En el documento EP 0 698 467 A1, un modelo tridimensional se subdivide en varios elementos pequeños de una cavidad. Después, se define un valor de flujo K, con lo cual se calculan las presiones, las transiciones de presión o las velocidades de circulación en los respectivos elementos pequeños mediante las conductividades de circulación determinadas.

30 En el caso de las soluciones del estado de la técnica, se simula, por una parte, la pieza moldeada por inyección completa o, por otra parte, la instalación de conformación completa, para lo cual se requiere en cada caso una potencia de simulación o de cálculo correspondiente. Aparte de eso, en el caso de estas soluciones, el operador tiene que efectuar una amplia variedad de entradas en cuanto a los parámetros de simulación. En el caso de una elaboración posterior de la pieza moldeada por inyección, estas entradas obtenidas a partir de la simulación se deben volver a aceptar para el proceso de moldeo por inyección real.

35 Partiendo de este estado de la técnica, la presente invención se basa en el objetivo de posibilitar una parametrización simplificada, rápida y eficaz del proceso de moldeo por inyección y mejorar, de este modo, el tiempo de ajuste y la calidad de la pieza moldeada por inyección.

40 Esto se resuelve con un procedimiento para el control de una máquina para procesamiento de plásticos y otros materiales plastificables tales como masas en polvo y/o cerámicas de acuerdo con las características de la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos son objeto de las reivindicaciones de patente dependientes. Las características enumeradas individualmente en las reivindicaciones de patente se pueden combinar las unas con las otras de una manera tecnológicamente racional y se pueden complementar con hechos explicativos de la descripción y con detalles de las figuras, mostrándose variantes de realización adicionales de la invención.

45 En el caso del procedimiento de acuerdo con la invención, se trata de un cálculo de tantos datos de ajuste como sea posible del proceso de moldeo por inyección para una máquina de moldeo por inyección así como su equipo periférico con respecto al material que se va a procesar a partir del modelo de volumen conocido de la pieza moldeada por inyección. La máquina presenta una unidad de apertura y de cierre de moldes para abrir y cerrar un molde de inyección con al menos una cavidad de molde para la producción de una pieza moldeada por inyección que corresponde a la forma de la cavidad de molde, una unidad de moldeo por inyección con medios para plastificar y para inyectar el material plastificable en la cavidad de molde, y un control de máquina, que está conectado a un conocimiento especializado y, si es necesario, se puede operar por el operador a través de un contacto interactivo, por ejemplo, a través de un dispositivo de visualización/funcionamiento. El dispositivo de visualización/funcionamiento está diseñado, por ejemplo, como una posibilidad de entrada interactiva con una pantalla, por ejemplo, como una pantalla multitáctil, y está en conexión con el control de máquina. El conocimiento especializado puede estar presente, por ejemplo, en forma de bases de datos y/o memorias de datos, las cuales están conectadas al control de máquina, por ejemplo, a través de una red.

50 El conocimiento especializado incluye, por ejemplo, datos sobre materiales, tales como, por ejemplo, la densidad específica del material sólido y líquido, la temperatura de fusión, el índice de flujo, la velocidad máxima de cizallamiento y/o, en general, el comportamiento presión-temperatura cuando los materiales se enfrían de líquido a sólido. Sin embargo, también pueden estar contenidos datos adicionales con respecto a los materiales que se van a procesar.

65

Una base de datos adicional se refiere, por ejemplo, a datos para la realización del procedimiento y está constituida a partir del conocimiento del moldeo por inyección con respecto a los cursos de proceso característicos. Un ejemplo de ello son los datos del tiempo de llenado para determinadas clases de herramientas, determinadas relaciones de trayectoria de flujo/espesor de pared en la pieza moldeada por inyección junto con determinadas clases de materiales así como niveles de moldeo por compresión con respecto a los espesores de pared mínimo y máximo en la pieza moldeada por inyección.

Una base de datos adicional contiene, por ejemplo, el conocimiento del control de máquina respecto a las propiedades estáticas y dinámicas de la cinemática de su propia máquina.

Para el procedimiento de acuerdo con la invención, la información sobre la geometría de la pieza moldeada por inyección y/o de la cavidad de molde y del punto de bebedero se proporciona al control de máquina. Por ejemplo, el operador puede leer esta información directamente en el control de máquina a través de un soporte de datos o seleccionarla a través de interfaces entre la máquina y los servidores de datos CAD. Así, el punto de partida es un modelo de volumen geométrico de la pieza moldeada por inyección en sí misma, de manera que el resultado de la parametrización del proceso de moldeo por inyección depende esencialmente de la información de geometría específica sobre la pieza moldeada por inyección. Además, a partir de la información de geometría se calcula al menos un perfil de crecimiento de volumen paso a paso de la pieza moldeada por inyección, calculándose el perfil de crecimiento de volumen de la pieza moldeada por inyección capa por capa a partir de al menos un punto de bebedero para un cálculo ventajosamente rápido y sencillo, asignándose a cada capa una determinada distancia recorrida (Δs) de un medio de transporte o un determinado volumen (ΔV). El operador puede seleccionar preferentemente el punto de bebedero de forma interactiva a partir de los datos geométricos representados en la unidad de mando de máquina de moldeo por inyección; como alternativa, puede estar almacenado paramétricamente en los datos geométricos o se puede calcular por medio de un análisis de geometría si la geometría de la herramienta se conoce adicionalmente. La pieza moldeada por inyección se divide en capas, de manera similar, por ejemplo, a la fabricación aditiva. Si se suma el respectivo volumen de todas las capas, resulta el volumen completo de la pieza moldeada por inyección.

Aparte de eso, se calcula al menos un proceso de inyección teniendo en cuenta el perfil de crecimiento de volumen paso a paso y el supuesto de un frente de masa que fluye a una velocidad constante. Por ello, se posibilita una parametrización simplificada, rápida y eficaz del proceso de moldeo por inyección en la máquina de moldeo por inyección, puesto que no se requiere ningún conocimiento técnico especiales al ajustar la máquina. Más bien, el operador se apoya en el equipo, de manera que las posibles fuentes de error se eliminan ya al comienzo del proceso de moldeo por inyección y, por una parte, el proceso de muestreo se acorta significativamente por ello, se vuelve más libre de fallos con respecto a posibles inyecciones escasas o excesivas, y la calidad de la pieza moldeada por inyección se mejora a través del perfil de crecimiento de volumen adaptado a la geometría. Al mismo tiempo, se pueden reducir los conocimientos especializados necesarios para el manejo de la máquina.

Es esencial para el cálculo del perfil de crecimiento de volumen paso a paso que se proporcione información al menos sobre una parte de la información, que comprende la geometría de la pieza moldeada por inyección y/o de la cavidad de molde así como de la geometría del bebedero. A este respecto, esta información puede provenir de diferentes fuentes. Por ejemplo, de un programa CAD o de un escaneo 3D. En principio, también es concebible que la información ya esté disponible, por ejemplo, en el conocimiento especializado.

Teniendo en cuenta la información de geometría, se calcula a continuación al menos un perfil de crecimiento de volumen de la pieza moldeada por inyección. Para ello, la geometría de la pieza moldeada por inyección se divide en áreas en la dirección de llenado, las cuales juntas constituyen el volumen completo de la pieza moldeada por inyección. Por lo tanto, cada área contiene un volumen parcial correspondiente. Si se llena la cavidad de molde, las áreas se llenan progresivamente, llenándose generalmente una vez un volumen mayor o bien una vez un volumen menor con material hasta que todas las áreas o bien el volumen completo se han llenado completamente. Se calcula un perfil de crecimiento de volumen a partir de este curso.

El perfil de crecimiento de volumen se calcula en la primera etapa por medio de un volumen de llenado de digitalización virtual preferentemente constante. Sobre esta base, entonces la posible etapa posterior es, por ejemplo, que el perfil de crecimiento de volumen se represente como una curva del volumen a lo largo del tiempo o de la trayectoria, por ejemplo, de un medio de transporte tal como un tornillo sin fin de transporte. Mediante el perfil de crecimiento de volumen a partir de los datos geométricos de la pieza moldeada por inyección, se pueden derivar datos de ajuste en cuanto a, por ejemplo, el volumen de inyección, el espesor de pared, las condiciones de flujo, las velocidades de flujo y las trayectorias de flujo absoluto.

Teniendo en cuenta el perfil de crecimiento de volumen, se calcula a continuación al menos una parametrización del valor teórico para una curva de inyección de la máquina de moldeo por inyección. La curva de llenado calculada de ese modo se muestra, por ejemplo, como una sugerencia para el operador en un dispositivo de visualización/funcionamiento operable de manera interactiva.

El cálculo del perfil de crecimiento de volumen paso a paso de la pieza moldeada por inyección se realiza antes de que se lleve a cabo un primer proceso de inyección para la producción de una pieza moldeada por inyección. Por ello,

las posibles fuentes de error se pueden eliminar de manera fiable al comienzo del proceso de moldeo por inyección y el proceso de muestreo se puede acortar aún más. Al mismo tiempo, se pueden reducir aún más los conocimientos especializados necesarios para el manejo de la máquina.

5 El perfil de crecimiento de volumen se calcula teniendo en cuenta al menos una de las informaciones que se refieren al volumen de inyección total o al espesor de pared más grueso y más delgado de la pieza moldeada por inyección o a las relaciones de espesor de pared o a las relaciones de trayectoria de flujo: esta información se puede deducir preferentemente del conocimiento especializado. Mediante estos parámetros conocidos en la tecnología del moldeo por inyección, se puede crear un perfil de crecimiento de volumen de forma rápida y fácilmente comprensible para el operador.

10 Aparte de eso, para un cálculo eficaz y ventajoso, el cálculo capa por capa del perfil de crecimiento de volumen se lleva a cabo en cada caso con un mismo paso de volumen. Por ejemplo, para cada paso de capa se calcula una superficie proyectada a partir de los datos geométricos de la pieza moldeada por inyección y, si se conoce el paso de volumen, se calcula una función sumando las superficies multiplicadas por el paso de volumen, a partir de lo cual se calcula el perfil de crecimiento de volumen.

15 De manera especialmente preferente, para el cálculo del perfil de crecimiento de volumen se usan informaciones del conocimiento especializado, que están clasificadas para obtener un acceso más rápido a la información deseada. La clasificación también se puede realizar en este caso de tal manera que sea comprensible para el operador, es decir, también puede acceder de forma rápida e interactiva a la información procedente que lo respalda. Entre estos criterios se incluyen, por ejemplo, clases de herramientas para herramientas de moldeo por inyección, tiempos de llenado durante el proceso de inyección para la producción de la pieza moldeada por inyección, relaciones de trayectoria de flujo/espesor de pared en la pieza moldeada por inyección, clases de materiales o incluso niveles de moldeo por compresión, con respecto a los espesores de pared mínimo y máximo en la pieza moldeada por inyección. El clasificador también puede efectuar ventajosamente esta clasificación de forma interactiva con un operador mediante estos criterios.

20 En principio, un control de operador interactivo siempre es ventajoso, puesto que el sistema puede solicitar insumo adicional del operador, por ejemplo, en el caso de mal funcionamiento, información faltante o incluso si resulta que un perfil de crecimiento de volumen de este tipo no es o no es tan factible en la respectiva máquina o también puede informarle sobre los resultados obtenidos.

25 En cuanto a una alta precisión ventajosa en el caso del cálculo rápido simultáneo, el perfil de crecimiento de volumen se calcula por medio de al menos un procedimiento de integración, por ejemplo, con un procedimiento de integración numérico, tal como, por ejemplo, la regla del trapecio.

30 Para un manejo intuitivo y ventajosamente sencillo, los datos geométricos leídos se representan en el dispositivo de visualización/funcionamiento. En una etapa adicional, se establece al menos un punto de bebedero relativamente al eje de moldeo por inyección. Esto se puede realizar, por ejemplo, de forma interactiva por el operador, pero el control de máquina lo reconoce preferentemente de forma independiente a través del análisis de los datos geométricos correspondientes, en particular si está presente información de geometría envolvente de la herramienta de moldeo, por ejemplo, por medio de la búsqueda de cuerpos envolventes no cerrados. Aparte de eso, se llevan a cabo establecimientos de características de simetría tales como, por ejemplo, si está presente un sistema de múltiples cavidades que se abastece eventualmente con un sistema de canal caliente y/o si está presente un sistema de distribución de bebederos con bebederos múltiples. Según el procedimiento, primero se considera solo una cavidad y luego se calcula el número adicional de cavidades por suma o bien por desplazamiento. En el caso de bebederos múltiples, por ejemplo, cada punto de bebedero individual se considera por separado de los diversos puntos de bebedero y se totaliza hasta que se alcanza un volumen de contacto. En cuanto los frentes de masa se tocan, se realiza la observación adicional como si solo estuviera presente un punto de bebedero. Con respecto a las pérdidas de presión dinámicas eventuales, se totaliza, por ejemplo, una superficie de sección transversal. Esta manera de proceder simplifica las operaciones aritméticas, ahorra por lo tanto tiempo y hace que el manejo sea más directo.

35 Resulta ventajoso para un ajuste eficiente de la máquina así como de un equipo periférico eventual que al control de máquina se predetermine por el operador información de materiales del material que se va a procesar como información y/o se seleccione por el operador a partir de conocimiento especializado. En principio, es concebible, por ejemplo, seleccionar la clase de material o el material exacto deseado. Con esto y con los datos de los componentes de la máquina, tales como, por ejemplo, los datos respecto al módulo de inyección/tornillo sin fin incorporados, cualquier modelo de plastificación que esté presente para diversas geometrías de tornillo sin fin, por ejemplo, del conocimiento especializado y/o cualquier dato de equipos periféricos, se pueden derivar datos de ajuste, por ejemplo, para el número de revoluciones del tornillo sin fin, la presión de retención y el ajuste de temperatura para el calentamiento del cilindro y el control de la temperatura de la herramienta.

40 Se calcula al menos un proceso de inyección con el perfil de crecimiento de volumen y la información de materiales. Con la ayuda del perfil de crecimiento de volumen, se sabe cuánto volumen se debería llenar, en qué momento o por qué trayectoria. Si esto se combina con la información de materiales, se pueden calcular ventajosamente datos de

ajuste, por ejemplo, con respecto al perfil de inyección, la velocidad de inyección, el moldeo de compresión y/o el tiempo de moldeo de compresión.

5 A este respecto, la parametrización teórica para la curva de inyección se define bajo el supuesto de un frente de masa que fluye a una velocidad constante.

10 Para garantizar ventajosamente un proceso de moldeo por inyección seguro y eficiente, la curva de inyección se adapta a través de parámetros que limitan la unidad de moldeo por inyección. Por ejemplo, en primer lugar se tienen en cuenta las velocidades máximas de la máquina y se seleccionan de manera que la máquina no se "atropelle". Después, por ejemplo, se tienen en cuenta las aceleraciones de la máquina, de manera que no se superen las aceleraciones máximas. Además, el proceso de inyección se normaliza a valores físicos absolutos por medio del análisis de las longitudes de trayectoria de flujo mínima y máxima, de las relaciones de espesor de pared y del volumen parcial total por medio de la comparación de similitud de clases en el conocimiento especializado, preferentemente, por ejemplo, adaptado al tiempo de llenado mínimo o máximo absoluto típico de la clase.

15 Ventajas adicionales se deducen de las reivindicaciones dependientes y de la siguiente descripción de un ejemplo de realización preferente. Las características enumeradas individualmente en las reivindicaciones de patente se pueden combinar las unas con las otras de una manera tecnológicamente racional y se pueden complementar con hechos explicativos de la descripción y con detalles de las figuras, mostrándose variantes de realización adicionales de la invención.

20 A continuación, la invención se explica con más detalle mediante un ejemplo de realización representado en las figuras adjuntas. Muestran:

25 la figura 1 una representación esquemática de una máquina de moldeo por inyección y el control de máquina asociado con un dispositivo de visualización/funcionamiento,
 la figura 2 un diagrama de flujo para el control y la parametrización de la máquina,
 la figura 3a una representación esquemática de una pieza moldeada por inyección con bebedero,
 la figura 3b una representación esquemática de una pieza moldeada por inyección con bebedero,
 30 la figura 4 el dispositivo de visualización/funcionamiento con perfil de crecimiento de volumen y entrada de parámetros.

Descripción de ejemplos de realización preferentes

35 La invención se explicará ahora con más detalle a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos. No obstante, en el caso de los ejemplos de realización, solo se trata de ejemplos que no deberían restringir el concepto inventivo a una disposición determinada. Antes de que la invención se describa en detalle, cabe señalar que no está restringida a los respectivos componentes del dispositivo, así como a las respectivas etapas del procedimiento, puesto que estos componentes y procedimientos pueden variar. Los términos usados en este caso únicamente están destinados a describir formas de realización particulares y no se usan de manera restrictiva. Además, si se usa el singular o el artículo indefinido en la descripción o en las reivindicaciones, esto también se refiere a la mayoría de estos elementos, a menos que el contexto general indique claramente lo contrario.

45 En el contexto de esta invención, se usan las siguientes definiciones:

- Un "perfil de crecimiento de volumen" describe el incremento de volumen a lo largo del tiempo o a lo largo de la trayectoria de un medio de transporte.
- Un "proceso de inyección" es el proceso necesario para la producción de una pieza moldeada por inyección determinada, cuyos datos geométricos se han tomado como base para el cálculo del perfil de crecimiento de volumen.
- 50 - Una "curva de inyección" parametrizada es un proceso de inyección determinado por parámetros calculados por medio del procedimiento, que permite la producción de la pieza moldeada por inyección determinada con el control de máquina en la respectiva máquina de moldeo por inyección.

55 La figura 1 muestra una representación esquemática de una máquina 10 para el procesamiento de plásticos y otras masas plastificables tales como masas cerámicas o en polvo. La máquina 10 presenta una unidad de apertura y de cierre de moldes 12 para abrir y cerrar un molde de inyección 14 con al menos una cavidad de molde 16 para la producción de una pieza moldeada por inyección 18 que corresponde a la forma de la cavidad de molde 16, así como una unidad de moldeo por inyección 20. En la figura 1, el molde de inyección 14 está representado abierto y la pieza moldeada por inyección 18 se ha expulsado, dado el caso, con su bebedero 26 de la cavidad de molde 16. El material plastificable se suministra a la cavidad de molde 16 a través de una geometría de bebedero 24. Cualquier equipo periférico 32, por ejemplo, equipos de refrigeración o equipos de extracción, está conectado a la máquina 10 y/o al control de máquina 22.

65 A la máquina 10 está asignado un control de máquina 22, el cual está conectado al conocimiento especializado 34 en forma de, por ejemplo, bases de datos a través de, por ejemplo, redes.

El conocimiento especializado 34 presenta, por ejemplo, datos con respecto a los materiales que se van a procesar, tales como, por ejemplo, la densidad específica del material sólido y líquido, la temperatura de fusión, el índice de flujo, la velocidad máxima de cizallamiento y/o en general el comportamiento presión-temperatura cuando los materiales se enfrían de líquido a sólido, datos con respecto al conocimiento del moldeo por inyección sobre los cursos de proceso característicos, tales como, por ejemplo, datos sobre el tiempo de llenado para determinadas clases de herramientas en relación con las relaciones entre la trayectoria del flujo y el espesor de la pared en la pieza moldeada por inyección junto con determinadas clases de materiales así como niveles de moldeo por compresión con respecto a los espesores de pared mínimo y máximo en la pieza moldeada por inyección y/o datos respecto a las propiedades estáticas y dinámicas de la cinemática de la máquina. En principio, sin embargo, también son concebibles otros datos del conocimiento especializado 34, que pueden servir para describir un proceso de moldeo por inyección, el equipamiento y/o materiales asociados. En principio, también es concebible que el conocimiento especializado 34 esté presente en el propio control de máquina 22.

Para el contacto interactivo entre el control de máquina 22 y el operador se prevé un dispositivo de visualización/funcionamiento 28, el cual se pone a disposición, por ejemplo, a través de una pantalla con teclado, una pantalla (multi)táctil o incluso otros medios adecuados, tales como, por ejemplo, entrada de voz.

La figura 2 muestra la secuencia del procedimiento. Al comienzo del procedimiento, en la etapa 110, el control de máquina 22 recibe información sobre la geometría de la pieza moldeada por inyección 18 y su disposición como una cavidad de molde 16 en la herramienta y la geometría de bebedero 24. Los datos geométricos pueden provenir de una amplia variedad de fuentes, por ejemplo, de un programa CAD o de un escaneo 3D de un prototipo 3D, por ejemplo, previamente impreso. En principio, también es concebible que el conocimiento especializado 34 ya contenga datos geométricos y/o estos estén almacenados o bien se puedan almacenar allí.

Preferentemente, en un ejemplo de realización adicional, en la etapa 110 se proporcionan datos de materiales del material que se va a procesar, los cuales se predefinen, por ejemplo, por el operador o se seleccionan del conocimiento especializado 34. Por ejemplo, se realiza una selección de una clase de material o del material exacto de una base de datos de material del conocimiento especializado 34. El control de máquina 22 calcula con ello y con los datos de los componentes de la máquina, tales como, por ejemplo, el módulo de inyección y plastificación/tornillo sin fin incorporado, cualquier modelo de plastificación que está presente para diferentes geometrías de tornillo sin fin, así como cualquier dato del equipo periférico 32, valores de ajuste de la máquina 10, tales como, por ejemplo, el número de revoluciones del tornillo sin fin, la presión de retención y el ajuste de temperatura para el calentamiento del cilindro y el control de la temperatura de la herramienta. Preferentemente, en la etapa 120 los datos geométricos de la pieza moldeada por inyección 18 se representan en el dispositivo de visualización/funcionamiento 28. Por ello, el operador puede establecer de manera sencilla e intuitiva al menos un punto de bebedero relativamente al eje de moldeo por inyección. En principio, también es concebible que el control de máquina 22 calcule una sugerencia para el punto de bebedero, por ejemplo, por medio del conocimiento de la relación geométrica entre el sistema de cavidades y la herramienta. Operaciones interactivas adicionales por parte del operador son preferentemente establecimientos de las características de la herramienta, tales como, por ejemplo, si está presente una herramienta de múltiples cavidades con un sistema de canal caliente o una herramienta con bebederos múltiples. Según lo observado, el procedimiento primero considera solo una cavidad y luego calcula el número adicional de cavidades a través de una simple suma o bien a través de un desplazamiento. En el caso de bebederos múltiples, cada punto de bebedero individual se considera por separado de los diversos puntos de bebedero y se totaliza hasta que se alcanza un volumen de contacto. En cuanto los frentes de masa se tocan, se realiza la observación adicional como si solo estuviera presente un punto de bebedero. Con respecto a las pérdidas de presión dinámicas eventuales, se totaliza, por ejemplo, una superficie de sección transversal.

El cálculo del perfil de crecimiento de volumen se realiza en la etapa 130. En las figuras 3a y 3b, las geometrías de la pieza moldeada por inyección 18 están representadas esquemáticamente. Con la ayuda de los datos geométricos de la pieza moldeada por inyección 18, el perfil de crecimiento de volumen se calcula capa por capa, partiendo de un punto de bebedero. La geometría de la pieza moldeada por inyección 18 se constituye capa por capa o bien paso a paso. Por ejemplo, en la figura 3a, el volumen de la pieza moldeada por inyección 18 se acumula en capas 36 hasta la base de la pieza moldeada por inyección, comenzando desde el punto de bebedero. La acumulación sigue entonces radialmente hacia el bebedero 26. En la figura 3b, partiendo del bebedero 26, ambos lados, a la derecha y a la izquierda del bebedero 26, están constituidos de manera uniforme.

El cálculo del perfil de crecimiento de volumen paso a paso de la pieza moldeada por inyección se lleva a cabo antes de que se lleve a cabo un primer proceso de inyección para la producción de una pieza moldeada por inyección. Por ello, las posibles fuentes de error se pueden eliminar de manera fiable al comienzo del proceso de moldeo por inyección y el proceso de muestreo se puede acortar aún más. Al mismo tiempo, se pueden reducir aún más los conocimientos especializados necesarios para el manejo de la máquina.

Para la creación del perfil de crecimiento de volumen, se utiliza información que comprende el volumen de inyección total o el espesor de pared más grueso y más delgado de la pieza moldeada por inyección o las relaciones de espesor de pared o las relaciones de trayectoria de flujo, y que preferentemente se puede deducir del conocimiento especializado.

En la etapa 140, teniendo en cuenta el perfil de crecimiento de volumen paso a paso y el supuesto de un frente de masa que fluye a una velocidad constante, se calcula al menos un proceso de inyección.

5 Preferentemente, el cálculo capa por capa del perfil de crecimiento de volumen se lleva a cabo en cada caso con un mismo paso de volumen 30 de acuerdo con las figuras 3a y 3b.

10 Más preferentemente, el perfil de crecimiento de volumen se calcula a través de al menos un procedimiento de integración, tal como, por ejemplo, a través de un procedimiento de integración numérico, por ejemplo, por medio de la regla del trapecio.

15 Para hacer comprensible el cálculo del perfil de crecimiento de volumen y, dado el caso, acelerarlo, se puede utilizar un clasificador que use y clasifique información del conocimiento especializado y/o información que se predetermine por el operador. Esta información se puede clasificarse en clases y diferenciarse, por ejemplo, según al menos uno de los siguientes criterios: clases de herramientas para herramientas de moldeo por inyección,

- clases de tiempos de llenado en el proceso de inyección para la producción de la pieza moldeada por inyección 18,
- relaciones de trayectoria de flujo-espesor de pared en la pieza moldeada por inyección 18,
- 20 - clases de materiales,
- niveles de moldeo por compresión, con respecto a espesores de pared mínimo y máximo en la pieza moldeada por inyección 18.

25 El clasificador, preferentemente de forma interactiva con un operador, efectúa una clasificación de la pieza moldeada por inyección 18 mediante estos criterios con el fin de hacer accesible para el cálculo información relevante del conocimiento especializado.

30 Por nombrar solo algunos ejemplos no restrictivos, las clases de selección pueden ser, por ejemplo, diferentes espesores de pared, relaciones de flujo, por ejemplo, superiores a 200 o tiempos de llenado máximos, por ejemplo, inferiores a 0,2 s.

35 Preferentemente, el cálculo del perfil de crecimiento de volumen de la pieza moldeada por inyección 18 se realiza a partir de al menos un punto de bebedero, capa por capa, asignándose a cada capa 36 una determinada distancia recorrida Δs de un medio de transporte tal como un tornillo sin fin de transporte o un determinado volumen ΔV .

40 En un ejemplo de realización preferente adicional, en la etapa 150, el proceso de inyección se adapta por medio de los parámetros 42 que limitan la unidad de moldeo por inyección 20, tales como, por ejemplo, velocidades y/o aceleraciones máximas a las que se puede conducir la máquina 10, de manera que la máquina 10 no se "atropelle". Aparte de eso, el tiempo de llenado mínimo/máximo deseado se adapta por medio de una interpolación, por ejemplo, cuadrática o sinusoidal de los valores de velocidad posibles para la máquina en un procedimiento, por ejemplo, recursivo. El operador puede efectuar las adaptación de los parámetros 42, por ejemplo, de acuerdo con la figura 4 en el dispositivo de visualización/funcionamiento 28.

45 En principio, un control de operador interactivo siempre es ventajoso, puesto que el sistema puede solicitar insumo adicional del operador, por ejemplo, en el caso de mal funcionamiento, información faltante o incluso si resulta que un perfil de crecimiento de volumen de este tipo no es o no es tan factible en la respectiva máquina o también puede informarle sobre los resultados obtenidos. Del mismo modo, el operador puede intervenir de forma guiada, por ejemplo, para identificar el bebedero o la dirección del flujo.

50 Lista de referencias

- 10 Máquina
- 12 Unidad de apertura y de cierre de moldes
- 14 Molde de inyección
- 16 Cavidad de molde
- 18 Pieza moldeada por inyección
- 20 Unidad de moldeo por inyección
- 22 Control de máquina
- 24 Geometría de bebedero
- 26 Bebedero
- 28 Dispositivo de visualización/funcionamiento

30	Paso de volumen
32	Equipo periférico
34	Conocimiento especializado
36	Capa
40	Clasificador
42	Parámetro

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de una máquina (10) para el procesamiento de plásticos y otros materiales plastificables tales como masas en polvo y/o cerámicas, presentando la máquina
- 5 - una unidad de apertura y de cierre de moldes (12) para abrir y cerrar un molde de inyección (14) con al menos una cavidad de molde (16) para la producción de una pieza moldeada por inyección (18) que corresponde a la forma de la cavidad de molde (16),
- 10 - una unidad de moldeo por inyección (20) con medios para plastificar y para inyectar el material plastificable en la cavidad de molde (16),
- un control de máquina (22), que está conectado al conocimiento especializado (34) y, si es necesario, se puede influir interactivamente por el operador, presentando el procedimiento las etapas:
- proporcionar información sobre la geometría de la pieza moldeada por inyección (18) y/o de la cavidad de molde (16) que aloja la pieza moldeada al control de máquina (22),
- 15 - proporcionar información sobre la geometría de bebedero (24) al control de máquina (22),
- calcular al menos un perfil de crecimiento de volumen paso a paso de la pieza moldeada por inyección (18) en la dirección de llenado de la cavidad de molde (16) teniendo en cuenta la información de geometría, calculándose capa por capa el perfil de crecimiento de volumen de la pieza moldeada por inyección (18) a partir de al menos un punto de bebedero, asignándose a cada capa una determinada distancia recorrida (Δs) de un medio de transporte o un determinado volumen (ΔV),
- 20 - realizándose el cálculo del al menos un perfil de crecimiento de volumen paso a paso de la pieza moldeada por inyección (18) antes de llevar a cabo un primer proceso de inyección para producir una pieza moldeada por inyección,
- calculándose el perfil de crecimiento de volumen teniendo en cuenta al menos una de las informaciones que se refieren al volumen de inyección total o al espesor de pared más grueso y más delgado de la pieza moldeada por inyección o a las relaciones de espesor de pared o a las relaciones de trayectoria de flujo, que preferentemente se pueden deducir del conocimiento especializado, y
- 25 - calculándose al menos un proceso de inyección teniendo en cuenta el perfil de crecimiento de volumen paso a paso y el supuesto de un frente de masa que fluye a una velocidad constante.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el cálculo del perfil de crecimiento de volumen se lleva a cabo en cada caso con el mismo paso de volumen (30).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que para el cálculo del perfil de crecimiento de volumen se usan informaciones del conocimiento especializado, que están clasificadas en clases y se pueden distinguir según al menos uno de los siguientes criterios, que comprenden
- 35 - clases de herramientas para herramientas de moldeo por inyección,
- clases de tiempos de llenado en el proceso de inyección para la producción de la pieza moldeada por inyección (18),
- 40 - relaciones de trayectoria de flujo-espesor de pared en la pieza moldeada por inyección (18),
- clases de materiales,
- niveles de moldeo por compresión, con respecto a espesores de pared mínimo y máximo en la pieza moldeada por inyección (18),
- efectuando un clasificador, preferentemente de forma interactiva con un operador, una clasificación de la pieza
- 45 moldeada por inyección (18) mediante estos criterios con el fin de hacer accesible para el cálculo información relevante del conocimiento especializado.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el perfil de crecimiento de volumen se calcula por medio de al menos un procedimiento de integración.
- 50 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por al menos una de las etapas:
- representar los datos geométricos en un dispositivo de visualización/funcionamiento (28),
- establecer al menos un punto de bebedero relativamente al eje de moldeo por inyección, preferentemente por medio de la representación,
- 55 - establecer las características de la herramienta.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al control de máquina (22) se predetermina por el operador, como información adicional, información de materiales del material que se va a procesar y/o se selecciona como información del conocimiento especializado (34), que se usa para la normalización del perfil de crecimiento de volumen, y por que el al menos un proceso de inyección se calcula teniendo en cuenta la información de materiales.
- 60 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se determina al menos una parametrización teórica para la curva de inyección asumiendo un frente de masa que fluye a una velocidad de frente de flujo lo más constante posible, preferentemente a una velocidad de crecimiento de volumen constante.
- 65

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se adapta una parametrización teórica para la curva de inyección a través de parámetros (42) que limitan la unidad de moldeo por inyección (20).

Fig. 1

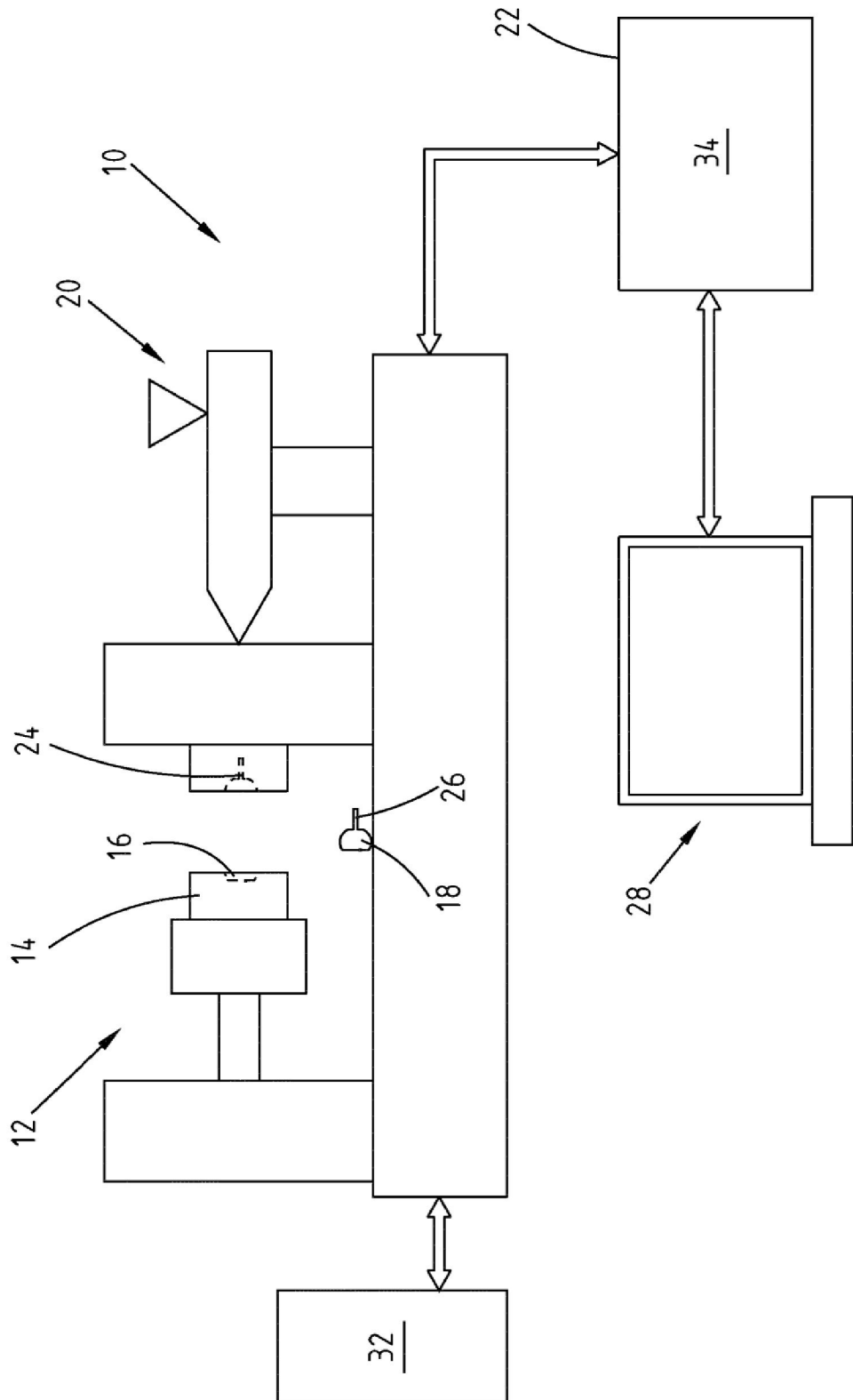


Fig.2

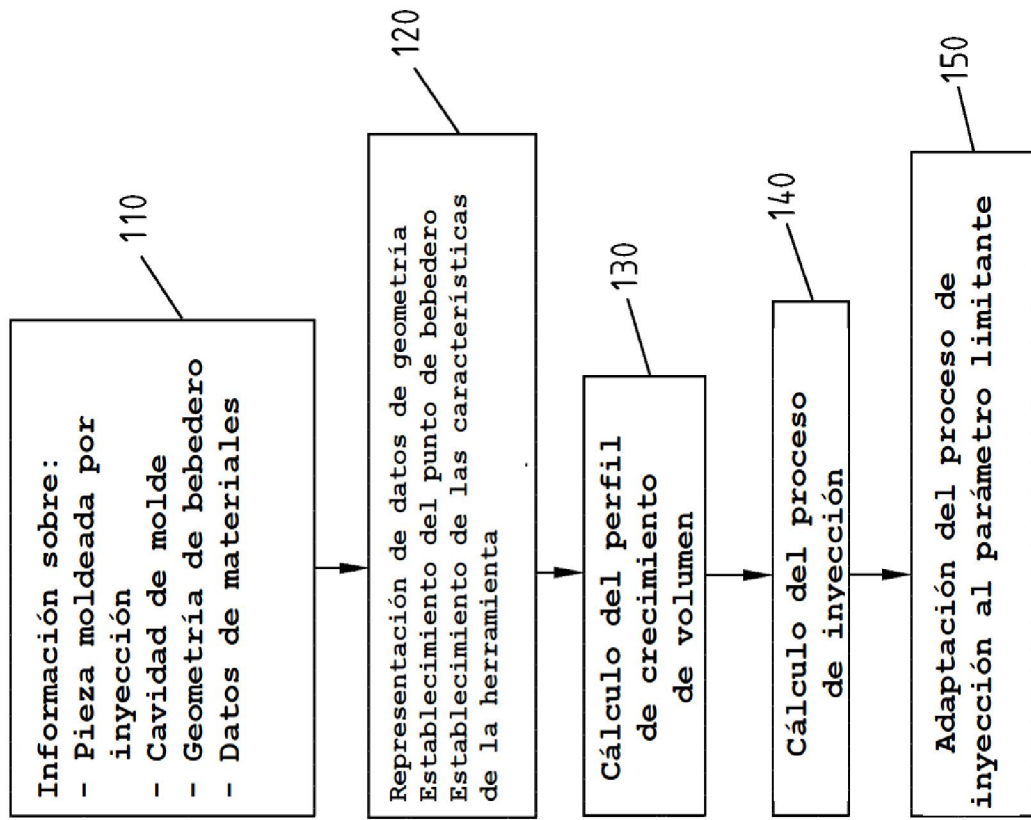


Fig. 3a

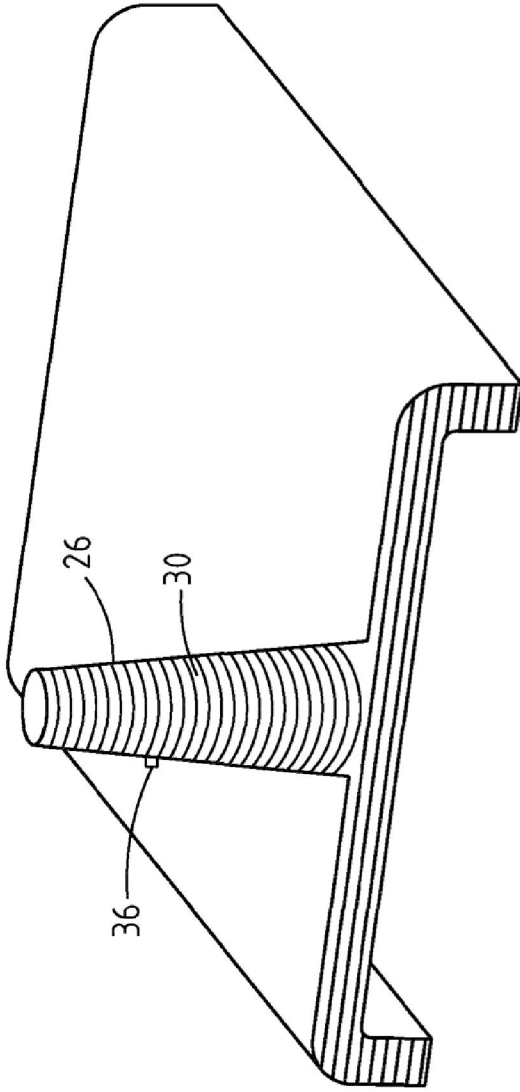


Fig. 3b

