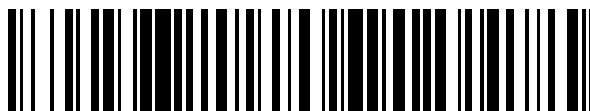


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 561**

51 Int. Cl.:

F27B 7/00 (2006.01)

F27B 7/38 (2006.01)

F27D 9/00 (2006.01)

F27D 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2014** **E 14168819 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016** **EP 2947409**

54 Título: **Sistema de refrigeración para hornos rotativos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.04.2017

73 Titular/es:

KIMA ECHTZEITSYSTEME GMBH (50.0%)
Güstener Straße 72
52428 Jülich, DE y
VEREIN DEUTSCHER ZEMENTWERKE E. V.
(50.0%)

72 Inventor/es:

KÜLLERTZ, PETER;
SCHNEIDER, MARTIN y
KALKERT, PETER

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 608 561 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

Sistema de refrigeración para hornos rotativos

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un sistema de refrigeración para hornos rotativos, a un horno rotativo con un sistema de refrigeración de este tipo así como a un procedimiento para el funcionamiento de un sistema de refrigeración de este tipo.

Antecedentes de la invención

10 Los hornos rotativos se usan para procesos continuos en la técnica de procesos. Un horno rotativo se compone generalmente de un tubo rotativo cilíndrico que a veces mide muchos metros o varias decenas de metros, con una camisa de horno generalmente de metal. La camisa de horno está ligeramente inclinada para provocar con la rotación de la camisa de horno un transporte del material por dentro a lo largo del eje de giro de la camisa de horno dentro del horno, del lado de entrada más alto al lado de salida más bajo. El material que ha de ser tratado puede ser de distinta índole, pudiendo ser por ejemplo sustancias sólidas, piedras, lodos o polvo. La temperatura de proceso necesaria se puede generar de forma directa o indirecta en los hornos rotativos. En el caso de materiales que requieran una alta temperatura de proceso, el horno rotativo se calienta directamente, por ejemplo por una lanza como quemador en el lado de salida del horno rotativo, que está dispuesta de forma aproximadamente céntrica dentro del tubo rotativo. Los hornos rotativos calentados directamente se usan por ejemplo para la fabricación de cemento, para la calcinación de cal, la fusión de vidrios cerámicos, la fundición de metales, la reducción de minerales de hierro, la fabricación de carbón activo y otras aplicaciones. Los hornos rotativos calentados directamente son accionados a temperaturas muy calientes. Por ejemplo, en la fabricación de cemento se muelan los materiales brutos, comprendiendo piedra caliza y arcilla, y se queman en el horno rotativo a aprox. 1450 °C formando un llamado clínker, y a continuación, tras salir del horno rotativo, se enfrían y se siguen procesando.

25 Los hornos rotativos expuestos a estas altas temperaturas tienen una camisa de horno de acero inoxidable o acero refractario que puede exponerse a temperaturas de hasta 550 °C o 950°C. Dado que a temperaturas en la zona del calentamiento directo son sensiblemente más altas, la camisa de horno de acero está revestida en su lado interior de una cerámica refractaria. El grosor del revestimiento determina la temperatura que la camisa de acero experimenta durante el proceso. Para que la camisa de horno no se deforme en el transcurso del funcionamiento a causa de la sollicitación térmica o que daños en el revestimiento interior no conduzcan a una deformación o incluso fusión de la camisa de horno, la camisa de horno en la actualidad se refrigera desde fuera con sopladores de aire dispuestos a lo largo de la longitud completa de la camisa de horno en el exterior del horno rotativo.

30 Esta refrigeración es complicada y ocupa un gran espacio alrededor del horno. Además, una refrigeración por sopladores de este tipo es muy ruidosa y consume mucha energía eléctrica que es cara. Si por razones de protección sonora hubiese que reducir la carga sonora del entorno, los hornos rotativos tendrían que hacerse funcionar dentro de una nave aislada acústicamente, lo que debido a las altas temperaturas de proceso no sería muy ventajoso y por los costes del edificio también sería muy costoso. Además, una refrigeración por sopladores de este tipo no puede detectar ni refrigerar individualmente fuertes calentamientos locales de la camisa de horno.

35 Por lo tanto, sería deseable un sistema de refrigeración para hornos rotativos, que se pueda hacer funcionar de manera sencilla y fiable con un bajo nivel de ruido, que permita un control de refrigeración local y que reduzca el gasto energético.

Resumen de la invención

40 Un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un sistema de refrigeración para hornos rotativos que se pueda hacer funcionar de forma sencilla y fiable con un bajo nivel de ruido, que permita un control de refrigeración local y reduzca el consumo energético.

45 Este objetivo se consigue mediante un sistema de refrigeración para hornos rotativos para la refrigeración de al menos una sección de una camisa de horno, que comprende una disposición de uno o varios módulos de refrigeración para la aplicación de líquido refrigerante desde fuera en la camisa de horno en una zona de incidencia del líquido refrigerante en la camisa de horno, en el cual los módulos de refrigeración para la sección a enfriar de la camisa de horno están dispuestos, al menos a lo largo del eje de giro de la camisa de horno, a una distancia de la camisa de horno, cada módulo de refrigeración comprende una válvula de conmutación excitable y una tobera de abanico para la emisión de un chorro de líquido refrigerante pulsado en forma de abanico, y en caso de varios módulos de refrigeración, los módulos de refrigeración contiguos están dispuestos a una distancia entre sí paralelamente con respecto al eje de giro de la camisa de horno, de tal forma que la zonas de incidencia refrigeran la camisa de horno íntegramente a lo largo de su eje de giro al menos en la sección que ha de ser refrigerada y en el que cada módulo de refrigeración comprende al menos un primer sensor térmico conectado a un control de sistema de refrigeración para la medición una primera temperatura local de la camisa de horno, visto en el sentido de giro de la camisa de horno, antes de la zona de incidencia del líquido refrigerante, y para la transmisión de la primera temperatura local al control de sistema de refrigeración, y el control de sistema de refrigeración está realizado para

excitar la válvula de conmutación de cada módulo de refrigeración conforme a una diferencia entre la respectiva primera temperatura local y una temperatura teórica de tal forma que mediante el ajuste de la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante, después de la rotación de la camisa de horno, el punto de la camisa de horno en el que una rotación se midió antes de la primera temperatura local presenta entonces una primera temperatura local más próxima a la temperatura teórica que durante la medición anterior, si en la rotación correspondiente se aplicó líquido refrigerante sobre la zona de incidencia correspondiente, siendo inferior a 30K, preferentemente inferior a 15K, la diferencia entre las primeras temperaturas locales de estas dos mediciones.

El sistema de refrigeración es un sistema de módulos de refrigeración y de un control de sistema de refrigeración que está conectado a los distintos módulos de refrigeración a través de una o varias líneas de datos, preferentemente un bus de datos, para excitar las válvulas de conmutación correspondientes. Los distintos módulos de refrigeración están conectados por una o varias líneas de medio a una alimentación de líquido refrigerante del sistema de refrigeración. Las líneas de medio pueden estar realizadas por separado de los distintos módulos de refrigeración o alimentar los módulos de refrigeración paralelamente de líquido refrigerante a través de una línea de medio central. Para el control de las duraciones de impulsos y las frecuencias de impulsos del chorro de líquido refrigerante, las válvulas de conmutación están dispuestas en una posición adecuada dentro de los módulos de refrigeración delante de la tobera de abanico correspondiente en las líneas de medio correspondientes. Los distintos componentes del sistema de refrigeración tales como línea(s) de datos o líneas de medio así como las válvulas de conmutación excitables pueden ser seleccionados de manera adecuada por el experto para la aplicación correspondiente, especialmente para el caudal necesario del líquido refrigerante. Las válvulas de conmutación pueden hacerse funcionar por el control de sistema de refrigeración de tal forma que se conmuta entre un estado totalmente abierto y un estado totalmente cerrado, de manera que el caudal del líquido refrigerante por la tobera de abanico presenta de forma idealizada un perfil rectangular. Al contrario de chorros de líquido continuos, en el sistema de refrigeración según la invención se usa un chorro pulsado de líquido refrigerante, en el que impulsos de líquido refrigerante se alternan con fases de reposo sin líquido refrigerante entre los impulsos. Esto resulta ventajoso por una parte para conseguir localmente un buen efecto de refrigeración, sin que se pueda realizar de forma demasiado rápida el enfriamiento encima de la camisa de horno a lo largo de una circunferencia. Un enfriamiento demasiado rápido por ejemplo a causa de un chorro continuo de líquido refrigerante provocaría tensiones intolerables en el material de la camisa de horno y deformaría la camisa de horno o la doblaría de tal forma que el horno rotativo pierde su capacidad de funcionamiento. Pero también las tensiones en capas que no doblan el horno rotativo, pero que conducen a un desprendimiento de los materiales de protección térmica en el lado interior de la camisa de horno, pueden tener consecuencias muy negativas para el funcionamiento del horno rotativo, ya que, en los puntos en los que en el interior está expuesto sin protección a la temperatura de proceso dentro del horno, el material de la camisa de horno incluso puede fundirse. Esto último conduce también a una destrucción del horno rotativo. Estos impulsos de líquido refrigerante tienen una duración de impulso por impulso y una frecuencia de impulsos por unidad de tiempo. El caudal promedio puede controlarse tanto a través de la duración de impulso como a través de la frecuencia de los impulsos (frecuencia de impulsos). Dentro de un impulso se refrigera de forma continua con el líquido refrigerante, mientras que en el tiempo entre los respectivos impulsos no incide líquido refrigerante en la camisa de horno. Sólo el líquido refrigerante del impulso siguiente sigue refrigerando la camisa de horno. De esta manera, a través de la duración de impulso por una parte se puede ajustar la capacidad de refrigeración máxima disponible temporalmente, mientras que a través de la frecuencia de impulsos con respecto a la duración de impulso se ajusta la capacidad de refrigeración promediada en cuanto al tiempo. Mediante la variación de estas magnitudes, diferentes puntos en la camisa de horno pueden refrigerarse con diferentes intensidades, de manera que el enfriamiento deseado en cada punto de la camisa de horno sobre el que dentro de una rotación de la camisa de horno se aplica líquido refrigerante se puede ajustar y controlar individualmente en función de las temperaturas locales y de las tensiones mecánicamente compensables por el material de camisa de horno, causadas por el enfriamiento. Como líquidos refrigerantes se pueden usar cualesquiera líquidos que mediante la incidencia y la evaporación en una superficie caliente pueden reducir la temperatura superficial y que presentan una viscosidad suficientemente pequeña para poder ser pulverizados por una tobera. Un ejemplo de realización para líquidos refrigerantes adecuados es el agua.

El control de sistema de refrigeración empleado para el control puede comprender uno o varios procesadores adecuados para la evaluación de los datos de medición y para el cálculo de las frecuencias de impulsos y las duraciones de impulso necesarias en función del lugar y del tiempo de los módulos de refrigeración y de las posiciones del horno en las circunferencias correspondientes, uno o varios microcontroladores para la excitación de las válvulas de conmutación y un medio acumulador adecuado para el almacenamiento de los datos de temperatura en función del tiempo y de la posición. El experto es capaz de seleccionar los componentes de hardware adecuados correspondientes para el control de sistema de refrigeración. La temperatura teórica se deposita en el control de sistema de refrigeración para el control subsiguiente y, dado el caso, puede ser modificada por el explotador del horno rotativo. La temperatura teórica constituye una temperatura deseada de la camisa de horno en la que para el tiempo de funcionamiento previsto se descartan o son muy poco probables las alteraciones mecánicas de la camisa de horno a causa del calentamiento de material.

Para conseguir un efecto de refrigeración por evaporación, el líquido refrigerante debe incidir en la camisa de horno a ser posible de forma reproducible. La presión de conducción necesaria con una distancia ajustada entre la tobera

de abanico y la camisa de horno, para que el chorro de líquido refrigerante pueda incidir en la zona de incidencia prevista sin verse perturbado por influjos exteriores como por ejemplo el viento, es elegida de manera adecuada por el experto. La tobera de abanico puede disponerse por ejemplo a una distancia de 1 m a 1,5 m con respecto a la camisa de horno. Con unas presiones de conducción de 3 bares a 6 bares en los conductos de líquido refrigerante, el chorro de líquido refrigerante incide en la camisa de horno de forma fácilmente ajustable. En una forma de realización, las toberas de abanico están orientadas sustancialmente de forma perpendicular con respecto a la zona de incidencia en la camisa de horno. En otras formas de realización también se pueden elegir otros ángulos de orientación y por tanto de chorro de líquido refrigerante. Las toberas de abanico designan toberas que al menos en un plano ensanchan un chorro con un ángulo de apertura dependiente de la tobera.

En una forma de realización, la sección que ha de refrigerarse en la camisa de horno puede afectar sólo la zona alrededor de la lanza de fuego, pero en otras formas de realización, también se puede refrigerar la camisa de horno en su longitud completa a lo largo del eje de giro del horno rotativo. La camisa de horno designa la envoltura exterior del horno que rota y generalmente está fabricada en acero termorresistente, acero fino o acero refractario. Aunque el horno rotativo es refrigerado por el sistema de refrigeración sólo localmente en la zona de incidencia, la rotación continua del horno rotativo y por tanto de la camisa de horno hace que se refrigeren todos los puntos en la circunferencia de la camisa de horno que durante una rotación pasan por la zona de incidencia del líquido refrigerante de cada módulo de refrigeración. Unos tiempos de rotación típicos son 0,5 min a 1,0 min por rotación. Dado que la velocidad de rotación se mantiene constante en los hornos rotativos, la respectiva posición de un punto en la camisa de horno resulta unívocamente por la velocidad de rotación y el tiempo correspondiente (por ejemplo, el tiempo de medición de la primera temperatura, el tiempo de aplicación del líquido refrigerante etc.) y por tanto se puede usar como base para el control de sistema de refrigeración dependiente de la posición.

En otra forma de realización, la velocidad de rotación actual del horno rotativo puede ser medida en el horno rotativo por un microcontrolador por ejemplo mediante marcas en la camisa de horno o con la ayuda de transductores de rotación como sensor para el ángulo de rotación de la camisa de horno que el experto selecciona de forma adecuada, y a partir de ello puede ser calculada la respectiva posición de un punto que ha de ser refrigerado. Las marcas o señales del o de los transductores de rotación pueden ser detectadas por ejemplo por un control de horno rotativo y la posición de horno rotativo calculada a partir de ello puede transmitirse al control de refrigerante. En una forma de realización alternativa, las marcas en la camisa de horno o las señales de los transductores de rotación pueden ser detectadas por medios ópticos o electrónicos correspondientes del sistema de refrigeración, por ejemplo dispuestos en uno o varios módulos de refrigeración o realizados como unidad de detección de ángulo de rotación separada de los medios de refrigeración, conectada al control de sistema de refrigeración, y la posición resultante de la camisa de horno se transmite al control de sistema de refrigeración a través de las líneas de datos.

Los sensores de calor empleados para las mediciones de la primera (y/o la segunda temperatura) pueden ser cualesquiera sensores. Por ejemplo, en el sistema de refrigeración según la invención se usan sensores infrarrojos. El vapor originado por la evaporación del líquido refrigerante en la camisa de horno influye sólo ligeramente en la medición de temperatura, ya que mediante la selección de la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante se puede controlar la evolución del vapor en el tiempo.

Al contrario de los sistemas de refrigeración de aire empleados en la actualidad, por el uso de un líquido refrigerante, el sistema de refrigeración según la invención se puede hacer funcionar de forma muy poco ruidosa, ya que la aplicación de líquido refrigerante en la camisa de horno se puede realizar casi sin ruido y los ruidos de evaporación son despreciables en comparación con los demás ruidos de funcionamiento del horno rotativo. Además, por ejemplo con agua como líquido refrigerante se consigue una capacidad de refrigeración de 1 MW de potencia proporcionada con una cantidad de agua de tan sólo menos de 1,8 m³ por hora. Para una mayor capacidad de refrigeración se tendría que aumentar correspondientemente la cantidad de líquido refrigerante por unidad de tiempo, lo que con la baja cantidad necesaria sería posible sin problemas. Para la misma capacidad de refrigeración, en el caso de una refrigeración por aire, habría que recircular más de 30.000 m³ de aire por hora. Por lo tanto, el sistema de refrigeración según la invención se puede hacer funcionar ahorrando recursos y energía. Por la dosificabilidad fácil y precisa de la cantidad de líquido refrigerante aplicado con perfiles de cantidad adaptados de manera correspondiente a las temperaturas medidas, como función del tiempo, las tensiones originadas dentro de la camisa de horno por la refrigeración pueden mantenerse por debajo de valores críticos para la estabilidad mecánica de la camisa de horno. Por ejemplo, una refrigeración de la camisa de horno de acero en 100 K con respecto a su entorno conduciría a una contracción de 1 mm por metro de circunferencia. En el caso de 15 metros o más, esto podría conducir a una contracción de diámetro de 6 mm. Esto debe evitarse en cualquier caso por razones mecánicas. Con una diferencia de temperatura inferior a 30 K, la contracción de la circunferencia en cambio sería inferior a 0,3 mm por metro de circunferencia. Se añade adicionalmente que la refrigeración en el sistema de refrigeración según la invención no se produce al mismo tiempo a lo largo de la circunferencia completa, sino que está distribuida a lo largo de la circunferencia a través de una rotación, es decir, durante 0,5 min a 1,0 min, lo que ayuda a seguir reduciendo las tensiones de capas.

Por el sistema de refrigeración según la invención, los hornos rotativos se pueden refrigerar de manera sencilla y fiable, y el sistema de refrigeración se puede hacer funcionar con un bajo nivel de ruidos y permite un control de refrigeración local y reduce el consumo energético.

En una forma de realización, el control de sistema de refrigeración está conectado a las válvulas de conmutación de diferentes módulos de refrigeración y realizado de tal forma que excita independientemente entre sí las válvulas de conmutación de diferentes módulos de refrigeración para el ajuste de una duración de impulso y/o frecuencia de impulsos individuales para cada módulo de refrigeración. De esta manera, no sólo en una zona de incidencia para un módulo de refrigeración se puede excitar en función de la posición la refrigeración para la circunferencia correspondiente de la camisa de horno en función, sino además la capacidad de refrigeración de diferentes módulos de refrigeración puede adaptarse a las condiciones del horno rotativo y necesidades según el lugar de las respectivas zonas de incidencia diferentes. En la zona de la lanza de fuego por ejemplo se requieren otras capacidades de refrigeración que cerca de la abertura de entrada para el material bruto que ha de ser procesado en el horno, y que allí presenta una temperatura sensiblemente más baja. Por lo tanto, el mismo sistema de refrigeración según la invención se puede usar individualmente para diferentes hornos rotativos y fases de funcionamiento o adaptarse a parámetros de funcionamiento cambiados del horno.

En una forma de realización, el control de sistema de refrigeración está realizado de tal forma que registra en función de la posición la primera temperatura a lo largo de una rotación de la camisa de horno por la zona de incidencia para una circunferencia de la camisa de horno y que adapta la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos para el módulo de refrigeración correspondiente al menos sobre la base de las primeras temperaturas registradas en función de la posición, de tal forma que la posición más caliente en la circunferencia de la camisa de horno es refrigerada adicionalmente por una refrigeración más fuerte por el módulo de refrigeración correspondiente en la zona de entorno que circunda la posición más caliente. Por tanto, el sistema de refrigeración según la invención no sólo puede reaccionar a posteriori a las temperaturas medidas en la camisa de horno, sino que, como previsión, en función de la posición de la camisa de horno, por medio de las primeras temperaturas registradas a lo largo de la circunferencia, puede reaccionar con una mayor refrigeración del entorno a puntos que deben ser refrigerados especialmente.

En una forma de realización, tras alcanzar la temperatura teórica para un módulo de refrigeración, el control de sistema de refrigeración interrumpe la refrigeración por dicho módulo de refrigeración hasta que la primera temperatura local supere la temperatura teórica al menos por un valor ajustable, preferentemente 30K. Cuando la camisa de horno está a la o cerca de la temperatura teórica, por razones económicas, durante cierto intervalo de tiempo se puede prescindir de la refrigeración para ahorrar recursos.

En una forma de realización, las toberas de abanico están realizadas de tal forma que producen un chorro de líquido refrigerante en forma de abanico que tiene un primer ángulo de apertura de al menos 40° a lo largo del eje de giro del horno rotativo. De esta manera, un módulo de refrigeración puede pulverizar líquido refrigerante a una mayor zona de la camisa de horno, de manera que se limita el número de módulos de refrigeración para una refrigeración completa de la sección que ha de ser refrigerada y, de esta manera, el sistema de refrigeración requiere un menor número de componentes para un tamaño predeterminado de la zona que ha de ser refrigerada. Al mismo tiempo, también la cantidad de líquido refrigerante se distribuye entre una zona de incidencia más ancha, de manera que puede ser controlada más fácilmente la cantidad de líquido refrigerante por unidad de superficie en la camisa de horno y, por tanto, se evita un enfriamiento excesivo no deseado de una pequeña zona en la camisa de horno. La realización en abanico del chorro de líquido refrigerante se puede configurar mediante la elección y el ajuste de la tobera de abanico, de tal forma que zonas de incidencia contiguas se solapen ligeramente, ya que en las zonas exteriores de las zonas de incidencia generalmente se aplica una menor cantidad de líquido por superficie que en la zona central de la zona de incidencia de cada tobera de abanico. Por lo tanto, las toberas de abanico contiguas pueden complementarse en las zonas exteriores de las zonas de incidencia durante la aplicación del líquido refrigerante. Aunque no se solapen las zonas de incidencia, sí se solapan las zonas de módulos de refrigeración contiguos, en los que se consigue un efecto de refrigeración en la camisa de horno, ya que por conducción térmica este se extiende más allá de la mera zona de incidencia. Un chorro de líquido refrigerante realizado en abanico en el plano del sentido longitudinal del horno rotativo puede tener en dirección perpendicular con respecto a ello (perpendicularmente con respecto al eje de giro del horno rotativo) por ejemplo un segundo ángulo de apertura inferior a 10°.

En otra forma de realización, una, varias o todas las toberas de abanico presentan además un segundo ángulo de apertura en el sentido de giro de la camisa de horno (perpendicularmente con respecto al eje de rotación de la camisa de horno) que mide al menos 30°, preferentemente al menos 60°. De esta manera, las zonas contiguas situadas en una circunferencia en el sentido de giro pueden ser refrigeradas por la misma zona de incidencia solapándose localmente, lo que por una parte distribuye la capacidad de refrigeración por una mayor zona y, por otra parte, se consigue una refrigeración preliminar de zonas siguientes que sólo después pasan por la zona de incidencia. Por la refrigeración solapada, la capacidad de refrigeración local se distribuye por un tiempo de aplicación más largo y por tanto se reducen las tensiones locales en la camisa de horno. En una forma de realización preferible, el control de sistema de refrigeración está previsto para ajustar una duración de impulso corta del chorro de líquido refrigerante con la misma frecuencia de impulsos durante el paso por la zona de incidencia de los puntos de la camisa de horno con pequeñas diferencias con respecto a la temperatura teórica, y ajustarla más larga durante el paso por la zona de incidencia de los puntos de la camisa de horno con mayores diferencias con respecto a la temperatura teórica.

En una forma de realización, la distancia entre los módulos de refrigeración contiguos y una presión del líquido refrigerante para los módulos de refrigeración están ajustadas de tal forma que se tocan las zonas de incidencia de los líquidos refrigerantes en la camisa de horno para módulos de refrigeración contiguos, preferentemente sin solaparse. De esta manera, se garantiza que la zona que ha de ser refrigerada se puede refrigerar completamente con el menor número posible de módulos de refrigeración.

En una forma de realización, el módulo de refrigeración comprende además un segundo sensor térmico para la medición de una segunda temperatura local de la camisa de horno detrás de la zona de incidencia en el sentido de giro de la camisa de horno, que está previsto para la transmisión de la segunda temperatura local al control de sistema de refrigeración y para ello está conectado a este, estando previsto el control de sistema de refrigeración para excitar la válvula de conmutación de cada módulo de refrigeración de tal forma que la diferencia entre la primera y la segunda temperatura local durante una rotación sea inferior a 10K, preferentemente inferior a 5K. El segundo sensor térmico proporciona un valor de medición para la temperatura local de la camisa de horno directamente después del paso de este punto por la zona de incidencia del líquido refrigerante. De esta manera, el control de sistema de refrigeración recibe un valor directo para el efecto de refrigeración. En cambio, la espera de una rotación completa proporciona sólo el valor después de típicamente 30s a 60s (tiempo de una rotación del horno), por lo que la comparación entre la primera temperatura durante la rotación n y la primera temperatura una rotación más tarde (rotación n+1) también se ve influenciada en su valor por el calentamiento intermedio de la camisa de horno en puntos no refrigerados. Con la segunda temperatura medida como valor de medición complementario, la refrigeración de la camisa de horno puede adaptarse a las circunstancias de forma aún más precisa para evitar efectos de refrigeración desventajosas.

En otra forma de realización, el primer sensor térmico está dispuesto en el respectivo módulo de refrigeración en una primera posición, extendiéndose una línea de unión imaginaria entre la primera posición y el punto central de la tobera perpendicularmente con respecto al eje de giro de la camisa de horno. En caso de la existencia de un segundo sensor térmico como sensor térmico adicional en el módulo de refrigeración, este segundo sensor térmico está dispuesto en una segunda posición desigual a la primera posición, extendiéndose una línea de unión imaginaria entre la primera y la segunda posición perpendicularmente con respecto al eje de giro de la camisa de horno, teniendo la primera y la segunda posición al menos la misma distancia con respecto a la camisa de horno. De esta manera, los valores de medición se toman con el primer y el segundo sensor térmico bajo condiciones espaciales idénticas, es decir, el primer sensor térmico está dirigido hacia el punto central de la zona de incidencia. Este punto central es el punto en el que se aplica la mayor cantidad de líquido refrigerante durante un impulso en la zona de incidencia y que por tanto requiere la mayor vigilancia. La primera y/o la segunda posición de los sensores térmicos pueden elegirse por ejemplo de tal forma que el líquido refrigerante que se evapora sobre la camisa de horno no pase o pase sólo de forma insignificativa por la zona entre los sensores térmicos y la camisa de horno. De esta manera, la medición de la temperatura ya no se ve influenciada por la producción de vapor del líquido que se evapora.

En una forma de realización, la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante se ajustan de tal forma que la segunda temperatura para el punto de la camisa de horno en el que ya se detectó la primera temperatura durante la misma rotación presenta una diferencia al menos 2K menor con respecto a la temperatura teórica que la primera temperatura. De esta manera, queda garantizado que además de evitar tensiones en la camisa de horno, no obstante, se consiga un enfriamiento suficiente de la camisa de horno.

En una forma de realización, el control de sistema de refrigeración está realizado para emitir una señal de advertencia, en cuanto al menos la diferencia entre la temperatura teórica y la primera temperatura supere una temperatura umbral, preferentemente, la señal de advertencia se transmite de forma electrónica a un control de horno rotativo. Por lo tanto, en caso de una refrigeración insuficiente del horno rotativo, este puede ser protegido por otros ajustes de proceso a través del control del horno rotativo. Si la señal de advertencia se transmite de forma automática y electrónica, el control del horno rotativo igualmente puede reaccionar automáticamente y sin retardo de tiempo. La temperatura umbral igualmente puede depositarse en el control de sistema de refrigeración y cambiarse. Depende de la aplicación correspondiente y del horno rotativo.

La invención también se refiere a un horno rotativo con un sistema de refrigeración según la invención. Los hornos rotativos son por ejemplo hornos rotativos calentados directamente para la calcinación de cal, la fusión de vidrios cerámicos, la fundición de metales, la reducción de minerales de hierro, la fabricación de carbón activo y otras aplicaciones. En otra forma de realización preferible, el horno rotativo es un horno rotativo de cemento.

Además, la invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de un sistema de refrigeración según la invención para hornos rotativos para la refrigeración de al menos una sección de una camisa de horno, que comprende una disposición de uno o varios módulos de refrigeración que para la sección de la camisa de horno que ha de ser refrigerada están dispuestos, al menos a lo largo del eje de giro de la camisa de horno, a una distancia con respecto a la camisa de horno, y cada módulo de refrigeración comprende una válvula de conmutación excitable y una tobera de abanico para la emisión de un chorro de líquido refrigerante pulsado con forma de abanico y al menos un primer sensor térmico para la medición de una primera temperatura, que comprende las etapas

- la medición de la primera temperatura local de la camisa de horno en el sentido de giro de la camisa de horno visto delante de la zona de incidencia del líquido refrigerante;
- la transmisión de las primeras temperaturas locales por el primer sensor térmico a un control de sistema de refrigeración unido a este;
- 5 - el ajuste de la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante mediante la excitación de la válvula de conmutación de cada módulo de refrigeración por el control de sistema de refrigeración conforme a una diferencia entre la primera temperatura y una temperatura teórica, de manera que después de una rotación de la camisa de horno, el punto de la camisa de horno en el que una rotación se midió antes de la primera temperatura local presenta entonces una primera temperatura local que está más próxima a la temperatura teórica que durante la medición anterior, si durante la rotación correspondiente se aplicó líquido refrigerante en la zona de incidencia correspondiente, siendo inferior a 30K, preferentemente inferior a 15K la diferencia entre las primeras temperaturas locales de estas dos mediciones sin embargo; y
- 10 - la aplicación del líquido refrigerante desde fuera en la camisa de horno en una zona de incidencia del líquido refrigerante en la camisa de horno, estando dispuestos los módulos de refrigeración contiguos, en el caso de varios módulos de refrigeración, a una distancia entre sí paralelamente con respecto al eje de giro del horno rotativo, de tal forma que las zonas de incidencia refrigeran la camisa de horno íntegramente a lo largo del eje de giro al menos en la sección que ha de ser refrigerada.
- 15

En una forma de realización del procedimiento, el control de sistema de refrigeración controla las válvulas de conmutación de diferentes módulos de refrigeración independientemente entre sí para el ajuste de una duración de impulso y/o una frecuencia de impulsos individuales para cada módulo de refrigeración.

20

En otra forma de realización del procedimiento, el control de sistema de refrigeración registra las primeras temperaturas a lo largo de una rotación de camisa de horno por la zona de incidencia del chorro de líquido refrigerante del módulo de refrigeración correspondiente para un circunferencia de la camisa de horno en función de la posición y adapta la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos para el módulo de refrigeración correspondiente sobre la base las temperaturas registradas en función de la posición, de tal forma que la posición más caliente en la circunferencia de la camisa de horno es enfriada adicionalmente por una refrigeración más fuerte por el módulo de refrigeración correspondiente en el que la zona de entorno que circunda la posición más caliente (PH) es refrigerada adicionalmente.

25

Breve descripción de las figuras

Este y otros aspectos de la invención se muestran en detalle en las figuras como sigue:

30

- la figura 1: la representación esquemática de un horno rotativo (a) habitual en alzado lateral (b) en sección perpendicularmente con respecto al eje de giro;
- la figura 2: un horno rotativo con una forma de realización del sistema de refrigeración según la invención en vista en planta desde arriba;
- 35 la figura 3: el horno rotativo con otra forma de realización del sistema de refrigeración según la invención en sección perpendicularmente con respecto al eje de giro del horno rotativo;
- la figura 4: una forma de realización del procedimiento según la invención para el funcionamiento del sistema de refrigeración según la invención.

Descripción detallada de los ejemplos de realización

La figura 1 muestra una representación esquemática de un horno rotativo habitual 1 (a) en alzado lateral y (b) en sección perpendicularmente con respecto al eje de giro R. Los hornos rotativos 1 se usan para procesos continuos en la técnica de procedimientos. El horno rotativo 1 representado aquí comprende un tubo rotativo cilíndrico de muchas decenas de metros de longitud con una camisa de horno 2 de metal que se hace rotar en un sentido de giro DR alrededor de su eje longitudinal como eje de giro R. La camisa de horno 2 está ligeramente inclinada, por ejemplo en 5°, para producir con la rotación de la camisa de horno 2 un transporte del material por dentro a lo largo del eje de giro R de la camisa de horno 2 dentro del horno rotativo 1 desde la abertura de entrada más alta (lado de entrada) 2E hasta la abertura de salida más baja (lado de salida) 2A. El material 61 que ha de ser tratado y que se introduce en el horno rotativo 1 por la abertura de entrada 2E puede variar, pudiendo ser por ejemplo sustancias sólidas, piedras, lodos o polvo. La temperatura de proceso necesaria se puede generar en los hornos rotativos 1 de forma directa o indirecta. En materiales que requieren una alta temperatura de proceso, el horno rotativo 1 se calienta de forma directa como se muestra aquí, por ejemplo mediante una lanza de fuego 51 generada por un quemador 5 en la abertura de salida 2A del horno rotativo 1, que está dispuesta de forma aproximadamente céntrica dentro del tubo rotativo. Los hornos rotativos 1 calentados directamente se usan por ejemplo para la fabricación de cemento, para la calcinación de cal, la fusión de vidrios cerámicos, la fundición de metales, la reducción de minerales de hierro, la fabricación de carbón activo y otras aplicaciones. Los hornos rotativos 1 calentados directamente son accionados a temperaturas muy calientes. Por ejemplo, en la fabricación de cemento se muelan los materiales brutos, comprendiendo piedra caliza y arcilla, y se queman en el horno rotativo 1 a aprox. 1450 °C formando llamados clínker como material 62 que sale por la abertura de salida 2A, y a continuación, tras salir del

40

45

50

55

horno rotativo 1, se enfrían y se siguen procesando.

Los hornos rotativos 1 expuestos a estas altas temperaturas tienen una camisa de horno 2 de acero inoxidable o acero refractario que puede exponerse a temperaturas de hasta 550 °C o 950 °C. Dado que las temperaturas en la zona del calentamiento directo son sensiblemente más altas, la camisa de horno 2 de acero está revestida, en su lado interior, de cerámica de alta temperatura 7. El grosor del revestimiento 7 determina la temperatura que la camisa de acero 2 experimenta durante el proceso. Para que la camisa de horno 2 no se deforme en el transcurso del funcionamiento a causa de la sollicitación térmica y para que daños en el revestimiento interior no conduzcan a una deformación o incluso fusión de la camisa de horno 2, la camisa de horno se refrigera desde fuera (no está representado explícitamente aquí). Generalmente, la cerámica refractaria 7 está formada por azulejos cerámicos 71 que se disponen en contacto unos al lado de otros.

La figura 2 muestra un horno rotativo 1 con una forma de realización del sistema de refrigeración 3 según la invención en una vista en planta desde arriba. El sistema de refrigeración 3 para hornos rotativos 1 para la refrigeración de al menos una sección 21 de una camisa de horno 2 comprende en esta forma de realización a título de ejemplo una disposición de tres módulos de refrigeración 31, 31', 31" para la aplicación de líquido refrigerante 4 desde fuera en la camisa de horno 2 en una zona de incidencia 41 del líquido refrigerante 4 en la camisa de horno 2, estando dispuestos los módulos de refrigeración 31 en la sección 21 a refrigerar de la camisa de horno 2 al menos a lo largo del eje de giro R de la camisa de horno 2. La flecha gris indica que además de los módulos de refrigeración 31, 31', 31" representados aquí, en otras formas de realización pueden estar dispuestos también módulos de refrigeración adicionales a lo largo de la longitud completa del horno rotativo 1 o de la camisa de horno 2. Cada módulo de refrigeración 31, 31', 31" comprende una válvula de conmutación 311 excitable y una tobera de abanico 312, a través de la que un chorro de líquido refrigerante 4 pulsado con forma de abanico se pulveriza sobre la camisa de horno. Para ello, los módulos de refrigeración 31, 31', 31" contiguos tienen una distancia A1 entre sí paralelamente con respecto al eje de giro R de la camisa de horno 2, elegida adecuadamente en función del ensanchamiento del chorro de líquido refrigerante por la tobera de abanico 312, de manera que las zonas de incidencia 41 refrigeran la camisa de horno 2 íntegramente a lo largo de su eje de giro R, al menos en la sección 21 que ha de ser refrigerada. Para ello, cada módulo de refrigeración 31 comprende al menos un primer sensor térmico 313 (véase la figura 3) conectado a un control de sistema de refrigeración 32 a través de líneas de datos 33 para la medición de una primera temperatura local T1 de la camisa de horno 2 delante de la zona de incidencia 41 del líquido refrigerante 4, visto en el sentido de giro DR de la camisa de horno 2, y para la transmisión U1 de la primera temperatura local T1 al control de sistema de refrigeración 32 a través de las líneas de datos 33. El control de sistema de refrigeración 32 está configurado para excitar la válvula de conmutación 311 de cada módulo de refrigeración 31 a través de la línea de datos 33 conforme a una diferencia DT1 entre la respectiva primera temperatura local T1 y una temperatura teórica ST, de tal forma que mediante el ajuste E de la duración de impulso y/o de la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante 4 después de una rotación n+1 de la camisa de horno 2, el punto S1 de la camisa de horno 2 en el que una rotación antes (rotación n) se midió la primera temperatura local T1, presenta entonces una primera temperatura local T1' que está más próxima a la temperatura teórica ST que durante la medición anterior, siendo preferentemente inferior a 30K, preferentemente inferior a 15K, la diferencia DT1-U entre las primeras temperaturas locales T1, T1' de estas dos mediciones. Para las características no representadas explícitamente aquí se remite a las figuras 3 y 4. Las toberas de abanico 312 están realizadas de tal forma que producen un chorro de líquido refrigerante 4 en forma de abanico que tiene un primer ángulo de apertura W1 de al menos 40° a lo largo del eje de giro R del horno rotativo 2. En esta forma de realización, el control de sistema de refrigeración 32 está unido a las válvulas de conmutación 311 de diferentes módulos de refrigeración 31, 31', 31" y realizado de tal forma que este 32 excita las válvulas de control 311 de diferentes módulos de refrigeración 31, 31', 31" independientemente entre sí para el ajuste de una duración de impulso y/o frecuencia de impulsos individuales para cada módulo de refrigeración 31, 31', 31". La distancia A1 entre los módulos de refrigeración 31, 31', 31" contiguos está elegida y una presión del líquido refrigerante 4 para los módulos de refrigeración 31, 31', 31" está ajustada de tal forma que las zonas de incidencia 41 de los líquidos refrigerantes 4 en la camisa de horno 2 para módulos de refrigeración 31, 31', 31" contiguos se tocan preferentemente sin solaparse. La distancia de la tobera de abanico con respecto a la camisa de horno 2 se puede ajustar adecuadamente según la temperatura de la camisa de horno 2, de la presión de conducción empleada para el líquido refrigerante y de los primeros y/o segundos ángulos de apertura. Las presiones de conducción típicas para el líquido refrigerante se sitúan por ejemplo entre 3 bares y 6 bares.

En esta forma de realización, el sistema de refrigeración 3 y el control de sistema de refrigeración 32 están realizados para emitir una señal de advertencia SW en cuanto al menos la diferencia DT1 entre la temperatura teórica ST y la primera temperatura T1 esté superior a una temperatura umbral. Para ello, el control de sistema de refrigeración 32 está conectado electrónicamente al control de horno rotativo 11 a través de una línea de datos representada en líneas discontinuas, para poder transmitir a este automáticamente la señal de advertencia SW.

La figura 3 muestra un horno rotativo 1 con otra forma de realización del sistema de refrigeración 3 según la invención en sección perpendicularmente con respecto al eje de giro del horno rotativo 1. La descripción de la figura se dirige sustancialmente a los componentes del sistema de refrigeración 3 según la invención que no están representados en la figura 2. Para los componentes mencionados aquí que no están representados en la figura 3 se remite a la figura 2. Además del primer sensor térmico 313, dispuesto en la posición P1, para la medición de la primera temperatura local T1 en el punto S1 en la camisa de horno 2, antes de que el punto S1 alcanza la zona de

incidencia del líquido refrigerante en la camisa de horno 2 por la rotación de la camisa de horno 2 en el sentido de giro DR, el módulo de refrigeración 31 comprende además un segundo sensor térmico 314 para la medición de una segunda temperatura local T2 de la camisa de horno 2 en el sentido de giro DR de la camisa de horno 2 detrás de la zona de incidencia 41 indicada por la paréntesis curvada en líneas discontinuas. Ambos sensores térmicos 313, 314 están conectados al control de sistema de refrigeración 32 para la transmisión U1, U2 de las primeras y segundas temperaturas locales T1, T2, tal como está representado en la figura 2, estando previsto el control de sistema de refrigeración 32 para excitar la válvula de conmutación 311 de cada módulo de refrigeración, aquí el módulo de refrigeración 31 representado, de tal forma que la diferencia DT2 entre la primera y la segunda temperatura local T1, T2 durante una rotación sea inferior a 10K, preferentemente a 5K. Sin embargo, el control de sistema de refrigeración ajusta la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante 4 de tal forma que la segunda temperatura T2 para el punto ST de la camisa de horno 2 en el que durante la misma rotación ya se detectó la primera temperatura T1, presenta una diferencia al menos 0,5 K menor con respecto a la temperatura teórica ST que la primera temperatura T1. El primer sensor térmico 313 está dispuesto en una primera posición P1, extendiéndose una línea de unión imaginaria entre la primera posición P1 y el punto central de tobera D1 perpendicularmente con respecto al eje de giro R de la camisa de horno 2. El segundo sensor térmico 314 está dispuesto en una segunda posición alejada de la primera posición, detrás de la zona de incidencia del líquido refrigerante en la camisa de horno 2, visto en el sentido de giro de la camisa de horno 2, extendiéndose una línea de unión imaginaria entre la primera y la segunda posición P1, P2 perpendicularmente con respecto al eje de giro R de la camisa de horno 2 y teniendo la primera y la segunda posición P1, P2 al menos la misma distancia A2 con respecto a la camisa de horno. P1 y P2 pueden elegirse además de tal forma que las mediciones de temperatura no se vean influenciadas por el líquido refrigerante 4 que se evapora, por ejemplo a través de la forma y la longitud de los medios de fijación 315 de los sensores térmicos 313, 314 en el módulo de refrigeración 32.

La tobera de abanico 312 representada aquí permite para el chorro de líquido refrigerante 4 adicionalmente al primer ángulo de apertura un segundo ángulo de apertura W2 en el sentido de giro R de la camisa de horno 2, que mide al menos 30°, preferentemente al menos 60°. Preferentemente, el control de sistema de refrigeración 32 está previsto para ajustar una corta duración de impulso del chorro de líquido refrigerante 4 con la misma frecuencia de impulsos durante el paso de los puntos de la camisa de horno 2 con pequeñas diferencias DT1 con respecto a la temperatura teórica ST por la zona de incidencia 41 y ajustarla más larga durante el paso por la zona de incidencia 41 de los puntos de la camisa de horno 2 con mayores diferencias DT1 con respecto a la temperatura teórica ST.

En esta forma de realización, como ejemplo para la posible aparición de problemas, está representada la capa termoaislante 7, hecha de azulejos 71 cerámicos, en el lado interior de la camisa de horno 2, faltando tal azulejo cerámico 71 en el punto 72, de manera que este punto 72 está expuesto sin protección a la temperatura en el interior del horno rotativo. Por lo tanto, la camisa de horno 2 se calentará notablemente más en el exterior en el punto PH que en los puntos donde en el lado interior siguen existiendo azulejos cerámicos 71 protectores. Para poder refrigerar este punto caliente PH no obstante de manera suficiente, en esta forma de realización, el control de sistema de refrigeración 32 está realizado de tal forma que registre la primera temperatura T1 a lo largo de una rotación de camisa de horno 2Un+1 por la zona de incidencia 41 para una circunferencia de la camisa de horno 2 en función de la posición y que adapte la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos para el módulo de refrigeración 31 correspondiente al menos sobre la base de las primeras temperaturas T1 registradas en función de la posición, de tal forma que la posición más caliente PH en la circunferencia de la camisa de horno 2 es refrigerada adicionalmente mediante una refrigeración más fuerte por el módulo de refrigeración 31 en la zona de entorno PH-U que circunda la posición más caliente PH. La zona de entorno PH-U está indicada aquí mediante la flecha en líneas discontinuas a lo largo del sentido de giro. Evidentemente, la zona de entorno PH-U se extiende también en la dirección a lo largo del eje de giro, lo que no se muestra aquí.

La figura 4 muestra una forma de realización del procedimiento según la invención para el funcionamiento del sistema de refrigeración 3 según la invención, en la que, en primer lugar, se mide M1 la primera temperatura local T1 de la camisa de horno 2 antes de la zona de incidencia 41 del líquido refrigerante 4, visto en el sentido de giro DR de la camisa de horno 2. A continuación, la primera temperatura local T1 es transmitida U1 por el primer sensor térmico 313 al control de sistema de refrigeración 32 conectado a este y es almacenada allí. En el control de sistema de refrigeración 32 está depositada la temperatura teórica ST. Con la ayuda de la primera temperatura local T1 se calcula la diferencia DT1 entre la primera temperatura T1 y la temperatura teórica ST. Si existen ya las primeras temperaturas locales para todos los puntos en una circunferencia de la camisa de horno para al menos una rotación de la camisa de horno 2, se calcula también la diferencia DT1-U de las primeras temperaturas T1, T1' entre la medición actual M1 y la medición anterior durante la rotación anterior para los mismos puntos S1 en la camisa de horno 2. Si el módulo de refrigeración 31 comprende un segundo sensor térmico 314, se calcula también la diferencia DT2 entre la primera temperatura T1 y la segunda temperatura T2 medida M2 por el segundo sensor térmico 314 y transmitida U2 al control de sistema de refrigeración 32. A causa de las diferencias calculadas DT1, DT2 y/o DT1-U, el control de sistema de refrigeración 32 ajusta E la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante 4 por medio de la excitación de la válvula de conmutación 311 de cada módulo de refrigeración 31, 31', 31" conforme a una diferencia DT1, de tal forma que después de una rotación 2Un+1 de la camisa de horno 2, el punto S1 de la camisa de horno 2 en el que una rotación 2Un se midió antes de la primera temperatura local T1 presenta entonces una primera temperatura local T1' que está más próxima a la temperatura teórica ST que durante la medición anterior, siendo inferior a 30K, preferentemente inferior a 15K, la

diferencia DT1-U entre las primeras temperaturas locales T1, T1' de estas dos mediciones. Según la forma de realización del control de sistema de refrigeración 32 y los componentes existentes como el segundo sensor térmico 314 se tienen en consideración para el control del proceso de refrigeración también la diferencia DT2 y un valor mínimo para la refrigeración de la camisa de horno. Una vez que la válvula de conmutación 311 ha sido excitada según la evaluación de las mediciones de temperatura, a través de la válvula de conmutación 311 y la tobera de abanico 312, el líquido refrigerante 4 se aplica A desde fuera en la camisa de horno 2 en una zona de incidencia 41 del líquido refrigerante 4 en la camisa de horno 2., estando dispuestos los módulos de refrigeración 31, 31', 31" contiguos a una distancia A1 entre sí paralelamente con respecto al eje de giro R del horno rotativo 2, de tal forma que las zonas de incidencia 41 refrigeran la camisa de horno 2 íntegramente a lo largo del eje de giro R al menos en la sección 21 a refrigerar. Durante ello, en esta forma de realización, el control de sistema de refrigeración 32 excita las válvulas de conmutación 311 de diferentes módulos de refrigeración 31, 31', 31" independientemente entre sí para el ajuste E de duraciones de impulsos y/o frecuencias de impulsos individuales para cada módulo de refrigeración 31, 31', 31".

En esta forma de realización, el control de sistema de refrigeración 32 registra las primeras temperaturas T1 a lo largo de una rotación de camisa de horno por la zona de incidencia 41 del chorro de líquido refrigerante 4 del módulo de refrigeración 31, 31', 31" correspondiente para una circunferencia de la camisa de horno 2 en función de la posición, por lo que el control de sistema de refrigeración 32 identifica de entre los datos la posición más caliente PH en la camisa de horno (dado el caso, varias posiciones calientes PH en la camisa de horno) y, sobre la base de estas temperaturas T1 registradas en función de la posición, adapta la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos para el módulo de refrigeración 31, 31', 31" correspondiente, por cuya zona de incidencia 41 pasan el punto más caliente PH o los puntos calientes PH, de manera que la posición más caliente PH en la circunferencia de la camisa de horno 2 es refrigerada adicionalmente por una refrigeración más fuerte por el módulo de refrigeración 31, 31', 31" correspondiente en la zona de entorno PH-U que circunda la posición más caliente PH.

En otra forma de realización, tras alcanzarse la temperatura teórica ST para un módulo de refrigeración 31, 31', 31", el control de sistema de refrigeración 32 interrumpe adicionalmente la refrigeración por dicho módulo de refrigeración 31, 31', 31", hasta que la primera temperatura local T1 supere la temperatura teórica ST al menos en un valor ajustable (umbral de conexión), preferentemente en 30 K. Por ejemplo, en un horno rotativo de cemento, la temperatura teórica asciende a 210°, el umbral de conexión para reanudar la refrigeración ascendería entonces a 240°C.

Las formas de realización representadas aquí representan ejemplos para la presente invención y, por tanto, no se considerarán como restricción. Igualmente están comprendidas en el alcance de protección de la presente invención las formas de realización alternativas consideradas por el experto.

Lista de signos de referencia

1	Horno rotativo
35 11	Control de horno rotativo
2	Camisa de horno
2E	Abertura de entrada para el material que ha de ser tratado
2A	Abertura de salida para el material que ha de ser tratado
2Un	Camisa de horno después de n rotaciones (antes de una rotación)
40 2Un+1	Camisa de horno después de n+1 rotaciones (otra rotación)
21	Sección de la camisa de horno que ha de ser refrigerada
3	Sistema de refrigeración según la invención
31, 31', 31"	Módulo de refrigeración
311	Válvula de conmutación en el módulo de refrigeración
45 312	Tobera de abanico en el módulo de refrigeración
313	Primer sensor térmico
314	Segundo sensor térmico
315	Medio de fijación para sensor(es) térmico(s) en el módulo de refrigeración
32	Control de sistema de refrigeración
50 33	Líneas de datos en el sistema de refrigeración
34	Líneas de líquido refrigerante en el sistema de refrigeración
4	Líquido refrigerante, chorro de líquido refrigerante
41	Zona de incidencia del líquido refrigerante en la camisa de horno
5	Quemador del horno rotativo
55 51	Lanza de fuego
61	Material que ha de ser tratado por el horno rotativo
62	Material tratado por el horno rotativo
7	Capa termoaislante en el lado interior de la camisa de horno
71	Azulejos cerámicos
60 72	Azulejos cerámicos que faltan en la capa termoaislante
A	Aplicación de líquido refrigerante desde fuera en la camisa de horno
A1	Distancia de módulos de refrigeración contiguos entre sí paralelamente respecto al eje de giro R

ES 2 608 561 T3

A2	Distancia entre la camisa de horno y la primera y/o la segunda posición del primer y/o del segundo sensor térmico
D1	Punto central de tobera
DR	Sentido de giro de la camisa de horno
5 DT1	Diferencia entre la primera temperatura y la temperatura teórica
DT2	Diferencia entre la primera y la segunda temperatura durante la misma rotación de la camisa de horno
DT1-U	Diferencia entre dos primeras temperaturas de los mismos puntos en la camisa de horno después de una rotación de la camisa de horno
10 E	Ajuste de la frecuencia de impulsos y de la duración de impulso del chorro de líquido refrigerante
M1	Medición de la primera temperatura local
M2	Medición de la segunda temperatura local
P1	Posición en la que está dispuesto el primer sensor térmico
P2	Posición en la que está dispuesto el segundo sensor térmico
15 PH	Posición más caliente en la circunferencia de la camisa de horno para una zona de incidencia
PH-U	Entorno de la posición más caliente
R	Eje de giro de la camisa de horno
S1	Punto en la camisa de horno en el que se mide la primera temperatura local
ST	Temperatura teórica de la camisa de horno
20 SW	Señal de advertencia emitida por el sistema de refrigeración
T1, T1'	Primera temperatura
T2	Segunda temperatura
U1	Transmisión de la primera temperatura al control de sistema de refrigeración
U2	Transmisión de la segunda temperatura al control de sistema de refrigeración
25 W1	Primer ángulo de apertura del chorro de líquido refrigerante
W2	Segundo ángulo de apertura del chorro de líquido refrigerante

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de refrigeración (3) para hornos rotativos (1) para la refrigeración de al menos una sección (21) de una camisa de horno (2), que comprende una disposición de uno o varios módulos de refrigeración (31, 31', 31'') para la aplicación (A) de refrigerante (4) desde fuera en la camisa de horno (2) en una zona de incidencia (41) del líquido refrigerante (4) en la camisa de horno (2), en el cual los módulos de refrigeración (31, 31', 31'') para la sección (21) a enfriar de la camisa de horno (2) están dispuestos, al menos a lo largo del eje de giro (R) de la camisa de horno (2), a una distancia de la camisa de horno (2), cada módulo de refrigeración (31) comprende una válvula de conmutación (311) excitable y una tobera de abanico (312) para la emisión de un chorro de líquido refrigerante (4) pulsado en forma de abanico y, en caso de varios módulos de refrigeración (31, 31', 31''), los módulos de refrigeración (31, 31', 31'') contiguos están dispuestos a una distancia (A1) entre sí paralelamente con respecto al eje de giro (R) de la camisa de horno (2), de tal forma que la zonas de incidencia (41) refrigeran la camisa de horno (2) íntegramente a lo largo de su eje de giro (R) al menos en la sección (21) que ha de ser refrigerada, y en el que cada módulo de refrigeración (31, 31', 31'') comprende al menos un primer sensor térmico (313) conectado a un control de sistema de refrigeración (32) para la medición una primera temperatura local (T1) de la camisa de horno (2), visto en el sentido de giro (DR) de la camisa de horno (2), antes de la zona de incidencia (41) del líquido refrigerante (4) y para la transmisión (U1) de la primera temperatura local (T1) al control de sistema de refrigeración (32), y el control de sistema de refrigeración (32) está realizado para excitar la válvula de conmutación (311) de cada módulo de refrigeración (31, 31', 31'') conforme a una diferencia (DT1) entre la respectiva primera temperatura local (T1) y una temperatura teórica (ST) de tal forma que mediante el ajuste (E) de la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante (4) después de una rotación (2Un+1) de la camisa de horno (2), el punto (S1) de la camisa de horno (2) en el que una rotación (2Un) se midió antes de la primera temperatura local (T1) presenta entonces una primera temperatura local (T1') que está más próxima a la temperatura teórica (ST) que durante la medición anterior, si en la rotación correspondiente se aplicó líquido refrigerante sobre la zona de incidencia correspondiente, siendo sin embargo inferior a 30K, preferentemente inferior a 15K, la diferencia (DT1-U) entre las primeras temperaturas locales (T1, T1') de estas dos mediciones.
2. El sistema de refrigeración (3) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el control de sistema de refrigeración (32) está conectado a las válvulas de conmutación (311) de diferentes módulos de refrigeración (31, 31', 31'') y realizado de tal forma que este (32) excita independientemente entre sí las válvulas de conmutación (311) de diferentes módulos de refrigeración (31, 31', 31'') para el ajuste de una duración de impulso y/o frecuencia de impulsos individuales para cada módulo de refrigeración (31, 31', 31'').
3. El sistema de refrigeración (3) según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el control de sistema de refrigeración (32) está realizado de tal forma que registra en función de la posición la primera temperatura (T1) a lo largo de una rotación de camisa de horno (2Un+1) por la zona de incidencia (41) para una circunferencia de la camisa de horno (2) y que adapta la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos para el módulo de refrigeración (31, 31', 31'') correspondiente al menos sobre la base de las primeras temperaturas (T1) registradas en función de la posición, de tal forma que la posición más caliente (PH) en la circunferencia de la camisa de horno (2) se refrigera adicionalmente por una refrigeración más fuerte por el módulo de refrigeración (31, 31', 31'') correspondiente en la zona de entorno (PH-U) que circunda la posición más caliente (PH).
4. El sistema de refrigeración (3) según una de las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado porque**, tras alcanzarse la temperatura teórica (ST) para un módulo de refrigeración (31, 31', 31''), el control de sistema de refrigeración (32) interrumpe la refrigeración por dicho módulo de refrigeración (31, 31', 31'') hasta que la primera temperatura local (T1) supera la temperatura teórica (ST) al menos en un valor ajustable, preferentemente en 30 K.
5. El sistema de refrigeración (3) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las toberas de abanico (312) están realizadas de tal forma que generan un chorro de líquido refrigerante (4) en forma de abanico que tiene un primer ángulo de apertura (W1) de al menos 40° a lo largo del eje de giro (R) del horno rotativo (2).
6. El sistema de refrigeración según la reivindicación 5, **caracterizado porque** las toberas de abanico (312) presentan además un segundo ángulo de apertura (W2) en el sentido de giro (R) de la camisa de horno (2) que mide al menos 30°, preferentemente al menos 60°, estando previsto a este respecto el control de sistema de refrigeración (32) preferentemente para ajustar corta la duración de impulso del chorro de líquido refrigerante (4) con la misma frecuencia de impulsos durante el paso por la zona de incidencia (41) de los puntos de la camisa de horno (2) con pequeñas diferencias (DT1) con respecto a la temperatura teórica (ST) y ajustarla más larga durante el paso por la zona de incidencia (41) de los puntos de la camisa de horno (2) con mayores diferencias (DT1) con respecto a la temperatura teórica (ST).
7. El sistema de refrigeración (3) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la distancia (A1) entre los módulos de refrigeración (31, 31', 31'') contiguos y una presión del líquido refrigerante (4) para los módulos de refrigeración (31, 31', 31'') están ajustadas de tal forma que se tocan las zonas de incidencia (41) de los líquidos refrigerantes (4) en la camisa de horno (2) para módulos de refrigeración (31, 31', 31'') contiguos, a este respecto, preferentemente sin solaparse.

8. El sistema de refrigeración (3) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el módulo de refrigeración (31, 31', 31'') comprende además un segundo sensor térmico (314) para la medición de una segunda temperatura local (T2) de la camisa de horno (2) detrás de la zona de incidencia (41) en el sentido de giro (DR) de la camisa de horno (2), que está previsto para la transmisión (U2) de la segunda temperatura local (T2) al control de sistema de refrigeración (32) y para ello está conectado a este (32), estando previsto el control de sistema de refrigeración (32) para excitar la válvula de conmutación (311) de cada módulo de refrigeración (31, 31', 31'') de tal forma que la diferencia (DT2) entre la primera y la segunda temperatura local (T1, T2) durante una rotación sea inferior a 10K, preferentemente inferior a 5K.
9. El sistema de refrigeración (3) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer sensor térmico (313) está dispuesto en el respectivo módulo de refrigeración (31, 31', 31'') en una primera posición (P1), extendiéndose una línea de unión imaginaria entre la primera posición (P1) y el punto central de tobera (D1) perpendicularmente con respecto al eje de giro (R) de la camisa de horno (2) y, en caso de la existencia de un segundo sensor térmico (314) como sensor térmico adicional en el módulo de refrigeración (31, 31', 31''), este segundo sensor térmico (314) está dispuesto en una segunda posición (P2) desigual a la primera posición (P1), extendiéndose una línea de unión imaginaria entre la primera y la segunda posición (P1, P2) perpendicularmente con respecto al eje de giro (R) de la camisa de horno (2) y teniendo la primera y la segunda posición (P1, P2) al menos la misma distancia (A2) con respecto a la camisa de horno.
10. El sistema de refrigeración (3) según una de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado porque** la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante (4) se ajustan de tal forma que la segunda temperatura (T2) para el punto (ST) de la camisa de horno (2) en el que ya se detectó la primera temperatura (T1) durante la misma rotación presenta una diferencia al menos 0,5 K menor con respecto a la temperatura teórica (ST) que la primera temperatura (T1).
11. El sistema de refrigeración (3) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el control de sistema de refrigeración (32) está realizado para emitir una señal de advertencia (SW), en cuanto al menos la diferencia (DT1) entre la temperatura teórica (ST) y la primera temperatura (T1) supere una temperatura umbral, preferentemente, la señal de advertencia (SW) se transmite de forma electrónica a un control de horno rotativo (11).
12. Horno rotativo (1), preferentemente horno rotativo de cemento, con un sistema de refrigeración (3) según la reivindicación 1.
13. Procedimiento para el funcionamiento de un sistema de refrigeración (3) para hornos rotativos (1) según la reivindicación 1 para la refrigeración de al menos una sección (21) de una camisa de horno (2), que comprende una disposición de uno o varios módulos de refrigeración (31, 31', 31'') que, para la sección (21) a refrigerar de la camisa de horno (2) están dispuestos, al menos a lo largo del eje de giro (R) de la camisa de horno (2), a una distancia con respecto a la camisa de horno (2), cada módulo de refrigeración (31, 31', 31'') comprende una válvula de conmutación (311) excitable y una tobera de abanico (312) para la emisión de un chorro de líquido refrigerante (4) pulsado con forma de abanico y al menos un primer sensor térmico (313) para la medición de una primera temperatura (T1), que comprende las etapas
- la medición (M1) de la primera temperatura local (T1) de la camisa de horno (2) en el sentido de giro (DR) de la camisa de horno (2), visto delante de la zona de incidencia (41) del líquido refrigerante (4);
 - la transmisión (U1) de las primeras temperaturas locales (T1) por el primer sensor térmico (313) a un control de sistema de refrigeración (32) unido a este;
 - el ajuste (E) de la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos del chorro de líquido refrigerante (4) mediante la excitación de la válvula de conmutación (311) de cada módulo de refrigeración (31, 31', 31'') por el control de sistema de refrigeración (32) conforme a una diferencia (DT1) entre la primera temperatura (T1) y una temperatura teórica (ST), de manera que después de una rotación (2Un+1) de la camisa de horno (2), el punto (S1) de la camisa de horno (2) en el que una rotación (2Un) se midió antes de la primera temperatura local (T1) presenta entonces una primera temperatura local (T1') que está más próxima a la temperatura teórica (ST) que durante la medición anterior, si durante la rotación correspondiente se aplicó líquido refrigerante en la zona de incidencia correspondiente, siendo sin embargo inferior a 30K, preferentemente inferior a 15K, la diferencia (DT1-U) entre las primeras temperaturas locales (T1, T1') de estas dos mediciones; y
 - la aplicación (A) del líquido refrigerante (4) desde fuera en la camisa de horno (2) en una zona de incidencia (41) del líquido refrigerante (4) en la camisa de horno (2), estando dispuestos los módulos de refrigeración (31, 31', 31'') contiguos, en el caso de varios módulos de refrigeración, a una distancia (A1) entre sí paralelamente con respecto al eje de giro (R) del horno rotativo (2), de tal forma que las zonas de incidencia (41) refrigeran la camisa de horno (2) íntegramente a lo largo del eje de giro (R) al menos en la sección (21) que ha de ser refrigerada.
14. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que el control de sistema de refrigeración (32) excita las válvulas de conmutación (311) de diferentes módulos de refrigeración (31, 31', 31'') independientemente entre sí para el ajuste (E) de una duración de impulso y/o una frecuencia de impulsos individuales para cada módulo de refrigeración (31, 31', 31'').

- 5 15. El procedimiento según la reivindicación 14, en el que el control de sistema de refrigeración (32) registra las primeras temperaturas (T1) a lo largo de una rotación de camisa de horno por la zona de incidencia (41) del chorro de líquido refrigerante (4) del módulo de refrigeración (31, 31', 31'') correspondiente para una circunferencia de la camisa de horno (2) en función de la posición y adapta la duración de impulso y/o la frecuencia de impulsos para el módulo de refrigeración (31, 31', 31'') correspondiente sobre la base las temperaturas (T1) registradas en función de la posición, de tal forma que la posición más caliente (PH) en la circunferencia de la camisa de horno (2) se refrigera adicionalmente por una refrigeración más fuerte por el módulo de refrigeración (31, 31', 31'') correspondiente en el que la zona de entorno (PH-U) que circunda la posición más caliente (PH).

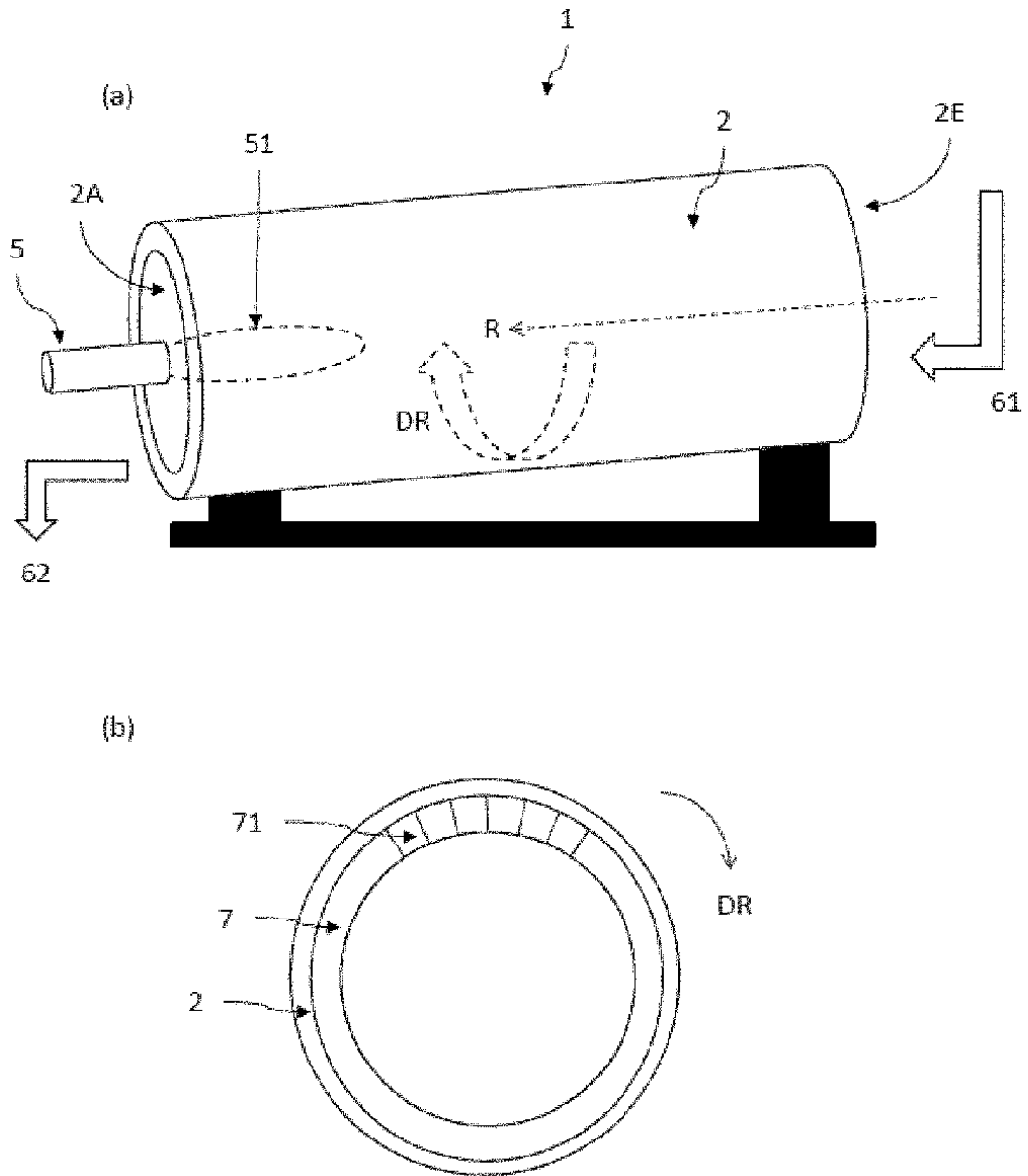


FIG.1

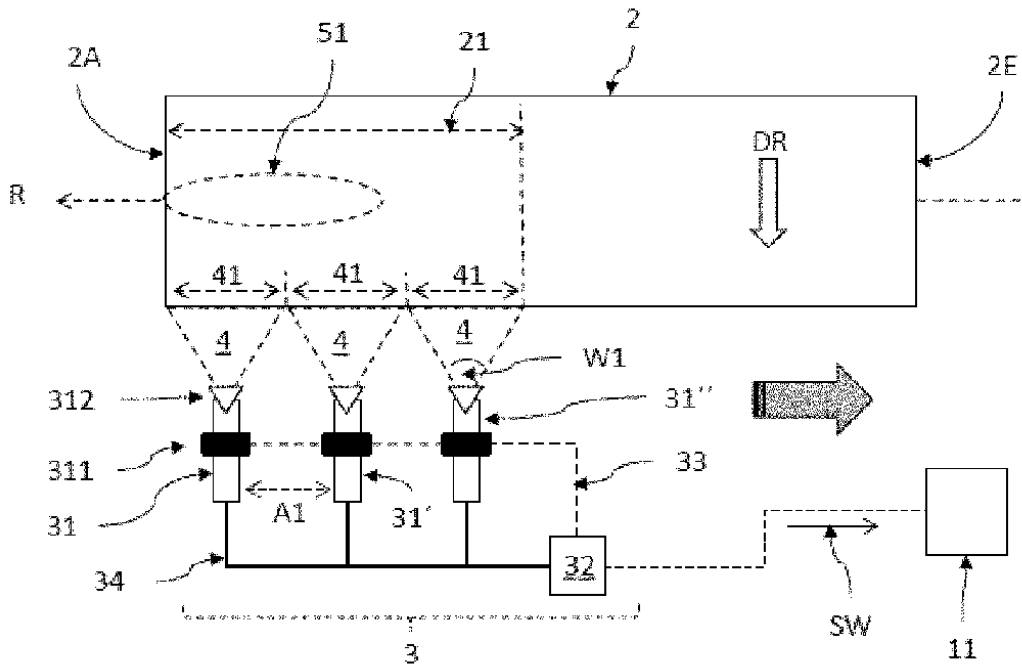


FIG. 2

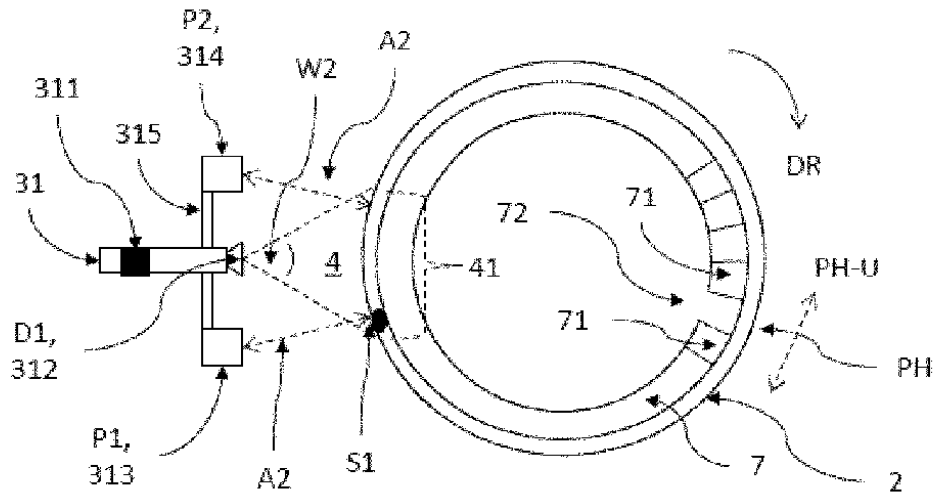


FIG. 3

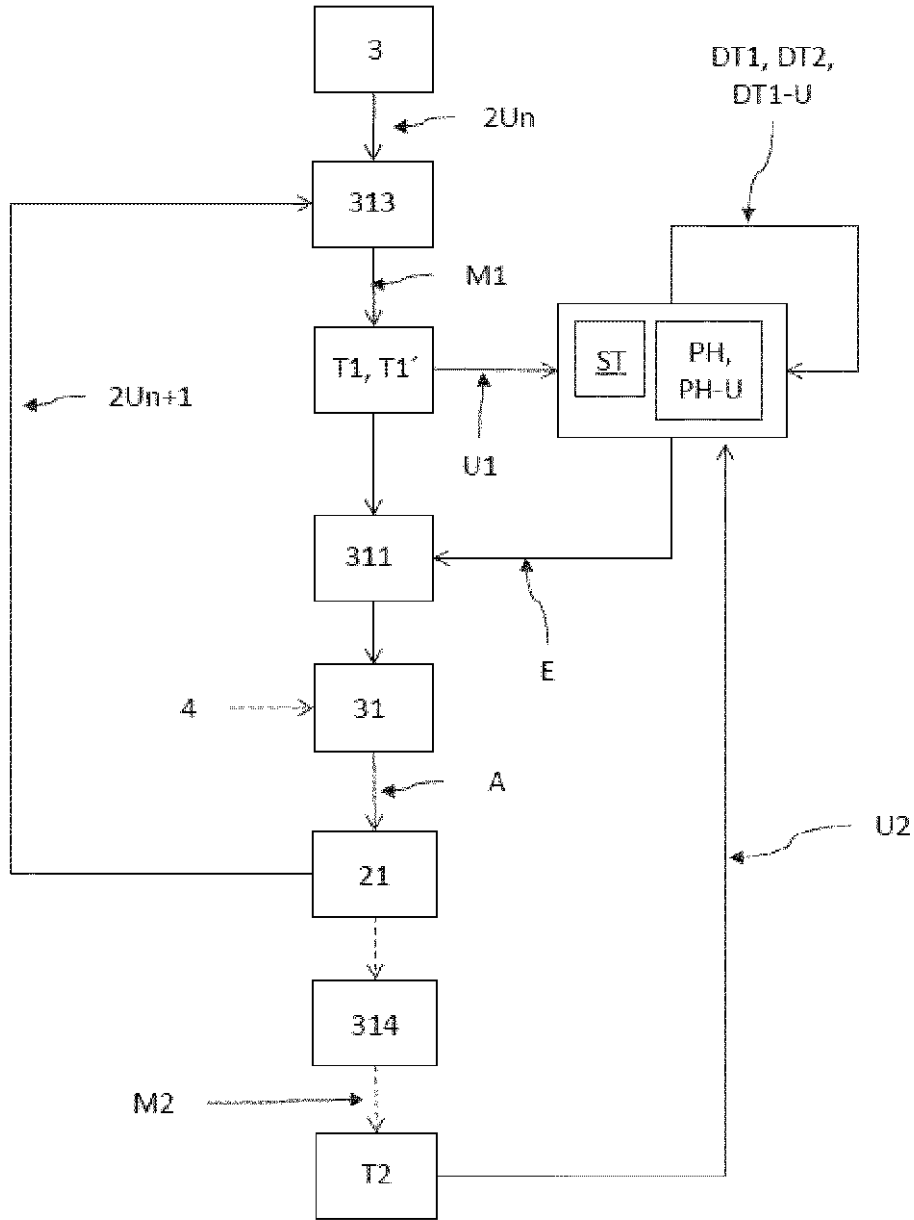


FIG.4