

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 342**

51 Int. Cl.:

**G05D 23/19** (2006.01)

**B29C 45/78** (2006.01)

**B29C 35/02** (2006.01)

**B29C 35/04** (2006.01)

**B29K 101/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2013 E 13151134 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2615518**

54 Título: **Procedimiento para el calentamiento y la regulación de la temperatura de una herramienta de fabricación calentada con un portador de calor líquido y/o en forma de vapor**

30 Prioridad:

**16.01.2012 DE 102012100327**

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

**02.08.2017**

73 Titular/es:

**MITRAS COMPOSITES SYSTEMS GMBH (100.0%)  
Bahnhofstrasse 32  
01471 Radeburg, DE**

72 Inventor/es:

**LIEHR, ERICH, DR.;  
OTT, STEFAN;  
STEINBACH, KAI y  
SAALBACH, HOLGER**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 628 342 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 calentamiento y la regulación de la temperatura de una herramienta de fabricación calentada con un portador de calor líquido y/o en forma de vapor

5 La invención se refiere a procedimientos para el calentamiento y la regulación de la temperatura de una herramienta calentada con un portador de calor líquido y/o en forma de vapor con al menos un circuito de calentamiento para la conformación y/o la fijación de piezas moldeadas de materiales termoendurecibles o que pueden reticularse. En la industria del procesamiento del plástico y el caucho se emplean materiales poliméricos para la producción de piezas  
10 moldeadas, cuyo proceso de procesamiento o conformación tiene lugar suministrando calor. Los materiales poliméricos que pueden reticularse o que son reticulables o termoendurecibles se emplean para la producción de productos o piezas moldeadas de durómeros o caucho (caucho natural o sintético vulcanizado). A este respecto, por regla general se trata de compuestos de moldeo reactivos, en los que en el desarrollo de fabricación mediante suministro de calor dirigido se desencadena una reacción de reticulación irreversible, que según la estructura  
15 química del compuesto de moldeo es una polimerización, una poliadición, una policondensación o una vulcanización. El guiado de temperatura para el suministro de calor requerido tiene que regularse de modo que, durante la transformación del compuesto de moldeo en el estado conformado y la conformación todavía no tiene lugar una reacción de reticulación. Tras la finalización de la fase de conformación, el suministro de calor debe regularse de modo que se consiga un grado de reticulación uniformemente alto con los tiempos por ciclo más cortos  
20 posibles, en conexión con una alta precisión de pieza moldeada durante toda la duración de producción de los productos. Como procedimientos de conformación y fijación se consideran por ejemplo moldeo por inyección, inyección y compresión o moldeo por compresión, en casos específicos tiene lugar la fijación de forma controlada en la temperatura también en autoclaves o calderas de reacción.

25 Dependiendo del diseño de pieza moldeada están previstos uno o más circuitos de calentamiento en la herramienta, a través de los cuales circula un medio de calentamiento adecuado. La temperatura de herramienta requerida depende de un gran número de factores, como por ejemplo el tipo del compuesto de moldeo, el grosor de pared de la pieza moldeada, los requisitos de contracción, demora y estabilidad dimensional así como condiciones de desmoldeo. El empleo de vapor desempeña un papel secundario en comparación con otros medios de calentamiento fluidos. En la industria del caucho, se emplea por ejemplo vapor para el calentamiento de prensas  
30 para la vulcanización de neumáticos. La desventaja del vapor para el calentamiento de herramientas, que requieren una temperatura de herramienta constante, es el alto gasto de regulación, dado que el vapor no es ningún flujo volumétrico constante, como es el caso por ejemplo del agua o el aceite como medio de calentamiento. En el caso de emplear vapor saturado, debe tenerse en cuenta que en la desviación de vapor se origina condensado, que tiene que evacuarse.  
35

La presente invención se refiere preferiblemente a tales operaciones de proceso, que requieren un calentamiento continuo por medio de vapor, en particular vapor saturado, aunque no se limita a este portador de calor, sino que también es adecuado para procesos, en los que se aplica como portador de calor agua o aceite. En un calentamiento por medio de vapor el medio de calentamiento en la herramienta fluye a través de al menos un canal como circuito de calentamiento con avance y retroceso y descarga a este respecto el calor requerido al compuesto de moldeo, para permitir su conformación así como su endurecimiento y/o reticulación.  
40

Por el documento DE 4 141 996 A1 se conoce recurrir como parámetro a la velocidad de reacción que tiene lugar con la reticulación para la regulación del proceso de conformación para materiales de moldeo reticulados. Para la regulación de la temperatura de herramienta para el procesamiento de materiales poliméricos que pueden reticularse se conoce solo de la práctica que la presión de vapor sirve como variable de control, debiendo adaptarse mediante modificaciones de la presión de vapor la temperatura real a la temperatura teórica.  
45

Una regulación de este tipo es demasiado imprecisa para la producción de piezas moldeadas a partir de compuestos de moldeo que pueden reticularse y no permite una fabricación de alta calidad.  
50

En el documento US 3 735 805 A se dan a conocer un procedimiento y un dispositivo para la regulación de temperatura de máquinas de colar, como por ejemplo máquinas de colar por inyección, para el procesamiento de materiales que pueden conformarse en caliente, teniendo lugar la regulación de la temperatura del molde, de la boquilla y de zonas individuales del cilindro de plastificación por medio de un portador de calor caliente y uno más frío según el principio de la regulación de temperatura en tres puntos.  
55

Por el documento DE 4 307 347 A1 se conoce un procedimiento para igualar la temperatura de un molde de inyección, controlándose a través de un sensor una pluralidad de válvulas de control de flujo para el medio de enfriamiento o de calentamiento y dependiendo de la desviación de la temperatura real medida con respecto a la temperatura teórica deseada se suministra medio de enfriamiento o de calentamiento.  
60

En la revista *Plastverarbeiter*, fasc. 35, n.º 5, (1984), págs. 74 a 81, se prevén métodos para la igualación de temperatura exacta con un gasto económico reducido durante el procesamiento de materiales termoplásticos por medio de moldeo por inyección, entre otros también sistema de control de temperatura controlado por  
65

microprocesador para herramientas de moldeo por inyección.

Un objetivo de la invención es mejorar el estado de la técnica. En particular, antes del estado de la técnica representado el objetivo técnico es lograr para la conformación y/o la fijación de piezas moldeadas, de materiales termoendurecibles o que pueden reticularse, una reticulación y un endurecimiento de alta calidad de los materiales en tiempos de fabricación cortos. Según la invención, el objetivo se alcanza mediante las características indicadas en la reivindicación 1. Configuraciones y perfeccionamientos ventajosos de la manera de proceder son objeto de las reivindicaciones 2 a 15.

Antes del comienzo del proceso de calentamiento y regulación, en la memoria de la unidad de control y regulación se deposita un perfil de calentamiento específico para el circuito de calentamiento como base para la regulación de la temperatura de herramienta. Este se crea de antemano mediante las experiencias realizadas y los conocimientos del funcionamiento práctico para la conformación y/o la fijación de piezas moldeadas de materiales termoendurecibles o que pueden reticularse. El proceso de calentamiento y regulación se divide en al menos dos periodos, un periodo de calentamiento con al menos una fase de calentamiento y al menos una fase de pivotado y un periodo de calentamiento estacionario con un diferente comportamiento de regulación. Durante los periodos, el medio portador de calor, por ejemplo vapor, agua o aceite, se suministra al circuito de calentamiento. En el transcurso del proceso, el medio correspondiente puede emplearse alternativamente tanto en el estado líquido como en el estado en forma de vapor.

En la fase de pivotado, se interrumpe de manera intermitente y controlada por tiempo el suministro de medio portador de calor para aproximar la temperatura real de manera regulada y sin oscilaciones a la temperatura teórica, entonces la temperatura del medio portador de calor es normalmente, como en todos los procesos de calentamiento, siempre más alta que la temperatura teórica específica para el circuito de calentamiento deseada en cada caso.

En primer lugar, durante la primera fase de pivotado se mide la temperatura real en la herramienta directamente en el punto de entrada del medio portador de calor a la herramienta. El suministro del medio portador de calor en el periodo de calentamiento se interrumpe dependiendo de la comparación de temperatura teórica/real de manera controlada por tiempo, de tal manera que se forman impulsos de medio portador de calor de diferentes duraciones con en caso necesario interrupciones completas controladas por tiempo del suministro de medio portador de calor como tiempos de pausa. En lugar de duración, también se usa en relación con impulsos de medio también el término longitud de impulso.

Las modificaciones dependientes del tiempo y/o de la temperatura tienen lugar controlando la cantidad de suministro de medio portador de calor a través de una válvula que puede accionarse en una posición "abierta" y en una "cerrada", realizándose el accionamiento de la válvula a través de un algoritmo de regulación predeterminado.

Esta manera de proceder tiene con respecto a los procedimientos de regulación convencionales conocidos las siguientes ventajas:

- tiempos de calentamiento cortos en la fase de calentamiento, dado que puede trabajarse con el flujo volumétrico de medio de calentamiento máximo disponible. En la práctica de igualación de temperatura convencional hasta ahora se trabaja la mayoría de las veces, para impedir un sobrepaso de la temperatura real durante el proceso de calentamiento, ya en esta fase con un flujo volumétrico de calentamiento estrangulado. Por tanto, el método de calentamiento convencional está caracterizado por largos tiempos de calentamiento.
- rápido alcance del periodo de calentamiento estacionario sin sobrepasos de la temperatura teórica deseada mediante un algoritmo de pivotado que se adapta de manera autónoma como función de la naturaleza del calentamiento, de la temperatura teórica y de la temperatura real.
- mantenimiento muy preciso de la temperatura teórica en la fase de calentamiento estacionaria mediante una regulación que trabaja de manera intermitente y modulada por tiempo, dependiente de la temperatura y sensible. Las perturbaciones termodinámicas como por ejemplo modificaciones de la temperatura, de la presión o del flujo volumétrico de medio de calentamiento se reconocen de inmediato y se compensan en cuanto a su efecto negativo en la temperatura real mediante algoritmos de adaptación con respecto a la técnica de regulación que actúan de inmediato. A partir de esto, se obtienen como resultado una mayor estabilidad del proceso y una constancia de calidad mejorada con respecto a los métodos de calentamiento convencionales, que están caracterizados porque se trabaja con un flujo volumétrico de calentamiento constante estrangulado de manera más o menos intensa.
- tiempos de ciclo más cortos, mejoras de calidad y ahorro de energía en el proceso de fabricación porque el módulo de tiempo de la fase de calentamiento estacionaria y el ciclo de fabricación se sincronizan automáticamente por tiempo de modo que el impulso de medio de calentamiento que va a desencadenarse por cada ciclo de fabricación siempre tiene lugar en el instante tecnológicamente ventajoso, es decir, en una cercanía temporal a la operación de conformación.

En la práctica, hay casos de aplicación, por ejemplo la inyección y la compresión de cuerpos básicos de luminaria de SMC (compuesto de moldeo endurecido en caliente plano impregnado previamente con resina de UP), el moldeo por compresión de placas de montaje de Vincolit (compuesto de moldeo de resina fenólica) y el moldeo por inyección de cuerpos básicos de luminaria de BMC (compuesto de moldeo endurecido en caliente de fibras cortas impregnado previamente con resina de UP), donde solo tiene lugar uno o varios periodos de calentamiento y la manera de proceder según la invención ya conduce a las ventajas propuestas.

Si al periodo de calentamiento le sigue un periodo de fabricación, como por ejemplo en el caso del moldeo por inyección, compresión e inyección o moldeo por compresión, entonces se realiza durante el periodo de fabricación la regulación de la temperatura en la herramienta al menos de manera análoga a durante el periodo de calentamiento.

El perfil de calentamiento puede formarse a partir de al menos un módulo de calentamiento con tiempos de calentamiento dependiendo de la temperatura real predeterminada y de las características de calentamiento específicas para el circuito de calentamiento, un primer y un segundo módulo de pivotado con valores para la duración de pivotado dependiendo de la temperatura teórica y de las características de calentamiento, y un módulo de duración de impulso con duraciones de impulso teóricas para el suministro de portador de calor dependiendo de la temperatura teórica y de las características de calentamiento. Los módulos individuales están asignados a una determinada temperatura del portador de calor y antes del comienzo del calentamiento se selecciona de manera específica para el circuito de calentamiento una característica de calentamiento. Los perfiles de calentamiento se crean con referencia al medio de calentamiento que se emplea.

Si varios circuitos de calentamiento forman parte de la primera herramienta, entonces estos se regulan de manera independiente entre sí. En el periodo de calentamiento se finaliza la fase de calentamiento definida por el suministro de portador de calor continuo, suponiendo que una temperatura real asignada a un perfil de calentamiento a una característica de calentamiento predeterminada se encuentra en una cantidad determinada desde el 2 hasta el 10% de la temperatura teórica, por debajo de la temperatura teórica. Durante la primera fase de pivotado, se inician de manera modulada por tiempo impulsos de portador de calor que se acortan de manera degresiva, para aproximar la temperatura real de manera regulada a la temperatura teórica, realizándose la comparación en primer lugar de la temperatura real con la temperatura teórica al comienzo del último módulo de tiempo de esta fase de pivotado. En el caso de desviaciones de la temperatura real con respecto a la temperatura teórica, que son mayores que un valor límite inferior por debajo de la temperatura teórica o son mayores que un valor límite superior por encima de la temperatura teórica, se realiza una prolongación o un acortamiento, en caso necesario hasta el valor 0, de la duración de impulso de portador de calor del último módulo de tiempo de la primera fase de pivotado. Al final de la primera fase de pivotado se lleva a cabo una segunda comparación de la temperatura teórica/real, teniendo lugar en el caso de desviaciones dentro de un intervalo de tolerancia de la transición al periodo de calentamiento estacionario, y en el caso de desviaciones, que se encuentran fuera del intervalo de tolerancia, se inician correcciones adicionales con respecto a la técnica de regulación.

La duración de los impulsos de portador de calor para la primera fase de pivotado degresiva modulada por tiempo se determina según la fórmula de cálculo (1), derivándose la duración de pivotado del primer módulo de pivotado. En el resultado de la comparación de temperatura teórica/real llevada a cabo al final de la primera fase de pivotado se realizan correcciones requeridas por ejemplo tal como sigue:

a) si la temperatura real es demasiado baja en de 5 a 15°K, se inicia en primer lugar un tiempo de calentamiento posterior, cuya duración de la introducción de portador de calor se deriva del módulo de calentamiento de manera que se forma la diferencia entre el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica elegida y el tiempo de calentamiento a la temperatura real medida y se multiplica por un factor de atenuación entre 0,5 y 0,9 e inmediatamente tras ello se inicia una segunda fase de pivotado degresiva modulada por tiempo, cuya duración del impulso de portador de calor se calcula según la igualdad (1), teniendo en cuenta la duración de pivotado derivada del segundo módulo de pivotado;

o

b) si la temperatura real es demasiado baja en más de 15°K, se realiza automáticamente con respecto a la técnica de regulación un cambio en una característica de calentamiento con una mayor duración de calentamiento y se desencadena un tiempo de calentamiento posterior, que se calcula en función de la cantidad de la desviación según la fórmula (2), y tras ello se inicia una segunda fase de pivotado degresiva modulada por tiempo y se regula adicionalmente de manera análoga a después del inicio de la segunda fase de pivotado según a);

o

c) si la temperatura real es demasiado alta en de 5 a 15°K, tiene lugar primero una pausa de calentamiento, cuya duración se determina como diferencia de los tiempos asignados a la temperatura real y a la temperatura teórica en el módulo de calentamiento, se multiplica por un factor de atenuación predeterminado

entre 0,5 y 0,9, y tras ello se inicia una fase de pivotado progresiva modulada por tiempo con una duración de pivotado predeterminada, determinándose la duración de impulso de los impulsos de portador de calor que van a iniciarse por cada módulo de tiempo según la fórmula de cálculo (3);

5 o

- d) si la temperatura real es demasiado alta en más de 15°K, se realiza automáticamente con respecto a la técnica de regulación un cambio en una característica de calentamiento con una duración de calentamiento más corta, teniendo lugar primero una “pausa de calentamiento”, para reducir la temperatura real, cuya duración se determina como diferencia entre el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica según la característica de calentamiento elegida originalmente y el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica según la nueva característica de calentamiento con una duración de calentamiento más corta, se multiplica por un factor de atenuación entre 0,5 y 0,9, y tras ello se inicia una fase de pivotado progresiva modulada por tiempo con impulsos de portador de calor de manera análoga a c).

10

15

Al inicio de una fase de pivotado progresiva, se predetermina una duración, que corresponde a de 5 a 15, preferiblemente a 10 veces el módulo de tiempo elegido, actuando la especificación temporal como correlación entre el factor de atenuación y la duración de pivotado de manera que, en el caso de un factor de atenuación elegido mayor, la duración de pivotado debe dimensionarse más pequeña y a la inversa.

20

Durante el periodo de calentamiento estacionario, se determina el valor medio de la temperatura, del comienzo del impulso de portador de calor respectivo a través de un tiempo de medición del 40 al 90%, preferiblemente del 75%, de la longitud de impulso que va a desencadenarse, y dependiendo de la diferencia de temperatura medida entre el valor medio de la temperatura real y de la temperatura teórica al final del tiempo de medición se determina un valor de corrección, a través del cual se acorta o se prolonga tras el tiempo de medición la duración adicional del impulso de portador de calor actual.

25

El valor de corrección para el acortamiento o la prolongación del impulso de portador de calor actual se determina según la fórmula de cálculo (4).

30

Durante la regulación en el periodo de calentamiento estacionario se realiza tras el inicio del primer impulso de portador de calor para todos los pulsos posteriores una adaptación “deslizante” de la longitud de impulso teórica, cuando las desviaciones la temperatura real y teórica ascienden a al menos 0,5°K y el pronóstico de la desviación de temperatura determinada actualmente coincide con las desviaciones determinadas en un número fijado de impulsos de medio de igualación de temperatura inmediatamente precedentes, determinándose una nueva duración de impulso teórica según la fórmula de cálculo (5).

35

En el caso de procedimientos de fabricación, como por ejemplo en el caso del moldeo por inyección, inyección y compresión o moldeo por compresión, que están caracterizados por un principio de trabajo cíclico, el periodo de fabricación se inicia entonces cuando se ha bajado al menos una vez de un valor de tolerancia predeterminado de una desviación en la comparación de temperatura teórica/real en el periodo de calentamiento estacionario.

40

Preferiblemente, el suministro del medio portador de calor durante el periodo de fabricación se sincroniza con el instante para el desencadenamiento de una señal del control de desarrollo de la máquina de fabricación.

45

En el siguiente periodo de fabricación se mantiene la regulación según el periodo de calentamiento estacionario, desencadenándose el inicio de un impulso de portador de calor mediante la señal del control de desarrollo de la máquina de fabricación y adaptándose con respecto a la técnica de regulación el inicio y el dimensionamiento temporal de impulsos de portador de calor al instante del desencadenamiento de señal en sincronía con el ciclo y la duración del ciclo de fabricación.

50

En el periodo de fabricación, para la adaptación del inicio y el dimensionamiento temporal de impulsos de portador de calor al instante para el desencadenamiento de la señal del control de desarrollo de la máquina de fabricación se realiza opcionalmente una regulación modulada por tiempo o una regulación modulada en el ciclo, en la que el tiempo de ciclo de la máquina de procesamiento forma el módulo de tiempo, o una regulación modulada por tiempo y modulada en el ciclo combinada.

55

En la realización de una regulación modulada por tiempo del periodo de fabricación se diferencia dos casos, en los que en el primer caso, cuando en el instante del desencadenamiento de la señal seleccionada del control de desarrollo de la máquina de fabricación ya se suministra medio portador de calor, a continuación a partir de este instante se introduce medio portador de calor con la duración de impulso teórica calculada y se determina y se desencadena un tiempo de pausa prolongado según la igualdad (6).

60

En el segundo caso, cuando en el instante del desencadenamiento de la señal seleccionada del control de desarrollo de la máquina de fabricación la válvula de control para el suministro del medio portador de calor está cerrada, esta se abre de nuevo y se introduce portador de calor con la duración de impulso teórica calculada y a continuación se

65

determina y se desencadena una interrupción del suministro de portador de calor en forma de un tiempo de pausa prolongado según la igualdad (7).

5 En una regulación modulada en el ciclo puede estar previsto el tiempo de ciclo o se determina a partir del tiempo entre dos señales idénticas de ciclos adyacentes del control de desarrollo de la máquina de procesamiento. Con el tiempo de ciclo existente se calcula según la igualdad (8) el tiempo de impulso teórico del periodo de fabricación modulado en el ciclo. El impulso teórico se desencadena con el comienzo de la señal del control de desarrollo de máquina. En el caso de superar el tiempo de ciclo actual medido con respecto a un valor teórico predeterminado, en el ciclo siguiente se realiza una adaptación de la duración de impulso de portador de calor según la igualdad (9).

10 En el caso de una interrupción de la duración de ciclo a lo largo de un tiempo predeterminado, se conmuta automáticamente de nuevo a la regulación modulada por tiempo.

15 Dentro de un ciclo de fabricación puede llevarse a cabo también, especialmente en el caso de tiempos de ciclo muy largos, en primer lugar una regulación modulada por tiempo de ciclo y tras una duración fijada conmutarse hasta el final de ciclo automáticamente a la regulación modulada por tiempo. La duración del módulo de tiempo se predetermina en este caso dependiendo de la duración de ciclo.

20 Partiendo de un módulo nuevo de tiempo, se determina la duración de impulso teórica que va a aplicarse siempre de manera automática según la siguiente igualdad:

$$t_{teórico,m.n.} = \frac{t_{teórico,m.a.} \cdot f_{m.n.}}{f_{m.a.}} \quad (10), \text{ significando}$$

25  $t_{teórico,m.n.}$  el tiempo de impulso teórico en un módulo nuevo de tiempo,  $t_{teórico,m.a.}$  el impulso teórico para un módulo de tiempo (antiguo) predeterminado anteriormente,  $f_{m.n.}$  el tiempo del módulo nuevo y  $f_{m.a.}$  el tiempo del módulo (antiguo) predeterminado anteriormente.

30 Realizaciones más detalladas con respecto a las fórmulas de cálculo (1) a (7) se indican en el ejemplo de realización. Las fórmulas (8) ó (9) son objeto de las reivindicaciones dependientes 13 ó 14.

En el funcionamiento de fabricación continuo pueden acortarse por medio de la manera de proceder según la invención los tiempos de ciclo y mejorarse la calidad de las piezas moldeadas. Además, se reduce la tasa de residuos.

35 En el ejemplo de realización se ocupa de ventajas adicionales de la manera de proceder según la invención.

La invención se explicará a continuación más en detalle en un ejemplo de realización. En los dibujos correspondientes muestran

40 la figura 1 la unidad de cierre de una máquina de moldeo por inyección con unidad de control y regulación en una representación simplificada,

la figura 2 el módulo de calentamiento como representación gráfica y

45 la figura 3 el módulo de duración de impulso como representación gráfica.

50 En una máquina de moldeo por inyección del tipo Krauss Maffei 1300/8100 MX se produce la pieza moldeada "portalámparas" de compuesto de moldeo de UP endurecido en caliente en el procedimiento de moldeo por inyección y compresión. Parámetros técnicos del procedimiento: Diseño de la herramienta: 2 cavidades, mazarota en cada caso de manera central a través de un sistema de mazarotas de canal frío con mecanismo de cierre de émbolo hidráulico.

Masa de una inyección	2700 g (2 piezas moldeadas inclusive rebaba)
Masa de la herramienta	8500 Kg (realización de bordes por inmersión)
Presión de inyección	800 bar en el compuesto de moldeo
Fuerza de inyección y compresión	9000 kN
Carrera de inyección y compresión	4 mm
Tiempo de inyección	5,5 s

Medio de calentamiento	vapor, temperatura al inicio 180°C
Tiempo de ciclo	65 s
Módulo de tiempo (ZT)	60 s

5 En la figura 1, se muestra en una representación simplificada la unidad 1 de cierre máquina de moldeo por inyección empleada para la inyección y compresión, estando fijada la herramienta 2 de inyección y compresión de dos piezas en las placas de sujeción de la máquina de moldeo por inyección. Como diagramas de bloques se representan la  
 10 unidad 3 de control de desarrollo para la máquina de moldeo por inyección y la unidad 4 de regulación para la regulación de la temperatura de la herramienta 2 de moldeo por inyección y compresión calentada por vapor. La unidad de regulación está conectada con un computador no representado en más detalle, por ejemplo ordenador, en el que está instalado el software requerido para la realización de operaciones de cálculo y operaciones de control así como de regulación.

15 La herramienta 2 de moldeo por inyección y compresión está equipada con cuatro circuitos de calentamiento regulables de manera independiente, de los cuales se ven en la figura 1 en cada caso los conductos 7, 8 de avance y retorno para el suministro de vapor (indicados mediante flechas) de los dos circuitos de calentamiento anteriores. En el conducto 7 de avance está integrada una válvula 5 magnética accionable eléctricamente para abrir y cerrar el  
 20 suministro de vapor. En cada circuito de calentamiento, se encuentra en el tubo 7 de alimentación de vapor directamente en la entrada a la herramienta 2 un sensor 6 de temperatura integrado en la herramienta a través de una conexión con arrastre metálico corta, que está conectado con la unidad 4 de regulación. La unidad 4 de regulación está acoplada con la unidad 3 de control de desarrollo para la máquina de moldeo por inyección a través del conducto S1, para entregar una señal del control de desarrollo de la máquina de moldeo por inyección a la  
 25 unidad 4 de regulación. Para la regulación de la temperatura de herramienta se requiere solo una única señal del control de desarrollo de máquina, como por ejemplo "instante del cierre de la herramienta".

30 El desarrollo de procedimiento para el calentamiento de la herramienta 2 de moldeo por inyección y compresión está dividido en tres periodos, un primer periodo para el calentamiento de la herramienta de moldeo por inyección y compresión hasta una temperatura de funcionamiento (periodo de calentamiento), un segundo periodo para la regulación adicional del calentamiento de la herramienta para el mantenimiento del estado de calentamiento estacionario (periodo de calentamiento estacionario) y como tercer periodo, el periodo de fabricación, de la propia inyección y compresión de las piezas moldeadas. El periodo de calentamiento solo es necesario, cuando se pone en funcionamiento la herramienta en primer lugar o tras una interrupción de la fabricación se pone en funcionamiento de nuevo. En el caso de perturbaciones de corta duración durante el funcionamiento continuo no es necesario un nuevo calentamiento. El periodo de calentamiento estacionario comienza cuando, al final de una fase de pivotado, la comparación de temperatura teórica/real para el respectivo circuito de calentamiento obtiene una desviación menor de más/menos 5°K. Entonces, termina como muy pronto cuando, tras un número fijado de ciclos normales uno a continuación de otro (en el ejemplo esto son 3), en todos los circuitos de calentamiento del sistema que va a calentarse (herramienta) se ha bajado de un valor límite inferior de una desviación (en el ejemplo esto son más/menos 2°K) y el periodo de fabricación se inicia porque, en el caso de un algoritmo de regulación por lo demás igual que en la fase de calentamiento estacionaria, ahora se usa como señal de inicio para el inicio de un impulso de vapor una señal del control de desarrollo de la máquina de procesamiento.

40 Además del computador o PC, forman parte de la unidad de control y regulación aún una unidad de entrada, una unidad de entrada de señales, de procesamiento de señales y de salida de señales, así como una unidad de visualización y una unidad de memoria.

45 En la unidad de memoria está depositado un perfil de calentamiento, que se basa en experiencias y conocimientos del funcionamiento práctico para el procesamiento de materiales poliméricos o caucho. Para la definición de la característica de calentamiento posible se ha previsto lo siguiente:

50 por las operaciones de calentamiento para el procesamiento de materiales poliméricos o caucho se conoce entonces que se realiza una naturaleza de calentamiento o una operación de calentamiento "pausada" cuando, con una temperatura de entrada de vapor determinada (en este caso: 180°C) para el calentamiento de una herramienta de moldeo promedio de 20°C hasta una temperatura de herramienta promedio de 155°C, es necesaria una duración de calentamiento de 120 min y para el mantenimiento de esta temperatura es necesario un suministro de vapor adicional durante una duración de 26 s/min.

55 Una naturaleza de calentamiento u operación de calentamiento "muy rápida" está presente cuando la duración de calentamiento (desde 20 hasta 155°C) asciende a solo 5 min y la duración del suministro de vapor para el mantenimiento de la temperatura asciende a solo 8,8 s/min.

60 Partiendo de estas premisas, se han creado para los módulos "calentamiento", "pivotado" y "tiempo de impulso" una curva característica inferior como naturaleza de calentamiento "pausada" y una curva característica superior como

naturaleza de calentamiento “muy rápida”, encontrándose entre estas dos líneas límite el campo de trabajo prácticamente considerado. Entre estas dos curvas características se introdujeron a la misma distancia entre sí curvas características que discurren de manera idéntica adicionales como característica de calentamiento “rápida”, “normal” y “lenta”. Los valores numéricos asignados a estas curvas características, los tiempos de calentamiento a diferentes temperaturas teóricas, como el denominado módulo AM de calentamiento, la duración de pivotado a diferentes temperaturas teóricas, como el denominado módulo EM de pivotado, y los tiempos de impulso de vapor a diferentes temperaturas teóricas, como el denominado módulo IZM de duración de impulso, están registrados como banco de datos en la memoria o bien en forma gráfica y/o en forma de tabla, en relación con una temperatura de vapor completamente determinada (en este caso: 180°C). Los valores numéricos presentes y almacenados para ello forman la base para las operación de cálculo que tienen lugar durante de manera automática durante el funcionamiento para la determinación del comportamiento de regulación, estando registrado por el módulo almacenado todo el comportamiento térmico disponible en la práctica de los circuitos de herramienta.

El módulo de pivotado comprende una o varias fases de pivotado, cuya duración se calcula de manera diferenciada, pudiendo iniciarse dado el caso también varias fases de pivotado una a continuación de otra.

La categoría a la que se recurre en el respectivo caso de aplicación de la naturaleza del calentamiento para un circuito de calentamiento se fija por regla general debido a valores de la experiencia del usuario y puede saltar dado el caso durante la operación de regulación de manera automática a otra categoría si es que la primera entrada resulta demasiado imprecisa. El módulo de calentamiento (véase la figura 2 y la tabla 1) incluye el campo de trabajo con respecto a la correlación entre la temperatura de vapor, la duración de calentamiento y la temperatura teórica. La relación matemática estas relaciones básicas se basa por ejemplo en una función exponencial, estando determinada la naturaleza de calentamiento por la cantidad del exponente.

El módulo EM de pivotado (véase las tablas 2 y 3) incluye el campo de trabajo con respecto a la relación entre la duración de pivotado, la naturaleza de calentamiento y la temperatura teórica, basándose en una forma específica de una función potencial con exponentes recíprocos o en una relación logarítmica.

El módulo IZM de duración de impulso (véase la figura 3 y la tabla 4) incluye el campo de trabajo con respecto a la relación entre la naturaleza de calentamiento, la temperatura teórica y el tiempo de impulso teórico, suponiendo un estado de funcionamiento estacionario. Las tablas 1 a 4 se indican al final de la descripción.

El módulo de duración de impulso se basa en una forma específica de una función potencial, siendo variables la temperatura teórica y la naturaleza de calentamiento. El cálculo puede tener lugar también según una relación logarítmica.

Es variable regulada del procedimiento una temperatura, cuyo lugar de medición está dispuesto cerca del punto de entrada del vapor a la herramienta y al mismo tiempo permite a través de una pieza de conexión metálica corta con un sensor de temperatura integrado también informaciones térmicas con respecto al estado de temperatura periférico de la herramienta.

Las experiencias prácticas han mostrado que la temperatura en este lugar de medición, cuanto más cerca se encuentra el estado de temperatura de la herramienta durante el calentamiento del estado estacionario, más se ajusta al estado de temperatura que se mide en el centro geométrico de un circuito de calentamiento en la herramienta. En el estado estacionario, la temperatura de punto de medición se encuentra entonces, según las condiciones térmicas y geométricas, siempre entre 2 y 5°K por encima de la temperatura de herramienta promedio e indica modificaciones del estado de temperatura de herramienta promedio concretamente de manera retardada pero segura. Con ello, el uso con respecto a la técnica de regulación de esta señal de temperatura es concretamente costoso, pero la ventaja de la disposición de medición de que no tenga que situarse, cuidarse y eventualmente repararse ningún sensor de medición con coste extra en la herramienta por cada circuito, habla en favor de la facilidad de aplicación técnica de procedimiento claramente mayor de esta solución.

Es variable de control del procedimiento la duración temporal del flujo volumétrico de vapor, que se suministra por medio de elementos de control correspondientes, por ejemplo válvulas magnéticas o válvulas de control motorizadas, de manera modulada por tiempo a lo largo de la respectiva conducción de avance.

En la conducción de retorno está integrada una válvula de descarga de condensado, a través de la cual se evacúa el condensado que se forma.

## I. Periodo de calentamiento

Según el presente ejemplo, están predeterminadas para los dos circuitos I y II de calentamiento del lado de boquilla de la herramienta una temperatura teórica de 165°C y para los dos circuitos III y IV de calentamiento de lado de guiado una temperatura teórica de 155°C.

Basándose en experiencias y conocimientos tecnológicos de la construcción de la herramienta en el



dimensionamiento geométrico de los circuitos de calentamiento individuales se seleccionan e introducen por el usuario para los dos circuitos de calentamiento del lado de boquilla la naturaleza de calentamiento “rápida” y para los circuitos de calentamiento de lado de guiado la naturaleza de calentamiento “lenta” para las temperaturas teóricas mencionadas anteriormente.

5 Desencadenando la función de inicio comienza el periodo de calentamiento, abriéndose las válvulas 5 magnéticas y fluyendo el 100% del flujo volumétrico de vapor disponible a través de los canales de los circuitos I a IV de calentamiento. Durante la fase de calentamiento, la herramienta deberá estar cerrada para evitar pérdidas de calor innecesarias.

10 Entonces, se finaliza el suministro de vapor continuo en el periodo de calentamiento cuando, según el módulo de calentamiento (véase la figura 2 y la tabla 1), se alcanzase una temperatura real, que se encuentra una determinada cantidad X (5, 10 o 15°C) por debajo de la temperatura teórica. A cada naturaleza de calentamiento está asignada una determinada cantidad X, como se indica a continuación, estando depositados los valores como componente del perfil de calentamiento en la memoria de trabajo:

Naturaleza de calentamiento	Muy rápida	Rápida	Normal	Lenta	Pausada
Cantidad X °K	15	10	10	10	5

Las condiciones para la fase de calentamiento de la herramienta se indican en la siguiente tabla.

	Circuitos de calentamiento	
	Lado de boquilla (I y II)	Lado de guiado (III y IV)
Temperatura teórica °C	165	155
Naturaleza de calentamiento	Rápida	Lenta
Tiempo de calentamiento a la temperatura teórica en min según el módulo de calentamiento	28,4	83,5
Cantidad X °C	10	10
Tiempo de calentamiento real	22,3	68,4

20 Tras el transcurso del tiempo de calentamiento real según la tabla anterior finaliza el suministro de vapor continuo para cada uno de los cuatro circuitos de calentamiento y se genera de manera automática para cada circuito de calentamiento una fase  $\tau_1$  de pivotado para aproximar la temperatura que se encuentra por debajo de la temperatura teórica mediante un suministro de calor dosificado de manera energéticamente sensible a la temperatura teórica deseada.

25 Esto es también un requisito para alcanzar en el periodo de funcionamiento estacionario lo más rápidamente posible un modo de trabajo estable con respecto a la técnica de regulación.

30 La primera fase  $\tau_1$  de pivotado está caracterizada por un funcionamiento de impulso de vapor que se acorta de manera regresiva, modulado en minutos.

35 La duración de la fase de pivotado depende de la naturaleza de calentamiento elegida y la altura de la temperatura teórica deseada. Se genera de manera automática a partir del primer módulo de pivotado depositado en la memoria de la unidad de regulación (véase la tabla 2). En relación con el presente ejemplo, se obtiene para los dos circuitos del lado de boquilla una duración de pivotado  $\tau_1$  de en cada caso 18 min y para los circuitos del lado de boquilla de 20 min. En este contexto, al final de la primera fase  $\tau_1$  de pivotado tiene importancia como parámetro adicional la duración de impulso teórica  $t_{teórica}$ . La duración de impulso teórica  $t_{teórica}$  es idéntica a la duración de impulso, que es necesaria en un funcionamiento de impulso de vapor modulado en minutos para mantener, en el estado de funcionamiento estacionario con una temperatura teórica concreta y con la naturaleza de calentamiento específica

40 en cada caso, el estado de funcionamiento estacionario en el nivel de temperatura alta constante. Esta duración de impulso teórica  $t_{teórica}$  depende igualmente de la naturaleza de calentamiento del respectivo circuito de calentamiento y la altura de la temperatura teórica deseada. Se genera igualmente a partir del “módulo IZM de duración de impulso” depositado en la memoria de la unidad de regulación.

45 En relación con el presente ejemplo, a partir del módulo IZM de duración de impulso (véase la figura 3 y la tabla 4) se determina una duración de impulso  $t_{teórica}$  para los dos circuitos de lado de boquilla de 15,4 s/min y para los dos circuitos de lado de guiado de 21,1 s/min. El cálculo de la duración de impulso que va a desencadenarse realmente para los circuitos individuales en la primera fase de pivotado tiene lugar para los respectivos minutos según la igualdad (1), habiéndose elegido como módulo (ZM) de tiempo en el presente ejemplo 60 segundos:

$$(1) \quad t = ZM - \frac{(ZM - t_{teórica})}{\tau} \cdot \tau^*, \text{ significando}$$

$t$  = duración de impulso para el respectivo instante real

$t_{teórica}$  = duración de impulso teórica en s/min según el módulo IZM de duración de impulso

$\tau^*$  = tiempo de referencia actual al comienzo de la fase de pivotado en min; (comienza con 1)

5 Dado que solo debe partirse en el caso ideal de que, con la elección realizada por el usuario de la naturaleza de calentamiento concreta para el circuito de calentamiento, se alcance el comportamiento de calentamiento que es verdaderamente cierto desde el punto de vista termodinámico, en el último minuto de la primera fase de pivotado tiene lugar una primera adaptación a eventuales desviaciones termodinámicas. Para ello, al comienzo del último minuto tiene lugar en primer lugar una comparación de la temperatura real con la temperatura teórica tal como sigue:

10 a) si la temperatura real  $> 2^\circ\text{K}$  por debajo de la temperatura teórica, entonces tiene lugar en el último minuto de la fase de pivotado una prolongación del impulso en un factor entre 1,5 y 3, en el presente ejemplo se eligió el factor 2;

15 b) si la temperatura real  $> 8^\circ\text{K}$  por encima de la temperatura teórica, entonces se prescinde del impulso del último minuto.

20 En el caso de todas las otras desviaciones determinadas al comienzo del último minuto de la fase de pivotado fuera de a) o b), no tiene lugar ninguna corrección de la duración de impulso de vapor, es decir se desencadena según la igualdad (1) o la igualdad (3) la duración de impulso teórica.

En la siguiente tabla se indican los valores de salida y las adaptaciones o modificaciones realizadas de la duración de impulso teórica dentro del último minuto de la primera duración de pivotado:

	Circuitos de calentamiento			
	I	II	III	IV
Temperatura teórica °C	165	165	155	155
Duración de impulso teórica s/min	15,4	45,4	21,1	21,1
Temperatura real al comienzo del último minuto °C	156	175	129	173
Adaptación realizada de la duración de impulso teórica en el último minuto en s/min	30,8	0	42,2	0

25 Al final de la primera fase de pivotado se realiza una segunda comparación de la situación real térmica con el estado teórico realiza. Para los circuitos I a IV de calentamiento se han medido las siguientes temperaturas reales:

	Circuitos de calentamiento			
	I	II	III	IV
Temperatura teórica °C	165	165	155	155
Temperatura real °C	158	172	131	171

30 Como ya se ha mencionado, en el caso de desviaciones de las temperaturas reales con respecto a las temperaturas teóricas, tras la finalización de la primera fase de pivotado se llevan a cabo para los circuitos de calentamiento en cuestión fases de corrección para ajustar las temperaturas reales a las temperaturas teóricas. Para los circuitos I a IV de calentamiento individuales se realizan las siguientes medidas correctivas con respecto a la técnica de regulación:

35 **Circuito I de calentamiento** (temperatura real demasiado baja en  $7^\circ\text{C}$ ):

A partir del módulo de calentamiento se determina en minutos y se desencadena de manera automática un tiempo de calentamiento posterior, cuya duración se deriva de manera que se forma la diferencia entre el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica elegida y el tiempo de calentamiento a la temperatura real medida y se multiplica por un factor de atenuación entre 0,5 y 0,9. En el ejemplo práctico se eligió como factor de atenuación 0,5 con lo que se obtuvo un tiempo de calentamiento posterior de  $((28,4 - 23,8) \times 0,5 = 2,3 \text{ min})$  2,3 min.

45 A continuación, se inicia una segunda fase de pivotado según la igualdad 1, partiéndose de un segundo módulo de pivotado, cuyos valores para la duración de pivotado están reducidos en comparación con la primera matriz de pivotado en aproximadamente el 50%. En el presente ejemplo se obtuvo en el caso de la temperatura teórica de  $165^\circ\text{C}$  una segunda duración de pivotado  $\tau_2$  de 9 min (tabla 3).

Al comienzo del último minuto de la segunda fase de pivotado se lleva a cabo, de manera análoga al caso de la primera fase de pivotado, de nuevo una comparación teórica/real, que desencadena en los rebasamientos descritos de límites de desviación las medidas de control termodinámicas ya mostradas en el contexto de la primera duración de pivotado.

Al final de la segunda fase de pivotado se lleva a cabo otra vez una comparación teórica/real. Si las desviaciones son menores de más/menos 5°K, tiene lugar la transición a la fase de regulación. Tras la fase de calentamiento posterior y la segunda fase de pivotado se midió una temperatura real de 163,5°C. Para este circuito de calentamiento I de calentamiento tiene lugar ahora la regulación de la temperatura de herramienta según las condiciones para el periodo de calentamiento estacionario.

**Circuito II de calentamiento** (temperatura real demasiado alta en 7°C):

En el caso de temperaturas reales demasiado altas (de > 5°K a < 15°K) se inicia en primer lugar una pausa de calentamiento, es decir se interrumpe el suministro de vapor. La duración de la interrupción o pausa requerida se determina de manera automática tal como sigue a partir del módulo de calentamiento (categoría “rápida”):

Temperatura real:	172 °C	Duración de calentamiento:	35,9 min
Temperatura teórica:	165 °C	Duración de calentamiento:	28,4 min
		Diferencia	7,5 min

Multiplicada por un factor de atenuación 0,75 se obtiene un tiempo de pausa de 5,6 min. Tras la finalización del tiempo de pausa comienza una fase de pivotado con impulsos de vapor crecientes por minuto de manera progresiva (pivotado desde arriba), para preparar una transición de baja vibración, energéticamente sensible, a la fase de regulación. El cálculo del tiempo de impulso/min para la fase de pivotado progresivo tiene lugar según la siguiente igualdad (3):

$$(3) \quad t = \frac{t_{teórica}}{\tau} \cdot \tau^*, \text{ significando}$$

- $t$  = duración de impulso en s/min para el respectivo instante real,
- $t_{teórica}$  = longitud de impulso teórica en s/min a la temperatura teórica según el módulo de duración de impulso,
- $\tau^*$  = tiempo de referencia actual a partir del comienzo de la fase de pivotado; en el 1<sup>er</sup> minuto con 1,
- $\tau$  = duración de la fase de pivotado (duración de pivotado).

En el presente ejemplo se ha fijado la duración de pivotado caracterizada por impulsos crecientes por minuto de manera progresiva en 10 min.

Análisis prácticos propios obtuvieron como resultado que en la fijación de la duración de pivotado y del factor de atenuación de la fase de pivotado progresivo debe tenerse en cuenta una correlación existente entre las dos magnitudes de manera que, con un mayor factor de atenuación elegido, la duración de pivotado debe dimensionarse más pequeña. Para asegurar una transición de baja vibración, energéticamente sensible, a la fase de regulación, no deberá bajarse por debajo de una duración de pivotado mínima. El intervalo de duración temporal recomendado para la duración de pivotado es >5 <15min y para el factor de atenuación el intervalo de valores de 0,5 a 0,9.

Al final de esta fase de pivotado se midió una temperatura real de 166,5°C y con ello también para el circuito II del lado de boquilla la fase de regulación para el periodo de funcionamiento estacionario. En el último minuto de esta segunda fase de pivotado se realizó de manera análoga a la manera ya descrita una comparación teórica/real de la temperatura, en la que en el caso del establecimiento de desviaciones del tipo igualmente descrito en mayor medida, se desencadenan medidas de control termodinámicas correspondientes.

**Circuito III de calentamiento** (temperatura real demasiado baja en 24°C):

Al final de la fase de pivotado se midió una temperatura real de 131°C. Dado que esta es menor en más de 15°K que la temperatura teórica, el comportamiento de regulación cambia de manera automática en la categoría adyacente con una mayor duración de calentamiento, es decir de “lenta” a “pausada”, desencadenándose en primer lugar un “tiempo de calentamiento posterior” ( $t_N$ ), cuya duración temporal se calcula tal como sigue:

- a) determinación del valor de tiempo de la categoría “pausada” que se obtiene como resultado en el caso de la temperatura real disponible =  $t_{A\ real}$
- b) determinación del valor de tiempo en la categoría “pausada” que se obtiene como resultado en el caso de la temperatura teórica  $t = t_{A\ teórica}$
- c) determinación de la segunda duración de pivotado  $\tau_2$  (categoría “pausada”) a la temperatura teórica. Igualdad (2):

$$(2) \quad t_N = (t_{A\ teóricoo} - \tau_2) - t_{A\ real}, \text{ significando}$$

$t_N$  = tiempo de calentamiento posterior

$t_{A\ teóricoo}$  = tiempo de calentamiento a la temperatura teórica y la nueva característica de calentamiento

$t_{A\ real}$  = tiempo de calentamiento a la temperatura real y la nueva característica de calentamiento

$\tau_2$  = duración de pivotado según la segunda matriz de pivotado en el caso de una nueva característica de calentamiento y temperatura teórica

Según la tabla 1, se obtienen los siguientes valores:

Para  $t_{A\ real}$  se obtiene a 131 °C: 76,90 min

Para  $t_{A\ teórica}$  se obtiene a 155 °C: 120,70 min

Según la tabla 3, se obtiene

Para  $\tau_2$  se obtiene a 155 °C: 13,00 min

A partir de esto se calcula un tiempo de calentamiento posterior de:  $(120,7 - 13) - 76,9 = 30,8$  min.

Tras el transcurso del tiempo de calentamiento posterior se continúa una segunda fase de pivotado con impulsos que se acortan por minuto a lo largo del tiempo de pivotado de manera degresiva según la igualdad (1).

A este respecto, se recurre al valor para el tiempo de impulso teórico de la tabla 4 “módulo de duración de impulso” (a 155°C, categoría “pausada”,  $t_{teórico} = 26,4$  s).

Al final del último minuto de la segunda fase de pivotado se lleva a cabo una comparación de temperatura teórica/real adicional. Esta obtuvo una temperatura real de 153°C, que solo se desvía en 2°C de la temperatura teórica, de modo que ahora se inicia también para este circuito III de calentamiento la fase de regulación para el periodo de calentamiento estacionario.

**Circuito IV de calentamiento** (temperatura real demasiado alta en 16°C):

Al final de la fase de pivotado se midió una temperatura real de 171°C. Dado que esta es mayor en más de 15°K que la temperatura teórica, el comportamiento de regulación cambia de manera automática en la categoría adyacente con una duración de calentamiento más corta, es decir de “lento” a “normal”, desencadenándose en primer lugar una “pausa de calentamiento” para reducir la temperatura real. La duración temporal de la pausa de calentamiento requerida se determina a partir de la diferencia  $t_{A\ lenta}$  menos  $t_{A\ normal}$  multiplicada por un factor K de atenuación (entre 0,5 y 0,9).

$t_{A\ pausada}$  es el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica según la categoría “pausada” elegida originalmente

$t_{A\ normal}$  es el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica según la categoría °C “normal” recién elegida

$t_{A\ pausada}$  (a 155°C) 83,5 min

$t_{A\ normal}$  (155°C) 50,1 min

Para K se eligió = 0,5, mediante lo cual se obtiene un tiempo de pausa de 16,7 min.

Con la finalización del tiempo de pausa comienza de manera análoga, como ya se explica para el circuito II de calentamiento, una segunda fase de pivotado con tiempos de impulso crecientes por minuto de manera progresiva. La duración temporal de esta fase de pivotado asciende igualmente a 10 min y el cálculo de la duración temporal de los impulsos que van a desencadenarse por minuto tiene lugar igualmente según la igualdad (3).

5 En este sentido, para  $t_{teórica}$  se selecciona del módulo de duración de impulso el tiempo que se obtiene como resultado en el caso de la temperatura teórica para la categoría "normal" recién elegida.

10 La duración se determina y se desencadena de manera automática a través del software de cálculo instalado.

$t_{A\text{ pausada}}$  (a 155°C)            83,5 min

15 Al final del último minuto de esta fase de pivotado tiene lugar una comparación de temperatura teórica/real adicional, habiéndose medido una temperatura real de 157°C, que solo se desvía en 2°C de la temperatura teórica, de modo que ahora se inicia también para este circuito IV de calentamiento la fase de regulación para el periodo de calentamiento estacionario.

**II. Periodo de calentamiento estacionario**

20 La regulación de la temperatura de los circuitos I a IV de calentamiento individuales tiene lugar tras la finalización de la respectiva fase de calentamiento por medio de la introducción de impulsos de vapor intermitentes modulados por tiempo (temperatura de vapor 180°C).

25 Como unidad de tiempo se eligió en el presente ejemplo 1 minuto, es decir, por cada minuto se desencadena un impulso de vapor predeterminado temporalmente en su duración de manera exacta de modo que la temperatura en el lugar de medición se mantiene en el nivel de temperatura teórica deseado.

30 Para la regulación se recurre siempre al valor medio de la temperatura, que se mide desde el comienzo de un impulso de calentamiento a lo largo de del 40 al 90%, preferiblemente el 75%, de la longitud de impulso que va a desencadenarse. Para ello se usa el término tiempo de medición. Con ello se asegura con respecto a la técnica de regulación que en el caso de perturbaciones termodinámicas todavía pueden realizarse en el mismo ciclo de regulación tanto prolongaciones de tiempo de impulso como acortamientos de tipo de impulso de hasta el 25% en el impulso de vapor actual.

35 El modo de trabajo de la regulación propuesta está proyectada de modo que la condición:

$$\int_{t_0}^{t_{75}} \vartheta_{real}(dt) - \int_{t_0}^{t_{75}} \vartheta_{teórica}(dt) = \Delta$$

40 o en un modo de consideración aritmético

$$\frac{\vartheta_{real}(t_{75}) - \vartheta_{real}(t_0)}{2} + \vartheta_{real}(t_0) - \vartheta_{teórica} = \Delta$$

se cumple con  $\Delta = 0$ , significando a este respecto:

- $t_0$             =            instante del comienzo del impulso,
- $t_{75}$            =            instante en el que ha transcurrido el 75% del tiempo de impulso,
- $\vartheta_{teórica}$       =            temperatura teórica deseada,
- $\vartheta_{real}$            =            temperatura real medida,
- $\vartheta_{real}(t_0)$      =            la temperatura medida al comienzo del impulso y
- $\vartheta_{real}(t_{75})$    =            la temperatura medida en el instante en el que ha transcurrido el 75% del tiempo de impulso.

45 Dependiendo de la diferencia de temperatura determinada  $\Delta\vartheta$ , el valor medio de la temperatura real y de la temperatura teórica tiene lugar entonces directamente tras el instante de impulso  $t_{75}$  el cálculo de una corrección del tiempo de impulso teórico cuando, de manera condicionada por el efecto de perturbaciones termodinámicas, no se mantiene la condición mencionada anteriormente. El algoritmo de cálculo para ello es el siguiente:

$$(4) \quad t_{corr} = t_{teórica} \pm t_{teórica} \cdot K, \text{ significando}$$

$t_{corr}$  = duración de impulso corregida

$t_{teórica}$  = duración de impulso teórica según el módulo de duración de impulso

$K$  = factor de corrección.

5 El factor  $K$  de corrección se calcula por medio relaciones matemáticas especiales dependiendo de la diferencia  $\Delta\vartheta$  de temperatura en cada caso y la longitud de impulso corregida que se obtiene en el caso de una diferencia de temperatura positiva a partir de la forma de diferencia y en el caso de una diferencia de temperatura negativa de la forma de suma de la igualdad (4) todavía se hace efectiva en el minuto actual de manera que se acorta o se prolonga el tiempo de impulso con respecto al tiempo de impulso teórico.

10 La regulación se explica en detalle a continuación para los circuitos I a IV de calentamiento individuales. La regulación para el período de funcionamiento estacionario comienza ya directamente tras la finalización del período de calentamiento para el circuito de calentamiento en cuestión, es decir entonces cuando finaliza la fase de pivotado y las desviaciones con respecto a la temperatura teórica predeterminada son menores de más/menos 5°K.

15 **Circuito I de calentamiento**

La temperatura real medida al final de la fase de pivotado asciende a 163,5°C. Durante este primer impulso de vapor se mide al comienzo del impulso (instante  $t_0$ ) una temperatura de 163,5°C y en el instante  $t_{(75)}$  una temperatura de 165,3°C. A partir de esto se obtiene un valor medio de 164,2°C y con ello una  $\Delta\vartheta$  de -0,8°K, es decir, la temperatura teórica está por debajo en 0,8°C (el pronóstico es menos).

Con respecto a la técnica de regulación se interviene todavía en el mismo segmento de minuto de manera correctiva con una adaptación de tiempo de impulso tal como sigue:

25 En la igualdad (4) se incorporó para el cálculo del factor de corrección la relación 
$$K = \frac{-3+6|\Delta\vartheta|}{100}$$
.

Según la igualdad (4) se obtiene

30 
$$t_{corr} = t_{teórico} + t_{teórico} \cdot \left( \frac{-3+6|\Delta\vartheta|}{100} \right) \text{ para } \Delta\vartheta \text{ neg.}$$
 y

$$t_{corr} = t_{teórico} - t_{teórico} \cdot \left( \frac{-3+6|\Delta\vartheta|}{100} \right) \text{ para } \Delta\vartheta \text{ pos.}$$

35 El valor para  $t_{teórico}$  (= 15,4) se obtiene del módulo de duración de impulso, naturaleza de calentamiento "rápida", temperatura teórica 165°C.

Empleando los valores mencionados anteriormente se obtiene para  $t_{corr} = 15,4 + 0,28 = 15,68$  s, es decir para la compensación de la desviación de temperatura de -0,8°C se prolonga la duración del impulso de vapor actual de inmediato en 0,28 s, de 15,4 s a 15,68 s.

40 En el siguiente minuto se determina solo una diferencia de temperatura  $\Delta\vartheta$  de 0,6°C. Con respecto a la técnica de regulación se incorpora de manera correctiva con una prolongación de impulso de 0,09 s, de 15,4 a 15,49. En el siguiente minuto no se determina prácticamente ninguna diferencia de temperatura ( $\Delta\vartheta < 0,5^\circ K$ ) y por consiguiente no se realiza ninguna corrección adicional, dado que está predeterminado que solo tenga que reaccionarse a Desviaciones de temperatura  $> 0,5^\circ K$  con respecto a la técnica de regulación.

45 **Circuito II de calentamiento**

50 Durante este primer impulso de vapor se mide al comienzo del impulso (instante  $t_0$ ) una temperatura de 166,5°C y en el instante  $t_{(75)}$  una temperatura de 168,5°C.

Se obtiene un valor medio de 167,5 y a partir del mismo a su vez una desviación de temperatura promedio  $\Delta\vartheta$  de +2,5°C.

El cálculo llevado a cabo según la igualdad (4) obtiene una corrección de tiempo de impulso de -1,85 s, de 15,4 s a 13,55 s.

- 5 La comparación real-teórica de la temperatura en el instante  $t_{75}$  del segundo impulso obtuvo una desviación  $\Delta\vartheta$  de +1,4°C, que condujo a un acortamiento de tiempo de impulso automático de -0,83 s, de 15,4 a 14,57 s.

10 Para incluir en particular el comportamiento de compensación térmico temporalmente retardado durante los ciclos de inyección individuales, se introdujo ahora para el dimensionamiento de la longitud de impulso teórica de los pulsos posteriores una regulación, que entonces se aplica siempre que, en el caso del segundo impulso, tras el comienzo de la fase de regulación, se determine todavía una desviación de temperatura  $>0,5^{\circ}\text{K}$ . Se trata de una adaptación “deslizante” de la longitud de impulso teórica para todos los pulsos posteriores en los que las desviaciones entre la temperatura real y teórica ascienden a al menos  $0,5^{\circ}\text{K}$ .

- 15 El cálculo de esta nueva duración de impulso adaptada  $t_{\text{teórica nueva}}$  tiene lugar según la siguiente relación:

$$(5) \quad t_{\text{teórica nueva}} = t_{\text{teórica}} \pm t_{\text{teórica}} \cdot \alpha \cdot K, \quad \text{significando}$$

$t_{\text{teórica nueva}}$  = nueva duración de impulso teórica

$t_{\text{teórica}}$  = duración de impulso teórica según el módulo de duración de impulso

$K$  = factor de corrección

$\alpha$  = factor de atenuación

- 20 En el caso de una diferencia de temperatura positiva se aplica la forma de diferencia y en el caso de una diferencia de temperatura negativa se aplica la forma de suma de la igualdad (5).

25 Para el factor  $K$  de corrección se recurre siempre a la cantidad que se determinó en el cálculo del último impulso de regulación. Para el factor  $\alpha$  de atenuación se han mantenido valores entre 0,3 y 1. En el caso a modo de ejemplo se eligió para todos los circuitos  $\alpha=0,5$ . Además, tiene lugar entonces un nuevo cálculo de  $t_{\text{teórica}}$  siempre que en el ciclo, en el que se basa el nuevo cálculo, el pronóstico de la desviación de regulación permanezca igual con respecto al ciclo inicial, siendo este el caso (siendo  $K=0,054$ ).

$$t_{\text{teórica nueva}} = 15,4 - (15,4 \times 0,5 \times 0,054) = 14,98 \text{ s}$$

- 30 El tercer impulso de vapor se desencadena de nuevo ahora con el valor  $t_{\text{teórica}}$  recién calculado, a lo largo de una duración de 14,98 s. La medición de temperatura obtuvo directamente tras la finalización de esta duración de impulso de vapor una bajada con respecto a la temperatura teórica de  $0,4^{\circ}\text{K}$ , de modo que no es necesaria ninguna corrección de la duración de impulso de vapor.

35 El procedimiento para la adaptación “deslizante” de la longitud de impulso teórica tiene también el objetivo de determinar la longitud de impulso en la que, en el funcionamiento estacionario, se mantiene de manera exacta la temperatura teórica sin correcciones de tiempo de impulso continuas. En el campo de trabajo entre la naturaleza de calentamiento (curva característica de circuitos de calentamiento térmica) y la temperatura teórica esto es solo un punto concreto, que se encuentra solo de manera casual en la curva de la naturaleza de calentamiento elegida. El conocimiento de este punto de trabajo es importante porque los datos característicos descritos de manera matemática del punto de trabajo, es decir las coordenadas en el campo de trabajo, en el arranque de nuevo de un proceso, en conexión con una nueva fase de calentamiento, pivotado entre otros se ajusta de manera más rápida el comportamiento de regulación efectivo. Por tanto, las coordenadas del punto de trabajo térmico, a partir de las que puede derivarse también de manera segura el comportamiento de curva característica térmica del respectivo circuito de calentamiento, archivado de manera accesible tras su primera determinación en la memoria de la unidad de regulación.

### 50 Circuito III de calentamiento

La fase de regulación intermitente modulada en minutos para el periodo de funcionamiento estacionario se inicia tras la finalización de la segunda fase de pivotado.

- 55 Según el módulo de duración de impulso, el tiempo de impulso teórico  $t_{\text{teórico}}$  asciende a 26,4 s/min (naturaleza de calentamiento “pausada”). Durante este primer impulso de vapor se midió en el instante  $t_0$  una temperatura de  $153^{\circ}\text{C}$  y en el instante  $t_{75}$  de  $154,6^{\circ}\text{C}$ . A partir de esto se obtiene un valor medio de  $153,8^{\circ}\text{C}$  y con ello una  $\Delta\vartheta$  de  $-1,2^{\circ}\text{K}$ .

Con respecto a la técnica de regulación tiene lugar todavía en el mismo segmento de minuto una adaptación de tiempo de impulso según el siguiente método de cálculo: En la igualdad (4) se empleó para el cálculo del tiempo de impulso corregido la siguiente relación para el factor K:

5

$$K = \frac{\Delta\vartheta^2}{100}$$

y se obtuvo la siguiente igualdad (4) modificada para desviación positiva y negativa:

10  $t_{corr} = t_{teórico} + t_{teórico} \cdot \left(\frac{\Delta\vartheta^2}{100}\right)$  para  $\Delta\vartheta$  neg. y

$t_{corr} = t_{teórico} - t_{teórico} \cdot \left(\frac{\Delta\vartheta^2}{100}\right)$  para  $\Delta\vartheta$  pos.

15 Empleando los valores mencionados anteriormente se obtiene para  $t_{corr} = 26,4 + 0,38 = 26,78$  s, es decir, la duración de impulso de vapor del primer minuto se prolonga en 0,38 s.

La diferencia entre las igualdades  $K = \frac{-3+6|\Delta\vartheta|}{100}$ , y  $K = \frac{\Delta\vartheta^2}{100}$  consiste con respecto al efecto de corrección en que, aplicando la igualdad en el caso de diferencias de temperatura  $\Delta\vartheta$  de hasta 5°K, el efecto de corrección es menor, aunque a partir de  $\Delta\vartheta$  mayores de 5°K, el efecto de corrección se hace mayor. Como recomendación general se obtiene a partir de esto que, aplicando la igualdad, el exponente, que se eligió en el ejemplo como 2, asciende a entre 1,5 y 3.

25 Mediante la corrección de tiempo de impulso descrita en la presente del primer impulso se ajusta en el segundo minuto la diferencia de temperatura teórica-real a una  $\Delta\vartheta$  de +0,6°K.

Según las relaciones matemáticas de la igualdad (4) y la igualdad (5) tuvo lugar de inmediato de manera automática una corrección de tiempo de 0,1 s hasta una longitud de impulso de 26,3 s.

30 En el siguiente minuto se determinó una  $\Delta\vartheta$  de +1,1°K y a partir de esto, se obtuvo como resultado una corrección de tiempo de 0,32 s, hasta 26,18 s.

35 Dado que en el tercer minuto por segunda vez de manera consecutiva se estableció una desviación de temperatura mayor de 0,5°K con el mismo pronóstico, se lleva a cabo de manera automática una adaptación "deslizante" de la longitud de impulso teórica. Para la diferencia de temperatura establecida de +1,1°K se obtiene empleando en la relación  $t_{teórico\ nuevo} = t_{teórico\ antiguo} - (t_{teórico\ antiguo} \times 0,5\ K)$  un acortamiento de la longitud de impulso teórica de 0,16 s hasta 26,24 s. Después de dos minutos adicionales, en los que se determinaron diferencias de temperatura mayores de 0,5°K y se llevaron a cabo adaptaciones de tiempo de impulso "deslizantes" análogas correspondientes, se ajusta en el sexto minuto tras el comienzo de la fase de regulación una desviación de regulación de menos de 0,5°K con una nueva duración de impulso teórica de 26,1 s.

40 Después de que en los siguientes tres minutos adicionales incluyendo una duración de impulso teórica de 26,1 s las desviaciones establecidas fueran menores de 0,5°K, podría partirse de la consecución de un estado termodinámico casi estacionario.

45 Los valores del punto de trabajado que se obtiene como resultado en este estado de regulación en el diagrama dispuesto del "módulo de tiempo de impulso" de sistema de coordenadas se transfirieron a la memoria de trabajo del aparato de regulación, de modo que en caso de ser necesario puede retrocederse a este ajuste.

**Circuito IV de calentamiento**

50 En este circuito de calentamiento se inició, tras alcanzar una temperatura real que se encontraba en 2°C más que la temperatura teórica, la fase de funcionamiento estacionario.

55 Según un cálculo análogo, como en el circuito III de calentamiento (igualdades (4) y (5)), tras 5 minutos se alcanzó un estado de temperatura casi estacionario de  $\Delta\vartheta$  menor de 0,5°K con una nueva duración de impulso teórica corregida de 16,4 s.

Después de que en tres minutos adicionales en cada caso solo se produjeran desviaciones de temperatura real-



teórica de menos de 0,5°K, se transfirieron también las coordenadas de este punto de trabajo a la memoria de trabajo.

5 El sistema de regulación indica al usuario a través de la señal “disposición de servicio”, que puede comenzarse con el proceso de producción de las piezas moldeadas.

10 Esto es el caso cuando, en el proceso de regulación automática, para todos los circuitos I a IV de calentamiento por primera vez tres ciclos normales uno a continuación de otro, se mantuvo una desviación de regulación de la temperatura real con respecto a la temperatura teórica en una cantidad de  $< \pm 2^{\circ}\text{K}$ .

15 Ahora comienza la producción de las piezas moldeadas “portalámparas”, inyectándose el compuesto de moldeo duroplástico con una temperatura de 80°C en los dos moldes sencillos de la herramienta ligeramente abierta (en cada caso 1350 g). Tras ello, se cierra la herramienta, cerrando el borde de inmersión la cavidad todavía antes del final de la carrera de cierre, con ello solo pueden escaparse productos de disociación volátiles y no puede expulsarse ningún material.

20 Durante la operación de presión o estampado comienza el proceso de reticulación o endurecimiento, alcanzándose unas condiciones óptimas cuando se mantienen las temperaturas teóricas predeterminadas 165°C y 155°C para los circuitos I a IV de calentamiento durante los ciclos de inyección dentro de todo el periodo de funcionamiento.

### III. Periodo de fabricación estacionario

25 Durante la producción o fabricación de las piezas moldeadas tiene lugar la regulación de la temperatura de herramienta básicamente según el mismo mecanismo de regulación que en el periodo de calentamiento estacionario.

30 Dado que está previsto para la regulación del suministro de vapor un modo de trabajo síncrono con el ciclo, tiene lugar sin embargo el inicio de un impulso de vapor para una señal temporal, que se deriva del control de desarrollo de la máquina de procesamiento. Esta debería estar cerca por tiempo de la operación de cierre de herramienta y conformación, preferiblemente se elige el instante “cierre de herramienta”, obteniendo la unidad de control y regulación para la temperatura de herramienta esta señal S1 del control de desarrollo de máquina.

35 Para poder adaptar el instante del impulso de vapor que va a suministrarse al comienzo del ciclo de manera óptima a las condiciones y exigencias de la respectiva herramienta y de la conformación posterior, está previsto un tiempo de retardo temporalmente ajustable a partir de la señal S1 “cierre de herramienta” para el desencadenamiento del impulso de vapor como elegible en la unidad de regulación.

40 Dado que, según el presente ejemplo, la velocidad de cierre de herramienta de la máquina de moldeo por inyección rápido y las duraciones de impulso teóricas son relativamente grandes, se eligió como tiempo de retardo el valor 0, es decir el primer impulso de vapor se desencadena de manera síncrona con la señal S1, “cierre de herramienta”, para todos los circuitos I a IV de calentamiento.

45 Para llevar la regulación de temperatura en el periodo de fabricación estacionario en consonancia con el comportamiento de regulación del periodo de calentamiento estacionario, es necesario sincronizar la señal que se desencadena del control de desarrollo de la máquina de procesamiento con respecto a la técnica de regulación con la señal que se desencadena de impulso modulado por tiempo del periodo de calentamiento estacionario.

Para garantizar esto están previstas con respecto a la técnica de regulación dos variantes de adaptación:

50 **Variante A:** regulación con módulo de tiempo predeterminado de manera fija (en el ejemplo se eligió como módulo de tiempo un minuto)

55 Para mantener la condición “desencadenamiento de la longitud de impulso teórica (apertura de la válvula de control para el suministro de vapor) siempre en el instante S1 (más el tiempo de retardo eventual), se definen con respecto a la técnica de regulación dos casos:

#### Caso a):

60 En el instante de la señal S1, la válvula de control para el suministro de vapor está abierta, tiene lugar precisamente un impulso del algoritmo de regulación modulado en minutos. Independientemente de esto, a partir de S1 se desencadena a pesar de todo toda la longitud (duración) del impulso teórico. Para asegurar que a continuación el nivel de temperatura promedio se mantiene constante, tiene que determinarse y mantenerse después del final de la duración de impulso teórica una pausa prolongada. Este tiempo de pausa prolongado se calcula tal como sigue:

$$(6) \quad t_{v,p} = \frac{t_{i,v} + t_{teórica}}{t_{teórica}} \cdot (60 - t_{teórica}),$$

significando

$t_{i,v}$  = tiempo de impulso que se desencadenó antes de la señal

$t_{v,p}$  = pausa prolongada

$t_{teórica}$  = duración de impulso teórica según el módulo de duración de impulso

5 Sin embargo, con respecto a la técnica de regulación se observa la proporción de tiempo de impulso que se encuentra temporalmente antes de la señal S1 (cierre de herramienta) con el impulso teórico que sigue a partir de la señal S1 fusionado de manera cumulativa según la igualdad indicada anteriormente.

10 El tiempo de medición  $t_0$  a  $t_{75}$  comienza con el inicio del impulso de vapor que se implanta antes del cierre de herramienta (antes de S1) y finaliza tras una duración del 75% de la duración de impulso teórica. Se recurre al valor medio de las temperaturas medidas a lo largo de este espacio temporal  $t_0$  a  $t_{75}$  tal como está previsto para el cálculo de la duración de impulso teórica corregida según la igualdad (4). Sin embargo, la corrección eventualmente requerida de  $t_{teórica}$  se realiza en la longitud de impulso, que comienza a partir de S1.  $t_{teórica}$  en la igualdad anterior es siempre la  $t_{teórica}$ -tiempo corregida calculada en el ciclo de regulación anterior.

15 **Caso b):**

20 En el instante de la señal S1, la válvula de control para el suministro de vapor está cerrada, existe un denominado tiempo de pausa. No obstante, a pesar de todo se desencadena ahora en el instante de la señal S1 el impulso teórico desencadena, es decir la válvula de control se abre para el suministro de vapor. Para asegurar que en el centro temporal la temperatura de herramienta permanece constante, por tanto el tiempo de pausa restante que todavía falta "se fusiona" con la pausa que sigue al impulso teórico para conseguir un tiempo de pausa prolongado.

$$(7) \quad t_{v,p} = t_{R,p} + t_p,$$

significando

$t_{R,p}$  = pausa restante

$t_{v,p}$  = pausa prolongada

25  $t_p$  = pausa teórica

30 Si tiene lugar dentro del tiempo de pausa prolongado la señal S1 para el siguiente ciclo de inyección, entonces se inicia en este instante S1 el impulso teórico obligatorio. El nuevo tiempo de pausa prolongado se calcula a partir del resto de la antigua pausa prolongada interrumpida más una nueva pausa teórica, que se deriva de la longitud de impulso del impulso actual.

**Variante B:** en el caso de regulación modulada por tiempo de ciclo

35 En el caso de regulación modulada por tiempo de ciclo, se determina en primer lugar el tiempo de ciclo en las condiciones de proceso moduladas en minutos mediante la medición del tiempo entre las señales S1 de ciclos de inyección adyacentes, teniendo en cuenta uno o varios ciclos de inyección. Alternativamente, también es posible la especificación fija del tiempo de ciclo por el usuario de la máquina.

40 El cálculo del tiempo de impulso de vapor en el caso del modo de funcionamiento modulado por tiempo de ciclo tiene lugar con el módulo (ZM) de tiempo = 60 segundos según la siguiente igualdad:

$$(8) \quad t_{z,teórica} = \frac{t_{teórica}}{60} \cdot t_{ciclo},$$

significando

$t_{z,teórica}$  = longitud de impulso por ciclo

$t_{teórica}$  = longitud de impulso del último impulso modulado en tiempo

$t_{ciclo}$  = tiempo de ciclo

45 El impulso teórico modulado por tiempo de ciclo  $t_{z,teórico}$  se desencadena igualmente con el comienzo de la señal S1 desencadena. Este modo tiene la ventaja de que toda la cantidad de calor necesaria en el ciclo para el mantenimiento del nivel de temperatura deseado de la herramienta se introduce en el inicio del ciclo. A partir de

esto, se obtienen como resultado las ventajas para el posible acortamiento del tiempo de ciclo (tiempo de endurecimiento) y las condiciones más adecuadas desde el punto de vista de la técnica de flujo durante la operación de conformación con respecto a métodos de calentamiento convencionales.

5 La regulación de temperatura de herramienta tiene lugar en el caso del modo de funcionamiento modulado por tiempo de ciclo de manera análoga al modulado en minutos. Sin embargo, en el caso de regulación modulada por tiempo de ciclo existe el peligro de posibles oscilaciones del tiempo de ciclo, de manera condicionada por ejemplo por tiempos de movimiento de máquina de diferente longitud, acciones del operario realizadas de manera espontánea entre otros.

10 de este modo, para contrarrestar rápidamente las modificaciones termodinámicas existentes, se mide en este modo de funcionamiento el tiempo de ciclo para cada ciclo de la unidad de regulación y en el caso de desviaciones, que superan un valor fijado, por ejemplo >1%, se realiza de inmediato en el ciclo siguiente una adaptación de tiempo de impulso correctiva según la siguiente igualdad:

15

$$(9) \quad t_{Zcorr} = \frac{t_{Z,teórica} \cdot t_{ciclo\ desviado}}{t_{ciclo\ teórico}}, \quad \text{significando}$$

$t_{Zcorr}$  = tiempo de impulso corregido en un módulo nuevo de tiempo

$t_{Z,teórica}$  = longitud de impulso por ciclo

$t_{ciclo, desviado}$  = tiempo de ciclo desviado

$t_{ciclo, teórico}$  = tiempo de ciclo teórico

20 Con ello se corrigen térmicamente de inmediato en el ciclo siguiente en particular las mayores perturbaciones del tiempo de ciclo, por ejemplo la limpieza por soplado intensiva adicional de rebabas, limpiar planos de separación entre otros, que aparecen en particular durante el moldeo por compresión de duroplásticos. A través de la mera regulación de temperatura el proceso de compensación duraría más basándose en la inercia térmica.

25 Si una interrupción de ciclo supera un tiempo predeterminado, entonces se cambia, para evitar un enfriamiento de la herramienta, de manera automática de nueva a una regulación modulada en minutos. Como medida máxima de una superación de ciclo tolerable se recomienda aproximadamente 1 min.

30 Intentos con el procedimiento de regulación según la invención mostraron que se alcanza rápidamente el estado de funcionamiento estacionario para una fabricación del portalámparas y se ajusta una precisión de regulación de más menos 0,8°K.

35 Las mayores perturbaciones termodinámicas se reconocen y se compensan en el mismo ciclo. De manera especialmente ventajosa, se influye en la introducción dosificada de manera exacta de toda o de la mayor parte de la cantidad de la cantidad de calor requerida por ciclo al comienzo del ciclo. Por consiguiente, la operación de conformación puede tener lugar con temperaturas de contorno de herramienta más altas. La consecuencia es un mejor flujo exacto del compuesto de moldeo durante la conformación y a partir de esto se obtuvo como resultado una reducción de un residuo tecnológicamente condicionado. Por lo demás, a partir de la mayor entrada de energía a la herramienta al comienzo del ciclo se obtiene como resultado una posible reducción del tiempo de ciclo en del 5 al 15%.

40

45 El calentamiento y regulación de la temperatura de herramienta para la producción der portalámparas según el ejemplo mostrado permitieron una fabricación de alta calidad estable manteniendo un tiempo de ciclo de 65 s. Un acortamiento del tiempo de ciclo conduce como efecto secundario a ahorros de costes de calentamiento para la previsión de vapor. Por consiguiente pueden lograrse un aumento de productividad de hasta un 15% y disminuciones de la tasa de residuos de hasta un 30%.

Tabla 1

Extracto de la matriz de calentamiento para la temperatura de vapor 180°C					
Temperatura teórica	Tiempo de calentamiento [min]				
°C	muy rápida	rápida	normal	lenta	pausada
145	4,3	18,2	41	68,4	98,8
146	4,3	18,6	41,8	69,7	100,7
147	4,4	18,9	42,6	71	102,6
148	4,5	19,3	43,5	72,4	104,6
149	4,6	19,7	44,3	73,9	106,7
150	4,7	20,1	45,2	75,3	108,8
151	4,8	20,5	46,1	76,9	111
152	4,9	20,9	47,1	78,4	113,3
153	5	21,4	48	80,1	115,7
154	5,1	21,8	49,1	81,8	118,1
155	5,2	22,3	50,1	83,5	120,7
156	5,3	22,8	51,2	85,4	123,3
157	5,4	23,3	52,4	87,3	126,1
158	5,6	23,8	53,6	89,3	129
159	5,7	24,4	54,8	91,4	132
160	5,8	25	56,1	93,6	135,2
161	6	25,6	57,5	95,9	138,5
162	6,1	26,2	59	98,3	142
163	6,3	26,9	60,5	100,9	145,7
164	6,4	27,6	62,2	103,6	149,7
165	6,6	28,4	63,9	106,5	153,9
166	6,8	29,2	65,8	109,6	158,3
167	7	30,1	67,8	113	163,2
168	7,3	31,1	69,9	116,6	168,4
169	7,5	32,1	72,3	120,5	174
170	7,8	33,3	74,9	124,8	180,2
171	8,1	34,5	77,7	129,5	187,1
172	8,4	35,9	80,9	134,8	194,7
173	8,8	37,6	84,5	140,8	203,4
174	9,2	39,4	88,7	147,8	213,4
175	9,7	41,6	93,6	156	225,3

Tabla 2

Extracto de la matriz de pivotado para la duración de pivotado $\tau_1$ de la primera fase de pivotado a la temperatura de vapor 180°C					
Temperatura teórica	Duración de pivotado ( $T_1$ ) [min]				
°C	muy rápida	rápida	normal	lenta	pausada
145	4	6	8	11	10
146	4	6	9	12	11
147	4	7	9	12	11
148	4	7	10	13	12
149	4	7	10	14	13
150	4	8	11	15	13
151	5	8	11	16	14
152	5	9	12	17	15
153	5	9	13	18	16
154	5	10	14	19	16
155	6	10	14	20	17
156	6	11	15	21	18
157	6	12	16	22	19
158	6	12	17	24	20
159	7	13	18	25	21
160	7	14	19	27	23
161	7	14	20	28	24
162	7	15	22	30	25
163	8	16	23	32	27
164	8	17	24	34	28
165	9	18	26	36	30
166	9	19	27	38	31
167	9	20	29	40	33
168	10	21	30	43	35
169	10	23	32	46	37
170	11	24	34	48	39
171	11	25	36	51	41
172	11	27	38	54	43
173	12	28	40	58	45
174	13	30	43	61	48
175	13	31	45	65	51

Tabla 3

Extracto de la matriz de pivotado para la duración de pivotado $\tau_2$ de la segunda y siguiente(s) fase(s) de pivotado a la temperatura de vapor 180°C					
Temperatura teórica	Duración de pivotado ( $T_2$ ) [min]				
°C	muy rápida	rápida	normal	lenta	pausada
145	2	3	4	6	8
146	2	3	4	6	8
147	2	3	5	6	8
148	2	4	5	7	9
149	2	4	5	7	9
150	2	4	5	7	10
151	2	4	6	8	10
152	2	4	6	8	11
153	3	5	6	9	12
154	3	5	7	9	12
155	3	5	7	10	13
156	3	5	8	11	14
157	3	6	8	11	14
158	3	6	9	12	15
159	3	6	9	13	16
160	3	7	10	13	17
161	4	7	10	14	18
162	4	8	11	15	19
163	4	8	11	16	20
164	4	9	12	17	21
165	4	9	13	18	22
166	4	10	14	19	23
167	5	10	14	20	25
168	5	11	15	21	26
169	5	11	16	23	28
170	5	12	17	24	29
171	6	13	18	26	31
172	6	13	19	27	32
173	6	14	20	29	34
174	6	15	21	31	36
175	7	16	23	32	38

Tabla 4

Extracto de la matriz de tiempo de impulso para la temperatura de vapor 180°C					
Temperatura teórica	Tiempo de impulso ( $t_{teórico}$ ) [s/min]				
°C	muy rápida	rápida	normal	lenta	pausada
145	7,3	10,2	13,1	16,02	18,93
146	7,4	10,4	13,3	16,31	19,28
147	7,6	10,6	13,6	16,61	19,63
148	7,7	10,8	13,8	16,92	20
149	7,8	11	14,1	17,24	20,38
150	8	11,2	14,4	17,57	20,76
151	8,1	11,4	14,7	17,91	21,16
152	8,3	11,6	14,9	18,26	21,58
153	8,5	11,8	15,2	18,62	22
154	8,6	12,1	15,5	18,99	22,44
155	8,8	12,3	15,9	19,38	22,9
156	9	12,6	16,2	19,78	23,37
157	9,2	12,8	16,5	20,19	23,86
158	9,4	13,1	16,9	20,62	24,37
159	9,6	13,4	17,2	21,07	24,9
160	9,8	13,7	17,6	21,54	25,46
161	10	14	18	22,03	26,04
162	10,2	14,3	18,4	22,54	26,64
163	10,5	14,7	18,9	23,08	27,27
164	10,7	15	19,3	23,64	27,94
165	11	15,4	19,8	24,24	28,64
166	11,3	15,8	20,3	24,87	29,39
167	11,6	16,2	20,9	25,53	30,18
168	11,9	16,7	21,5	26,24	31,01
169	12,3	17,2	22,1	27	31,91
170	12,6	17,7	22,8	27,82	32,87
171	13	18,3	23,5	28,7	33,91
172	13,5	18,9	24,3	29,65	35,05
173	14	19,5	25,1	30,7	36,29
174	14,5	20,3	26,1	31,86	37,65
175	15,1	21,1	27,1	33,16	39,19

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el calentamiento y la regulación de una temperatura de una herramienta calentada con un portador de calor líquido y/o en forma de vapor con al menos un circuito de calentamiento para la conformación y/o fijación de piezas moldeadas de materiales poliméricos termoendurecibles o que pueden reticularse, así como medios para la realización de una comparación teórica/real de una temperatura real medida como variable de control con una temperatura teórica predeterminada, una unidad de control y regulación enlazada relacionada con ordenador, un perfil de calentamiento, un módulo de calentamiento, al menos un módulo de pivotado y un módulo de duración de impulso, caracterizado porque antes del comienzo de un proceso de calentamiento y regulación se deposita en la memoria de la unidad de control y regulación un perfil de calentamiento específico del circuito de calentamiento como base para la regulación de la temperatura de herramienta, formándose el perfil por al menos el módulo de calentamiento con tiempos de calentamiento dependiendo de la temperatura real predeterminada y características de calentamiento específicas para el circuito de calentamiento, por un primer y un segundo módulo de pivotado con valores para la duración de pivotado dependiendo de la temperatura teórica y las características de calentamiento, incluyendo un módulo de pivotado el campo de trabajo con respecto a la relación entre duración de pivotado, la característica de calentamiento y la temperatura teórica, basándose en una forma específica de una función potencial con exponentes recíprocos o en una relación logarítmica, y por el módulo de duración de impulso con duraciones de impulso teóricas para el suministro de portador de calor dependiendo de la temperatura teórica y las características de calentamiento, estando asignados los módulos individuales a una determinada temperatura del portador de calor, y seleccionándose antes del comienzo del calentamiento de manera específica para el circuito de calentamiento una característica de calentamiento.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el proceso de calentamiento y regulación se divide en al menos dos periodos, un periodo de calentamiento con al menos una fase de calentamiento y al menos una fase de pivotado y un periodo de calentamiento estacionario con un comportamiento de regulación diferente, estando destinado el periodo de calentamiento estacionario para la regulación adicional del calentamiento de la herramienta para el mantenimiento del estado de calentamiento estacionario, suministrándose durante los periodos el medio portador de calor al circuito de calentamiento, interrumpiéndose en la fase de pivotado el suministro de medio portador de calor de manera controlada en el tiempo, midiéndose la temperatura real en la herramienta, directamente en el punto de entrada del medio portador de calor a la herramienta, en primer lugar durante la primera fase de pivotado, e interrumpiéndose de manera controlada por tiempo el suministro del medio portador de calor en el periodo de calentamiento estacionario dependiendo de la comparación de temperatura teórica/real, de tal manera que se forman impulsos de medio portador de calor de diferente longitud o duración con en caso necesario interrupciones completas controladas por tiempo del suministro de medio portador de calor como tiempos de pausa, y teniendo lugar las modificaciones dependientes de la temperatura mediante el suministro de medio portador de calor a través de una válvula que puede accionarse en una posición "abierta" y en una "cerrada", realizándose el accionamiento de manera controlada por tiempo de la válvula a través de un algoritmo de regulación predeterminado.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque en el periodo de calentamiento se finaliza la fase de calentamiento caracterizada por el suministro de portador de calor continuo, suponiendo que una temperatura real asignada a un perfil de calentamiento a una característica de calentamiento predeterminada se encuentre en una cantidad determinada del 2 al 10% de la temperatura teórica, por debajo de la temperatura teórica.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque durante la primera fase de pivotado se inician de manera modulada por tiempo impulsos de portador de calor que se acortan de manera degresiva, para aproximar la temperatura real de manera regulada a la temperatura teórica, realizándose la comparación en primer lugar de la temperatura real con la temperatura teórica al comienzo del último módulo de tiempo de esta fase de pivotado, realizándose en el caso de desviaciones de la temperatura real con respecto a la temperatura teórica, que son mayores que un valor límite inferior por debajo de la temperatura teórica o mayores que un valor límite superior por encima de la temperatura teórica, una prolongación o acortamiento, en caso necesario hasta el valor 0, de la duración de impulso de portador de calor del último módulo de tiempo de la primera fase de pivotado, y llevándose a cabo al final de la primera fase de pivotado una segunda comparación de la temperatura teórica/real, teniendo lugar en el caso de desviaciones dentro de un intervalo de tolerancia de la transición al periodo de calentamiento estacionario, e iniciándose en el caso de desviaciones, que se encuentran fuera del intervalo de tolerancia, correcciones adicionales de la técnica de regulación.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque la duración de los impulsos de portador de calor para la primera fase  $\tau$  de pivotado degresiva modulada por tiempo se determina según la siguiente fórmula de cálculo:



$$t = ZM - \frac{(ZM - t_{teórica})}{\tau} \cdot \tau^* \quad (1), \text{ significando}$$

$t$  la duración de impulso para el respectivo instante real,  $t_{teórica}$  la duración de impulso teórica según el módulo de duración de impulso,  $\tau^*$  el tiempo de referencia actual a partir del comienzo de la fase de pivotado,  $\tau$  la duración de la fase de pivotado en min (duración de pivotado, comienza con 1) y  $ZM$  el módulo de tiempo en segundos;

y derivándose la duración de pivotado del primer módulo de pivotado.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 ó 5, caracterizado porque las correcciones se realizan tal como sigue:

a) si la temperatura real es demasiado baja en de 5 a 15°K, se inicia en primer lugar un tiempo de calentamiento posterior, cuya duración de la introducción de portador de calor se deriva del módulo de calentamiento de manera que se forma la diferencia entre el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica elegida y el tiempo de calentamiento a la temperatura real medida y se multiplica por un factor de atenuación entre 0,5 y 0,9 e inmediatamente tras ello se inicia una segunda fase de pivotado degresiva modulada por tiempo, cuya duración del impulso de vapor se calcula según la igualdad (1), teniendo en cuenta la duración de pivotado derivada del segundo módulo de pivotado,

o

b) si la temperatura real es demasiado baja en más de 15°K, se realiza automáticamente con respecto a la técnica de regulación un cambio en una característica de calentamiento con una mayor duración de calentamiento y se desencadena un tiempo de calentamiento posterior, que se calcula en función de la cantidad de la desviación según la siguiente fórmula:

$$t_N = (t_{Ateórico} - \tau_2) - t_{Areal} \quad (2), \text{ significando}$$

$t_N$  el tiempo de calentamiento posterior,  $t_{Ateórico}$  el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica y la nueva característica de calentamiento,  $t_{Areal}$  el tiempo de calentamiento a la temperatura real y la nueva característica de calentamiento y  $\tau_2$  la duración de pivotado según la segunda matriz de pivotado en el caso de una nueva característica de calentamiento y temperatura teórica; y tras ello se inicia una segunda fase de pivotado degresiva modulada por tiempo y se regula adicionalmente de manera análoga a después del inicio de la segunda fase de pivotado según a),

o

c) si la temperatura real es demasiado alta en de 5 a 15°K, se inicia primero una pausa de calentamiento, cuya duración se determina como diferencia de los tiempos asignados a la temperatura real y a la temperatura teórica en el módulo de calentamiento, se multiplica por un factor de atenuación predeterminado entre 0,5 y 0,9, y tras ello se inicia una fase de pivotado progresiva modulada por tiempo con una duración de pivotado predeterminada, determinándose la duración de impulso de los impulsos que van a iniciarse por cada módulo de tiempo según la siguiente fórmula de cálculo:

$$t = \frac{t_{teórica}}{\tau} \cdot (\tau^*) \quad (3), \text{ significando}$$

$t$  la duración de impulso en s/min para el respectivo instante real,  $t_{teórica}$  la longitud de impulso teórica en s/min a la temperatura teórica según el módulo de calentamiento,  $\tau$  la duración de pivotado y  $\tau^*$  el tiempo de referencia actual (comienza tras el final del tiempo de pausa);

o

d) si la temperatura real es demasiado alta en más de 15°K, se realiza automáticamente con respecto a la técnica de regulación un cambio en una característica de calentamiento con una duración de calentamiento más corta realiza, desencadenándose primero una "pausa de calentamiento", para reducir la temperatura real, cuya duración se determina como diferencia entre el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica según la característica de calentamiento elegida originalmente y el tiempo de calentamiento a la temperatura teórica según la nueva característica de calentamiento con una duración de calentamiento más corta, se multiplica por un factor de atenuación entre 0,5 y 0,9, y tras ello se inicia una fase de pivotado progresiva modulada por tiempo con impulsos de

portador de calor de manera análoga a c).

5 7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque al inicio de una fase de pivotado progresiva se predetermina una duración, que corresponde a de 5 a 15, preferiblemente a 10 veces el módulo de tiempo elegido, actuando la especificación temporal como correlación entre el factor de atenuación y la duración de pivotado de manera que, en el caso de un factor de atenuación elegido mayor, la duración de pivotado debe dimensionarse más pequeña y a la inversa.

10 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 7, caracterizado porque durante el periodo de calentamiento estacionario se determina el valor medio de la temperatura, del comienzo del impulso de portador de calor respectivo a través de un tiempo de medición del 40 al 90%, preferiblemente del 75%, de la longitud de impulso que va a desencadenarse, y dependiendo de la diferencia de temperatura medida entre el valor medio de la temperatura real y de la temperatura teórica al final del tiempo de medición se determina una corrección de la duración de impulso como la denominada duración de impulso corregida, a través de la cual se acorta o se prolonga tras el tiempo de medición la duración adicional del impulso de portador de calor actual.

15 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque la duración de impulso corregida para el acortamiento o la prolongación del impulso de portador de calor actual se determina tal como sigue:

20

$$t_{corr} = t_{teórica} \pm t_{teórica} \cdot K \quad (4), \text{ significando}$$

25  $t_{corr}$  la duración de impulso corregida,  $t_{teórica}$  la duración de impulso a la temperatura teórica (el valor de la temperatura teórica se deriva del módulo de duración de impulso) y  $K$  un factor de corrección dependiente la temperatura;

y aplicándose en el caso de una diferencia de temperatura positiva la forma de diferencia y en el caso de una diferencia de temperatura negativa la forma de suma de la igualdad (4).

30 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 9, caracterizado porque durante la regulación en el periodo de calentamiento estacionario se realiza tras el inicio del primer impulso de portador de calor para todos los pulsos posteriores una adaptación "deslizante" de la longitud de impulso teórica, cuando las desviaciones entre la temperatura real y teórica ascienden a al menos 0,5°K y el pronóstico de la desviación de temperatura determinada actualmente coincide con las desviaciones determinadas en un número fijo de impulsos de medio de vapor inmediatamente precedentes, calculándose una nueva duración de impulso teórica  $t_{teórica\ nueva}$  tal como sigue:

35

$$t_{teór.\ nueva} = t_{teórica} \pm t_{teórica} \cdot \alpha \cdot K \quad (5), \text{ significando}$$

40  $t_{teórica}$  la última longitud de impulso teórica actualizada,  $K$  el valor determinado actualmente del factor de corrección dependiente la temperatura y  $\alpha$  un factor de atenuación, cuya cantidad asciende a entre 0,3 y 1, preferiblemente se encuentra en 0,5.

45 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 10, caracterizado porque se inicia un periodo de fabricación para la conformación y/o fijación de piezas moldeadas cuando se ha descendido al menos una vez por debajo de un valor de tolerancia predeterminado de una desviación en la comparación temperatura teórica-real en el periodo de calentamiento estacionario, el suministro del portador de calor durante el periodo de fabricación se sincroniza con el instante para el desencadenamiento de una señal del control de desarrollo de la máquina de fabricación y en el siguiente periodo de fabricación se mantiene la regulación según el periodo de calentamiento estacionario, desencadenándose el inicio de un impulso de portador de calor mediante la señal del control de desarrollo de la máquina de fabricación y adaptándose con respecto a la técnica de regulación el inicio y el dimensionamiento temporal de impulsos de portador de calor al instante del desencadenamiento de señal en sincronía con el ciclo y la duración del ciclo de fabricación.

50 12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque en relación con la regulación modulada por tiempo en el periodo de fabricación se diferencian dos casos, en el que en el primer caso, cuando en el instante del desencadenamiento de la señal seleccionada del control de desarrollo de la máquina de fabricación ya se suministra medio portador de calor, a continuación a partir de este instante se introduce medio portador de calor con la duración de impulso teórica calculada y se determina y se desencadena un tiempo de pausa prolongado según la siguiente igualdad:

55

60

$$t_{v,p} = \frac{t_{i,v} + t_{teórica}}{t_{teórica}} \cdot (ZM - t_{teórica}) \quad (6),$$

significando

$t_{v,p}$  la pausa prolongada,  $t_{i,v}$  el tiempo de impulso que se desencadenó antes de la señal y  $ZM$  el módulo seleccionado en segundos,

5 y en el segundo caso, cuando en el instante del desencadenamiento de la señal seleccionada del control de desarrollo de la máquina de fabricación la válvula de control para el suministro de vapor está cerrada, esta se abre de nuevo y se introduce portador de calor con la duración de impulso teórica calculada y a continuación se determina y se desencadena una interrupción del suministro de portador de calor en forma de un tiempo de pausa prolongado  $t_{v,p}$  según la siguiente igualdad:

$$t_{v,p} = t_{R,p} + t_p \quad (7),$$

significando

15  $t_{R,p}$  la pausa restante y  $t_p$  la pausa teórica según la regulación modulada por tiempo.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizado porque en una regulación modulada en el ciclo en el periodo de fabricación se determina el tiempo entre dos señales idénticas de ciclos adyacentes o este tiempo ya está previsto, determinándose la duración de impulso teórica según la siguiente igualdad:

$$t_{z,teórica} = \frac{t_{teórica}}{ZM} \cdot t_{ciclo} \quad (8),$$

significando

25  $t_{z,teórica}$  la longitud de impulso/tiempo de ciclo,  $t_{teórica}$  la longitud de impulso del último impulso modulado por tiempo,  $ZM$  el módulo seleccionado en segundos y  $t_{ciclo}$  el tiempo de ciclo en segundos;

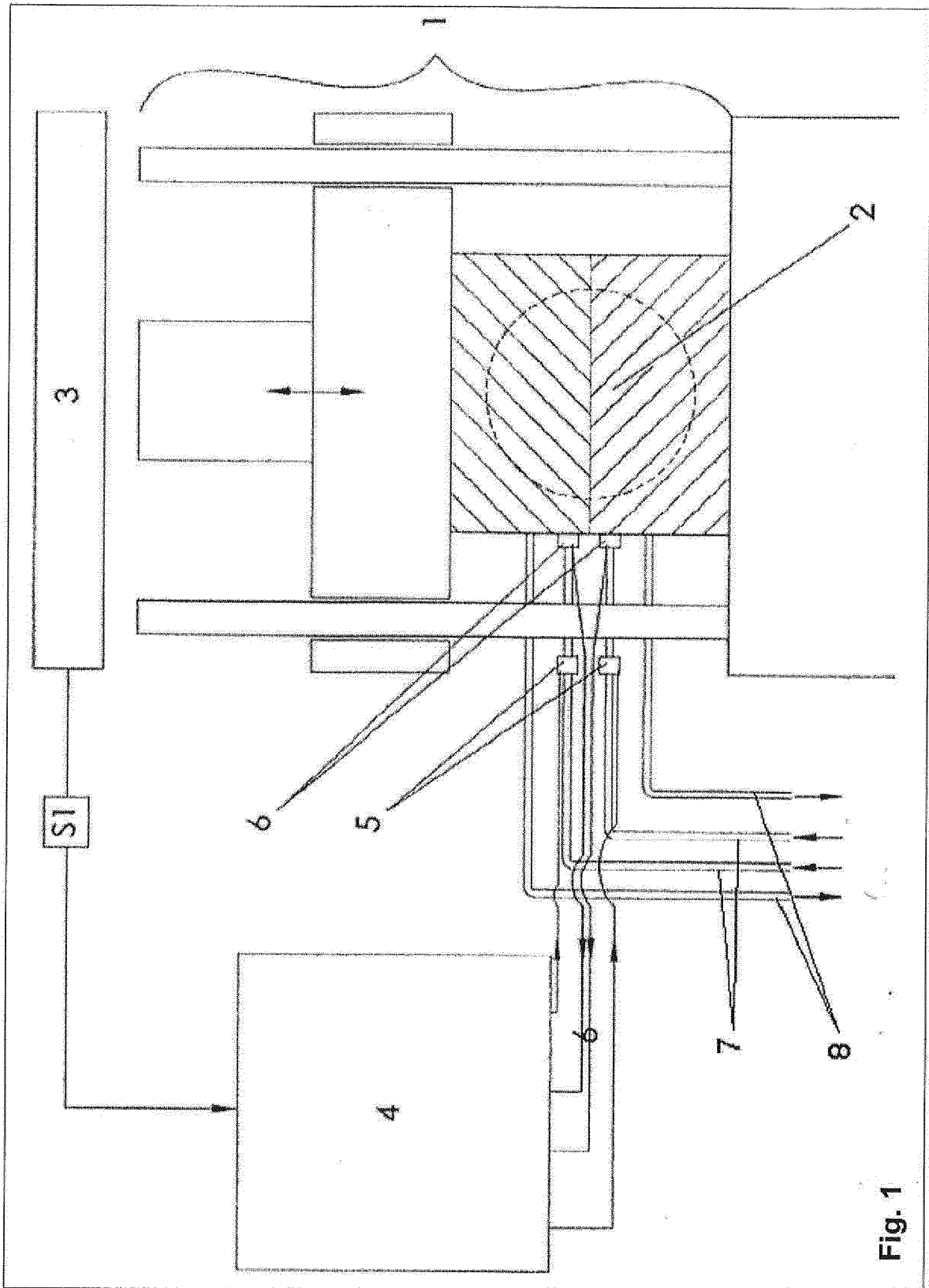
y desencadenándose el impulso teórico  $t_{z,teórico}$  con el comienzo de la señal.

- 30 14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado porque en el caso de superar el tiempo de ciclo actual medido con respecto a un valor teórico predeterminado, se realiza en el ciclo siguiente una adaptación de la duración de impulso de portador de calor, según la siguiente igualdad:

$$t_{Zcorr} = \frac{t_{z,teórico} \cdot t_{ciclo,desviado}}{t_{ciclo,teórico}} \quad (9),$$

35  $t_{Zcorr}$  el tiempo de ciclo corregido para el ciclo siguiente,  $t_{z,teórico}$  el tiempo de impulso teórico,  $t_{ciclo,desviado}$  el tiempo de ciclo desviado y  $t_{ciclo,teórico}$  el tiempo de ciclo teórico.

- 40 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado porque en el caso de una interrupción de una duración de ciclo fija a lo largo de un tiempo predeterminado, se conmuta automáticamente de nuevo a la regulación modulada por tiempo.



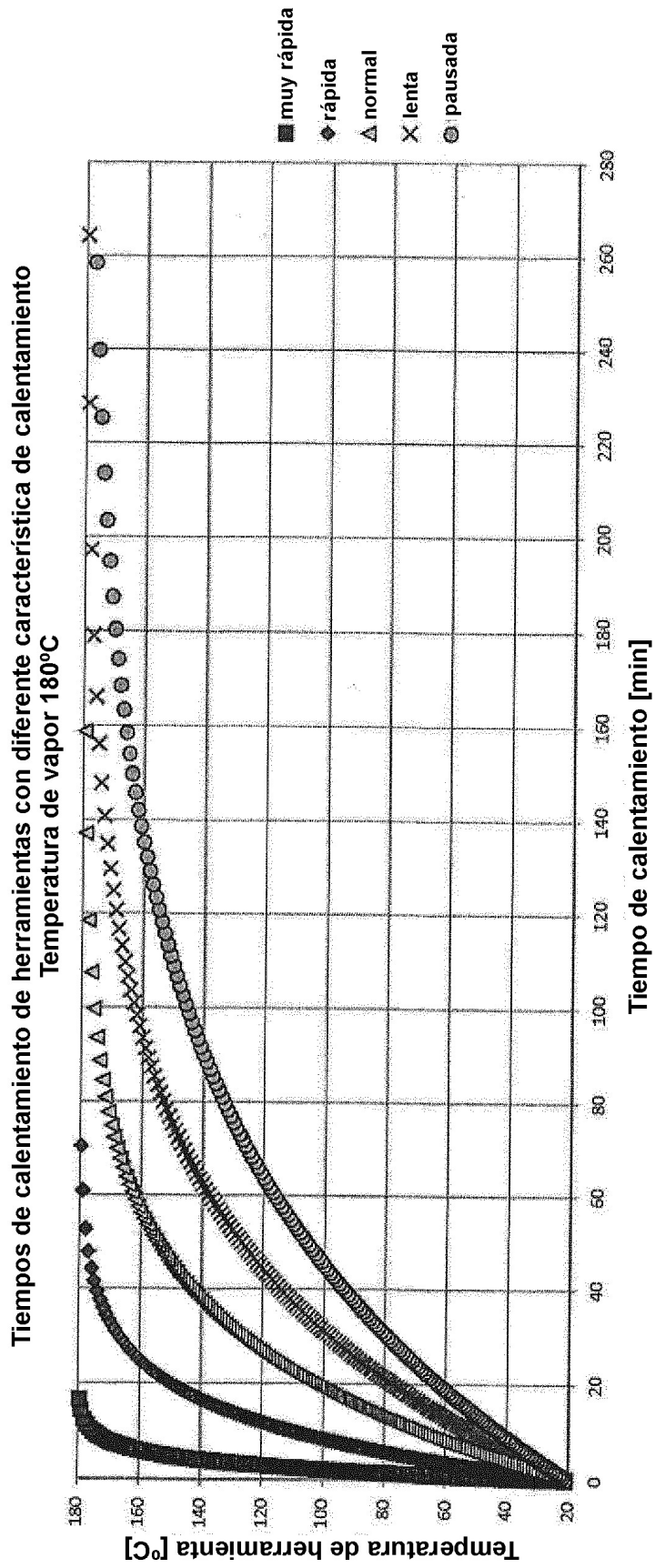


Fig. 2

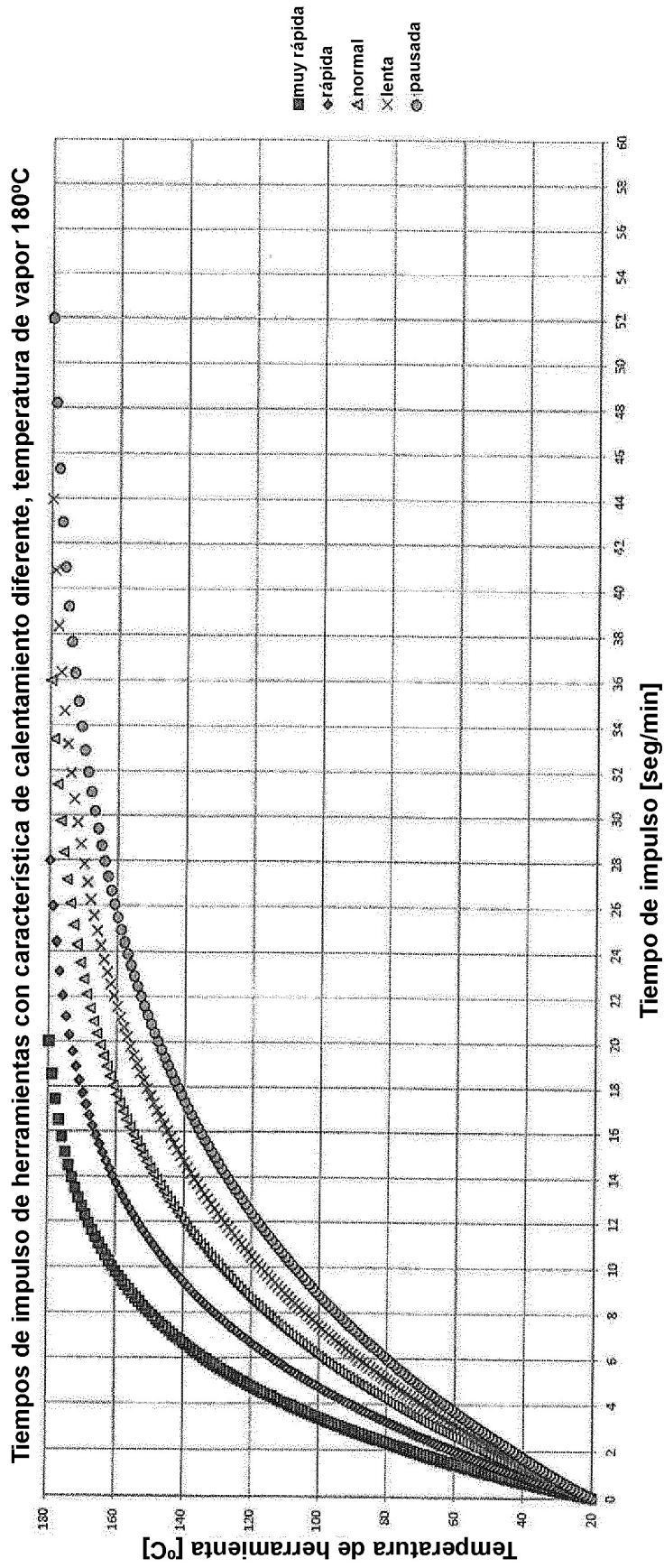


Fig. 3