

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 678 774**

51 Int. Cl.:

**B22D 11/22** (2006.01)

**B22D 11/124** (2006.01)

**B05B 12/04** (2006.01)

**B05B 13/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2015 PCT/EP2015/066700**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2016 WO16012471**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2015 E 15744524 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 3171998**

54 Título: **Refrigeración de un segmento de barra metálica**

30 Prioridad:

**25.07.2014 AT 505232014**

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

**17.08.2018**

73 Titular/es:

**PRIMETALS TECHNOLOGIES AUSTRIA GMBH  
(100.0%)**

**Turmstrasse 44  
4031 Linz, AT**

72 Inventor/es:

**FUERNHAMMER, THOMAS;  
LADNER, PETER;  
MAIRHOFER, MARKUS;  
SCHEIDL, RUDOLF;  
STELLNBERGER, RENÉ;  
WAHL, HELMUT;  
WIESER, PHILIPP y  
WOESS, STEFAN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 678 774 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

Refrigeración de un segmento de barra metálica

5 La invención hace referencia a un procedimiento para la refrigeración de un segmento de barra, de una barra metálica, según el preámbulo de la reivindicación 1, así como a un dispositivo de refrigeración según el preámbulo de la reivindicación 14.

En la colada continua de metales, una masa fundida metálica es conducida a una coquilla usualmente oscilante, refrigerada con agua, en ésta, al menos en la zona del borde, es llevada a una solidificación y usualmente de forma continua - ya en forma de una barra - es conducida desde la coquilla de un dispositivo de conducción de la barra situado aguas abajo de la coquilla, de la máquina de colada continua, y es transportada a través del mismo.

10 En ese caso es necesario refrigerar aún más la barra en el dispositivo de conducción de la barra con un dispositivo de refrigeración, usualmente mediante la aplicación de un refrigerante sobre la barra.

15 Por la solicitud WO 2012/163878 se conoce un procedimiento para la refrigeración de una barra metálica, en donde un refrigerante, desde una pluralidad de boquillas de refrigeración dispuestas a lo largo de un dispositivo de transporte de la barra, se aplica sobre la barra. Para la refrigeración de la barra según el procedimiento, en la solicitud WO 2012/163878 se sugiere un dispositivo de refrigeración con válvulas de conmutación y boquillas de refrigeración.

20 Puesto que durante la colada continua, una barra es colada usualmente de forma continua y la barra producida de forma continua entre el inicio de la colada y el fin de la colada se corta a la longitud del desbaste sólo después de la colada continua, el término "segmento de barra" abarca también un área de la barra producida de forma continua, la cual es transportada con la velocidad de colada a través del dispositivo de refrigeración (llamada también zona de refrigeración) de la máquina de colada continua. En ningún caso es esencial para la invención que la barra sea cortada ya antes de la refrigeración en el dispositivo de refrigeración. Usualmente, un segmento de barra es solamente un "segmento virtual" de la barra metálica, el cual se desplaza a través del dispositivo de refrigeración de la máquina de colada continua con la velocidad de colada.

25 El objeto de la presente invención consiste en alcanzar una refrigeración fiable y eficiente de un segmento de barra de una barra metálica. Otro objeto consiste en reducir golpes de presión no deseados hacia las líneas del área de refrigeración, así como hacia las líneas de alimentación del refrigerante en el área de refrigeración.

Este objeto se soluciona con un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y con un dispositivo de refrigeración con las características de la reivindicación 14.

30 En el resto de las reivindicaciones y en la descripción se indican variantes convenientes y ventajas de la invención, las cuales se refieren al procedimiento y al dispositivo de refrigeración.

35 El procedimiento según la invención para la refrigeración de un segmento de barra de una barra metálica en un área de refrigeración de una máquina de colada continua con un dispositivo de refrigeración que presenta respectivamente varias válvulas de conmutación y boquillas de refrigeración, en donde el segmento de barra es transportado a través del área de refrigeración para la refrigeración y las válvulas de conmutación son activadas a través de señales de control moduladas por el ancho del pulso, debido a lo cual flujos de refrigerante se liberan a través de las boquillas de refrigeración o se interrumpen de forma alternada, debido a lo cual un refrigerante para la refrigeración se aplica de forma intermitente sobre el segmento de barra en el área de refrigeración, prevé que las señales de control binarias moduladas por el ancho de pulso se definan de modo que al menos una de las señales de control presente un desplazamiento de fases con respecto a otra de las señales de control.

45 En el procedimiento de refrigeración con válvulas de conmutación según el estado del arte, la densidad de aplicación de refrigerante puede resultar influenciada de forma no deseada en particular a través de fluctuaciones no deseadas de una cantidad de flujo de refrigerante en líneas o líneas de alimentación del dispositivo de refrigeración. Las fluctuaciones de esa clase pueden ser causadas por golpes de presión en el refrigerante, las cuales a su vez pueden ser causadas por la conmutación intermitente - es decir, la apertura y el cierre - de las válvulas de conmutación. La magnitud de los golpes de presión y, con ello, la magnitud de las fluctuaciones, puede reducirse a través de la definición de las señales de control según la invención.

50 Estudios del solicitante han demostrado que a través del desplazamiento de fases, por una parte, se provoca una conmutación desplazada en el tiempo de las válvulas de conmutación activadas a través de las señales de control desplazadas en cuanto a las fases y, por otra parte, a través del desplazamiento en el tiempo se provoca una reducción de los golpes de presión y, por consiguiente, una uniformidad de la cantidad de flujo de refrigerante a través de las boquillas de refrigeración abiertas. De este modo, con medios sencillos, puede contrarrestarse una

influencia no deseada de la densidad de aplicación de refrigerante. El procedimiento según la invención, en particular el tipo de definición de las señales de control antes mencionado, posibilita que al segmento de barra transportado a través del área de refrigeración, en el extremo del área de refrigeración, se realice esencialmente una aplicación con la misma densidad de aplicación de refrigerante sobre el segmento de barra.

- 5 Por lo tanto, una refrigeración fiable y eficiente del segmento de barra se alcanza en particular debido a que se reducen golpes de presión no deseados en las líneas del área de refrigeración, así como en las líneas de alimentación del refrigerante en el área de refrigeración.

La invención parte del conocimiento de que durante el transporte de la barra a través del área de refrigeración, principalmente a lo largo de la barra, se presenta un recalentamiento con una intensidad diferente de la superficie de la barra - a consecuencia de una conducción térmica desde el interior de la barra. Por lo tanto, se considera deseable poder modificar la potencia de refrigeración a lo largo de la barra, así como del dispositivo de refrigeración. De lo contrario puede producirse una refrigeración excesiva o una sub-refrigeración que se asocian a pérdidas de la calidad metalúrgica. Para ello, por una parte, se considera ventajoso aplicar el refrigerante de forma intermitente sobre la barra - por lo tanto, con interrupciones temporales. De ese modo puede regularse una cantidad de refrigerante y, con ello, la potencia de refrigeración, de forma sencilla, robusta y eficiente en cuanto a la energía, sobre un amplio rango de valores. Por otra parte, durante la aplicación intermitente de refrigerante - la cual en sí misma es discontinua - no puede asegurarse sin problemas una aplicación de refrigerante regular, puesto que puede producirse una interacción no deseada entre las interrupciones temporales de la aplicación de refrigerante y otras variables del procedimiento del proceso de colada continua. Por ejemplo, si un segmento de barra, durante una interrupción temporal de la aplicación de refrigerante - o por ejemplo también en el caso de un defecto de la boquilla de refrigeración o similares -, es transportado de forma parcial o completa a través de un área de refrigeración, entonces el segmento de barra experimenta una reducción no deseada de la refrigeración o incluso no experimenta ninguna refrigeración. Eso puede asociarse nuevamente a una reducción no deseada de la calidad de la barra. Una reducción de esa clase, no deseada, de la refrigeración, así como una pérdida de calidad, puede evitarse cuando sobre el segmento de barra se provoca una densidad de aplicación de refrigerante regular - en el sentido de la cantidad de refrigerante por unidad de superficie. Se considera esencial aquí el conocimiento de que la densidad de aplicación de refrigerante regular puede provocarse a lo sumo al instante del transporte del segmento de barra a través del área de refrigeración - por lo tanto al final del área de refrigeración. A través de la invención, las señales de control se definen de modo que se supera la desventaja mencionada de la aplicación de refrigerante intermitente - expresado de forma simplificada, las interrupciones temporales de la aplicación de refrigerante sobre la barra se adecuan de forma selectiva.

Un segmento de barra puede ser un segmento de la barra en una dirección longitudinal de la barra o en una dirección de transporte de la barra a través del área de refrigeración. En particular, una barra puede estar formada en su longitud total al menos principalmente por una gran cantidad de segmentos de barra. La división de la barra en una gran cantidad de segmentos de barra puede ser solamente una división imaginaria de una barra casi continua - es decir, que se extiende de una pieza de forma continua a través de al menos la mitad de la longitud del dispositivo de conducción de la barra.

La barra metálica puede contener al menos principalmente acero o puede ser una barra de acero.

Un área de refrigeración en el sentido de la presente invención puede ser un área a través de la cual es transportado el segmento de barra o la barra, para la aplicación de refrigerante. De manera conveniente, el área de refrigeración está dispuesta a lo largo del dispositivo de conducción de la barra de la máquina de colada continua, preferentemente dentro del área del dispositivo de conducción de la barra. La máquina de colada continua puede comprender varias áreas de refrigeración dispuestas unas detrás de otras, en particular en la dirección de transporte de la barra. Por ejemplo, el área de refrigeración puede ser un área que puede humedecerse a través del refrigerante descargado desde la boquilla de refrigeración.

La aplicación de refrigerante intermitente puede alcanzarse a través de un cambio reiterado de un lado hacia otro, entre un estado abierto y un estado cerrado de las válvulas de conmutación. De manera conveniente, las válvulas de conmutación están situadas aguas arriba de las boquillas de refrigeración en la dirección de flujo de refrigerante.

De manera conveniente, las válvulas de conmutación son activadas con señales de control binarias. Binario puede significar que la señal de control puede asumir dos estados, en particular 0 ó 1, así como HI o LOW (alto o bajo).

De manera ventajosa, respectivamente una válvula de conmutación es activada a través de una señal de control. Expresado de otro modo, preferentemente, cada una de las válvulas de conmutación es activada a través de una señal de control propia. Sin embargo, también es posible que un grupo de varias válvulas de conmutación sea activado por una y la misma señal de control, en particular de forma simultánea.

A su vez, una válvula de conmutación puede liberar o bloquear un flujo de refrigerante a través de una única boquilla de refrigeración. Sin embargo, también es posible que varios flujos de refrigeración sean liberados o bloqueados a través de un grupo de varias boquillas de refrigeración, a través de una y la misma válvula de conmutación.

5 De manera ventajosa, la señal de control binaria es una señal de control modulada por el ancho del pulso, cuyas propiedades técnicas de la señal pueden definirse a través de una frecuencia portadora, una relación del ancho del pulso y un desplazamiento de fases o similares.

10 Definir, en el sentido de la presente invención, puede significar que se modula, adapta o modifica al menos una propiedad técnica de la señal, de una señal de control, por ejemplo la frecuencia portadora. Expresado de otro modo, las señales de control pueden definirse a través de una modulación de al menos una de sus propiedades técnicas de la señal, en particular de su respectiva frecuencia portadora, su respectiva relación del ancho del pulso y/o de su respectivo desplazamiento de fases con respecto a una de las otras señales de control. De manera ventajosa, la definición tiene lugar en función de al menos una variable de estado que puede ser una variable de estado del proceso de colada continua (por ejemplo la velocidad de colada), de la barra, del dispositivo de refrigeración o similares.

15 Como la densidad de aplicación de refrigerante, en el sentido de la presente invención, puede entenderse una unidad de cantidad del refrigerante con relación a una unidad de superficie del segmento de barra. De manera conveniente, la densidad de aplicación de refrigerante es una cantidad de refrigerante por unidad de superficie, la cual puede indicarse por ejemplo con la unidad de medida l/m<sup>2</sup>.

20 De manera ventajosa, en la invención se prevé que las interrupciones temporales de la aplicación de refrigerante intermitente sobre el segmento de barra en el área de refrigeración se adecuen a través de una modulación - es decir, una modificación de las propiedades de la señal - de las señales de control, de manera que una superficie que debe refrigerarse del segmento de barra, al pasar por el área de refrigeración, haya experimentado en cada punto la misma potencia de refrigeración a través del efecto del refrigerante.

25 Para definir la interrupción temporal se considera ventajoso definir las señales de control - es decir sus propiedades - utilizando una velocidad de transporte de la barra y/o un estado de falla del dispositivo de refrigeración y/o una propiedad geométrica del área de refrigeración y/o una distancia entre dos boquillas de refrigeración o dos hileras de boquillas de refrigeración o similares.

De ese modo puede lograrse una aplicación regular de refrigerante de la barra y, con ello, una calidad metalúrgica regular de la barra, en particular manteniendo las ventajas conocidas de la descarga de refrigerante intermitente.

30 Para determinar un estado de falla del dispositivo de refrigeración, de manera ventajosa, se determina una variable de estado que describe el estado físico del refrigerante, en particular en el área de una línea de alimentación de refrigerante común a por lo menos varias de las válvulas de conmutación y/o a varias de las boquillas de refrigeración. Se considera ventajoso además que se compare una curva de la variable de estado con una curva de referencia. Preferentemente, en función de la comparación se determina un estado de falla de al menos una de las  
35 válvulas de conmutación y/o de una de las boquillas de refrigeración del dispositivo de refrigeración.

La determinación de un estado de falla del dispositivo de refrigeración - junto con la comprobación de si se encuentra presente o no una falla o un defecto del dispositivo de refrigeración, puede comprender también la comprobación de qué elemento el dispositivo de refrigeración presenta un defecto - por tanto una localización del elemento defectuoso del dispositivo de refrigeración.

40 De manera conveniente, las señales de control - en particular a través de una modulación de al menos una de sus propiedades técnicas de la señal - se definen de modo que el estado de falla de compensa al menos de forma temporal, preferentemente sin que se produzca un efecto no deseado en cuanto a la calidad de la barra.

45 De ese modo puede retardarse temporalmente por ejemplo un cambio de una válvula de conmutación defectuosa y/o de una boquilla de refrigeración defectuosa, y reducirse un tiempo de detención sin producción de la máquina de colada continua.

50 La compensación de un estado de falla puede significar que las señales de control se definen o adecuan de modo que también en el caso de encontrarse presente un estado de falla, al segmento de barra al final del área de refrigeración ha sido aplicada esencialmente la misma densidad de aplicación de refrigerante sobre el segmento de barra. Es decir, que al compensarse un estado de falla, las señales de control se definen o adecuan de forma conveniente, de manera que al segmento de barra, al final del área de refrigeración, se ha aplicado la misma o esencialmente la misma densidad de aplicación de refrigerante sobre el segmento de barra, que en el caso de que no se encuentre presente ningún estado de falla del dispositivo de refrigeración. Por lo tanto, de manera conveniente, se compensan los efectos del estado de falla.

La determinación del estado de falla se basa en el conocimiento de que el dispositivo de refrigeración para la aplicación del refrigerante puede ser perjudicado en su funcionamiento al menos de forma parcial, condicionado por una falla. Para poder contrarrestar un efecto no deseado de un estado de falla de esa clase en cuanto a la aplicación de refrigerante regular del segmento de barra, se considera deseable poder detectar de forma fiable un estado de falla del dispositivo de refrigeración. Un estado de falla del dispositivo de refrigeración, entre otras cosas, puede atribuirse a un defecto de una o de varias de las válvulas de conmutación y/o de una o de varias de las boquillas de refrigeración. Por ejemplo, una válvula de conmutación y/o varias válvulas de conmutación, debido a un bloqueo, ya no pueden pasar desde un estado abierto a un estado cerrado y/o de forma inversa - es decir bloquearse. Además, una válvula de conmutación y/o una boquilla de refrigeración puede estar al menos parcialmente obstruida, o similares. Además, varias válvulas de conmutación y/o varias boquillas de refrigeración respectivamente pueden estar al menos parcialmente obstruidas, o similares. Se considera esencial el conocimiento que debe localizarse de forma unívoca una válvula de conmutación defectuosa y/o una boquilla de refrigeración defectuosa para adecuar según el procedimiento la definición de las señales de control, de modo que también en el caso de estar presente un estado de falla de esa clase pueda alcanzarse una densidad de aplicación de refrigerante regular. De este modo, la determinación de un estado de falla a través de un sensor por válvula de conmutación y/o por boquilla de refrigeración puede ser costosa y propensa a errores, ya que se necesita una pluralidad de sensores. Al determinar una variable de estado que describe el estado del refrigerante en el área de una línea de alimentación de refrigerante común a por lo menos varias de las válvulas de conmutación y/o a varias de las boquillas de refrigeración, es posible reducir la inversión técnica en cuanto a la medición para determinar un estado de falla. Expresado de forma simplificada, un sensor se ubica en el dispositivo de refrigeración y se determina un valor de medición, en lugar de ubicar varios sensores en varios puntos del dispositivo de refrigeración y determinar varios valores de medición.

La variable de estado puede ser en particular una variable de estado del refrigerante, por ejemplo una presión, una aceleración, una presión acústica, un caudal o similares.

De manera conveniente, la variable de estado se determina en una línea de alimentación de refrigerante que abastece de refrigerante a varias válvulas de conmutación y/o boquillas de refrigeración.

La variable de estado puede determinarse en un funcionamiento regular del dispositivo de refrigeración - es decir durante una producción continua - y/o durante un funcionamiento de mantenimiento del dispositivo de refrigeración.

La curva de referencia puede ser una curva de la variable de estado determinada a lo largo del tiempo, mediante una frecuencia o similares, en donde se determina o se ha determinado un funcionamiento sin fallas del dispositivo de refrigeración.

La comparación puede tener lugar a través de una operación matemática considerando la curva de referencia y la curva de la variable de estado. La comparación puede tener lugar a través de la formación de una diferencia entre la curva de la variable de estado y la curva de referencia.

En el dispositivo de refrigeración según la invención, el cual presenta válvulas de conmutación, boquillas de refrigeración, un refrigerante y un dispositivo de control, donde ese dispositivo de control está preparado para definir señales de control binarias moduladas por el ancho del pulso y para la activación de las válvulas de conmutación con las señales de control, para la refrigeración de un segmento de barra metálica en un área de refrigeración de una máquina de colada continua, se prevé que el dispositivo de control esté preparado para definir un desplazamiento de fases de una de las señales de control.

La invención parte del conocimiento de que para la refrigeración fiable y eficiente del segmento de barra se necesitan medidas técnicas de medición y/o de control. La invención posibilita la implementación según el procedimiento de esas medidas, en donde el dispositivo de refrigeración presenta el dispositivo de control configurado de ese modo.

En las reivindicaciones dependientes se indican también perfeccionamientos preferentes de la invención. Los perfeccionamientos hacen referencia tanto al procedimiento según la invención, como también al dispositivo de refrigeración según la invención.

De manera preferente, el dispositivo de refrigeración según la invención está configurado para ejecutar el procedimiento según la invención, en particular uno de los perfeccionamientos del procedimiento según la invención, los cuales se describen a continuación.

Además, el dispositivo de refrigeración puede presentar un dispositivo de medición y/o un dispositivo de determinación.

De manera ventajosa, el dispositivo presenta un sensor que está preparado para determinar una variable de estado que describe el estado del refrigerante en el área de al menos una línea de alimentación de refrigerante común a por lo menos varias válvulas de conmutación y/o boquillas de refrigeración.

5 En una variante ventajosa del dispositivo de refrigeración, el dispositivo de determinación está preparado para la comparación de una curva de la variable de estado con una curva de referencia y para la determinación de un estado de falla del dispositivo de refrigeración en función de la comparación.

10 Preferentemente, el dispositivo de control está configurado para definir las señales de control moduladas por el ancho del pulso de modo que a un segmento de barra transportado a través del área de refrigeración, al final del área de refrigeración, ha sido aplicada esencialmente la misma densidad de aplicación de refrigerante sobre el segmento de barra.

La invención y los perfeccionamientos descritos pueden realizarse tanto en software como también en hardware, por ejemplo utilizando un circuito eléctrico especial.

15 Una realización de la invención o de un perfeccionamiento descrito es posible además a través de un medio de memoria que puede ser leído por un ordenador, en donde se encuentra almacenado un programa informático que realiza la invención o el perfeccionamiento.

La invención y/o cada uno de los perfeccionamientos descritos pueden realizarse también a través de un producto de un programa informático que presenta un medio de memoria en donde se encuentra almacenado un programa informático que realiza la invención y/o el perfeccionamiento.

20 Partiendo de una activación de una cantidad de  $n$  válvulas de conmutación con respectivamente una señal de control- con respectivamente las mismas propiedades, como una frecuencia portadora  $F$  y una relación del ancho del pulso  $\kappa$  -puede determinarse un desplazamiento de fases  $\varphi$  mediante un principio de cálculo sencillo, por ejemplo  $\varphi = t_p$ , donde  $t_p$  es el período de la señal de control, por tanto el valor inverso de la frecuencia portadora  $F$ .

25 En particular, cuando las señales de control presentan diferentes frecuencias portadoras y/o relaciones del ancho de pulso puede ser necesario desviarse de principios de cálculo aritméticos simples para determinar las señales de control.

En otra variante, un desplazamiento de fases de una de las señales de control se define utilizando un procedimiento de optimización numérico para minimizar una fluctuación del flujo volumétrico del refrigerante.

La fluctuación del flujo volumétrico puede describir una fluctuación de un caudal de refrigerante a través de una línea o línea de alimentación del dispositivo de refrigeración.

30 Para el procedimiento de optimización puede determinarse un espectro de frecuencias del flujo volumétrico. El espectro de frecuencias puede separarse en un término constante y un término trigonométrico. El término trigonométrico puede depender de las relaciones del ancho de pulso y de los desplazamientos de fases de las señales de conmutación. En el caso de relaciones dadas del ancho del pulso de las señales de control, la optimización puede tener por objeto la adecuación de los desplazamientos de fases.

35 El procedimiento de optimización puede tener lugar con un así llamado algoritmo genético, un procedimiento basado en gradientes o similares.

Según un perfeccionamiento preferente, al menos dos de las señales de control se definen con frecuencias portadoras diferentes.

40 Una frecuencia portadora puede ser el valor inverso de una duración entre dos cambios de estado de una señal de control, respectivamente de LOW hacia HI y/o respectivamente de HI hacia LOW. Una frecuencia portadora comparativamente elevada puede provocar una descarga de refrigerante intermitente comparativamente rápida. Expresado de otro modo, la frecuencia portadora puede ser el valor inverso de un período de un ciclo de la señal de control.

45 Al menos dos señales de control pueden activar respectivamente una válvula de conmutación; la respectiva válvula de control respectivamente puede liberar y/o interrumpir un flujo de refrigerante a través de una boquilla de refrigeración. De este modo, diferentes cantidades de refrigerante pueden aplicarse sobre la barra a través de las boquillas de refrigeración direccionadas de ese modo. La aplicación de esa clase de diferentes cantidades de refrigerante - en particular en diferentes áreas del dispositivo de refrigeración situadas unas detrás de otras,

preferentemente en la dirección de transporte de la barra - puede ser ventajosa para lograr la misma densidad de aplicación de refrigerante sobre el segmento de barra.

5 En tanto se encuentre presente una interacción inconveniente entre la frecuencia portadora - y con ello entre la interrupción temporal de la aplicación de refrigerante - y una variable técnica del procedimiento del proceso de colada continua y/o un parámetro de la máquina de colada continua, puede producirse una influencia no deseada de la densidad de aplicación de refrigerante.

En particular por ese motivo, en un perfeccionamiento ventajoso, una frecuencia portadora de una de las señales de control se define en función de una velocidad del segmento de barra.

10 De ese modo, también en el caso de una modificación de la velocidad de la barra o de la velocidad de colada puede alcanzarse una densidad de aplicación de refrigerante regular.

Se considera ventajoso además que una frecuencia portadora de una de las señales de control se defina en función de una longitud del área de refrigeración.

15 La longitud del área de refrigeración puede ser una extensión del área de refrigeración esencialmente a lo largo de la dirección de transporte de la barra. La longitud del área de refrigeración puede ser una longitud de un área a la que puede aplicarse refrigerante a través de una boquilla de refrigeración.

Puesto que es posible que el dispositivo de refrigeración comprenda áreas de refrigeración con diferentes longitudes, bajo esas condiciones, de ese modo puede alcanzarse en particular una densidad de aplicación de refrigerante regular.

20 Se considera ventajoso además que una frecuencia portadora de una de las señales de control se defina en función de un tiempo de paso del segmento a través de un área a la que puede aplicarse refrigerante a través de una boquilla de refrigeración, en particular un área de refrigeración.

El tiempo de paso puede ser un cociente en base a lo longitud del área de refrigeración y a la velocidad de la barra.

Se considera ventajoso además que una frecuencia portadora de una de las señales de control se defina en función de un perfil de pulverización de las boquillas de refrigeración.

25 El perfil de pulverización puede ser una curva de una densidad de aplicación de refrigerante a lo largo de una superficie humedecida mediante una boquilla de refrigeración.

Es posible un perfil de pulverización rectangular, en donde a cada punto humedecido a lo largo de la superficie se aplique la misma cantidad de refrigerante.

30 En particular en caso de encontrarse presente un perfil de pulverización rectangular, se considera ventajoso que el valor inverso de la frecuencia portadora  $F$ , es decir el período  $t_p$  de una señal de control, se defina según la ecuación  $t_p = x_n / (k \cdot v)$ , donde  $x_n$  es la longitud del área de refrigeración,  $k$  es un número entero positivo (1, 2, 3, ...) y  $v$  es la velocidad de la barra.

35 Es posible además un perfil de pulverización triangular, en donde la densidad de aplicación de refrigerante asciende a lo largo de la superficie de aplicación, desde un mínimo, de forma lineal, hasta un máximo, y después desciende nuevamente de forma lineal hasta el mínimo.

En particular en caso de encontrarse presente un perfil de pulverización triangular, se considera ventajoso que el valor inverso de la frecuencia portadora  $F$ , es decir el período  $t_p$  de una señal de control, se defina según la ecuación  $t_p = x_n / (g \cdot v)$ , donde  $x_n$  es la longitud del área de refrigeración,  $g$  es un número entero positivo (4, 2, 6, ...) y  $v$  es la velocidad de la barra.

40 Se considera ventajoso que el desplazamiento de fases de una de las señales de control se defina en función de una velocidad de la barra y/o de una longitud del área de refrigeración y/o de un perfil de pulverización de las boquillas de refrigeración.

45 Se considera ventajoso además que la relación del ancho del pulso de una de las señales de control se defina en función de una velocidad de la barra y/o de una longitud del área de refrigeración y/o de un perfil de pulverización de las boquillas de refrigeración.

A través de la definición de una o de varias de las señales de control, del modo antes mencionado, puede lograrse que la aplicación de un segmento de barra con refrigerante después de pasar por un área de refrigeración esencialmente tenga lugar con la misma densidad de aplicación de refrigerante sobre el segmento de barra.

5 En una forma de ejecución ventajosa, al menos dos de las señales de control se definen con relaciones del ancho del pulso diferentes.

10 La relación del ancho del pulso puede describir la parte relativa de un pulso de la señal de control - es decir de un estado HI binario - en el período de la curva de la señal de control. Por ejemplo, una relación del ancho del pulso del 100 % describe una señal de control con estado permanente 1, así como HI. Por ejemplo, una relación del ancho del pulso de 50% describe una señal de control con un perfil rectangular, cuyos pulsos del rectángulo duran respectivamente la mitad de ese período.

Para compensar una cantidad de refrigerante no aplicada, condicionada por una falla - por ejemplo debido a una boquilla de refrigeración defectuosa - se considera ventajoso que a través de otra boquilla de refrigeración se aplique sobre la barra una cantidad de refrigerante aumentada.

15 Se considera ventajoso en particular que una relación del ancho del pulso de una de las señales de control se defina en función de un estado de falla del dispositivo de refrigeración.

Además, se considera ventajoso que un desplazamiento de fases de una de las señales de control con respecto a otra de las señales de control se defina en función de un estado de falla del dispositivo de refrigeración y/o que una frecuencia portadora de una de las señales de control se defina en función de un estado de falla del dispositivo de refrigeración.

20 Si se presenta por ejemplo un estado de falla en forma de una boquilla de refrigeración defectuosa, la relación del ancho del pulso de una señal de control para la activación de otra boquilla de refrigeración puede modificarse de modo que la cantidad de refrigerante no aplicada, condicionada por una falla, se aplique adicionalmente sobre la barra mediante la otra boquilla de refrigeración. De ese modo puede contrarrestarse una aplicación de refrigerante de la barra no deseada, condicionada por una falla e irregular.

25 Cuando el refrigerante se aplica sobre la barra dentro de un área de refrigeración a través de sólo una boquilla de refrigeración o de una hilera de boquillas de refrigeración, en el caso de una velocidad de colada particularmente elevada o de una longitud especialmente reducida de un área de refrigeración, una densidad de aplicación de refrigerante regular no puede alcanzarse fácilmente.

30 En un perfeccionamiento ventajoso, el procedimiento se utiliza para la refrigeración de un segmento de barra en un área de refrigeración, en donde están dispuestas dos de las boquillas de refrigeración en una dirección de transporte del segmento de barra. De ese modo, una compensación de la cantidad de refrigerante puede tener lugar mediante más de una boquilla (hilera de boquillas) de refrigeración, con medios sencillos.

Según una variante preferente, utilizando una curva de la variable de estado se determina un espectro de frecuencias de la variable de estado y se compara con un espectro de frecuencias de referencia.

35 La curva de la variable de estado puede ser una curva de tiempo, en particular una curva de una presión a lo largo del tiempo. La determinación del espectro de frecuencias puede tener lugar con un así llamado procedimiento de transformada rápida de Fourier o similares. El espectro de frecuencias de referencia es un espectro de frecuencias que se determina o se ha determinado en el caso de un funcionamiento sin fallas del dispositivo de refrigeración.

40 A través de una activación y conmutación de una válvula de conmutación para la descarga intermitente de refrigerante puede provocarse un golpe de la variable de estado - por tanto una modificación abrupta de una variable de estado a lo largo del tiempo - del refrigerante en la línea de alimentación de refrigerante. Un golpe de esa clase puede presentar un espectro de frecuencias con un aumento de la frecuencia - es decir, un pico o similares. De este modo, la conmutación de varias válvulas de conmutación puede provocar aumentos de frecuencia respectivamente característicos dentro del espectro de frecuencias, donde picos individuales pueden asociarse a válvulas de conmutación individuales y/o a boquillas de refrigeración. Mediante la comparación con el espectro de referencia una válvula de conmutación defectuosa y/o una boquilla de refrigeración defectuosa pueden determinarse y localizarse de forma sencilla.

45 Se considera ventajoso además que durante la determinación de la variable de estado al menos una de las válvulas de conmutación sea activada a través de una señal de control con una frecuencia aumentada temporariamente de la frecuencia de conmutación.



De manera conveniente se determina un espectro de frecuencias de la variable de estado. Si la frecuencia de prueba de conmutación no está contenida como aumento característico de la frecuencia en el espectro de frecuencias puede inferirse un estado de falla en la válvula de conmutación activada en la frecuencia de prueba de conmutación y/o de una boquilla de refrigeración conectada aguas abajo de esa válvula de conmutación.

- 5 De manera conveniente, varias válvulas de conmutación que son abastecidas desde una línea de alimentación de refrigerante común, son activadas unas después de otras, preferentemente por respectivamente 2 a 4 s, con la frecuencia de prueba de conmutación. Se considera ventajoso que la frecuencia de prueba de conmutación exceda una frecuencia de conmutación usual o frecuencia portadora de las válvulas de conmutación, al menos en un factor dos. De este modo, un estado de falla puede determinarse durante un funcionamiento regular del dispositivo de refrigeración, evitando una influencia de la densidad de aplicación de refrigerante.
- 10

De acuerdo con una variante preferente, la variable de estado se determina con un sensor de presión. Los sensores de presión se han probado muchas veces y pueden obtenerse en una pluralidad de formas de ejecución adecuadas para la respectiva aplicación. De este modo, la variable de estado puede determinarse de forma fiable y conveniente en cuanto a los costes.

- 15 En una variante de ejecución ventajosa, la variable de estado se determina con un sensor de caudal. En muchas ocasiones, de todos modos, un medidor de caudal para determinar el consumo de refrigerante forma parte del dispositivo de refrigeración, de manera que la variable de estado puede determinarse de forma especialmente conveniente en cuanto a los costes.

- 20 En otra variante de ejecución ventajosa, la variable de estado se determina con un sensor acústico. De este modo, el ruido puede determinarse por ejemplo de forma directa en una línea de alimentación de refrigerante o de forma indirecta en otro punto del dispositivo de refrigeración, y puede evitarse una introducción de un sistema de sensores en el flujo de refrigerante. De ese modo puede alcanzarse una determinación en el lugar, particularmente flexible, de la variable de estado.

- 25 De manera ventajosa, la variable de estado se determina con un sensor de aceleración. Los sensores de aceleración se han probado muchas veces y pueden obtenerse en una pluralidad de formas de ejecución adecuadas para la respectiva aplicación. De este modo, la variable de estado puede determinarse de forma fiable y conveniente en cuanto a los costes.

- 30 En una ejecución ventajosa de la invención, el procedimiento según la invención, en particular uno de sus perfeccionamientos antes descritos, se utiliza en una de varias áreas de refrigeración de la máquina de colada continua. En ese contexto, la formulación "en una de varias áreas de refrigeración" puede entenderse como "en precisamente un área de refrigeración de varias áreas de refrigeración", así como "en sólo un área de refrigeración de varias áreas de refrigeración". Además, el procedimiento según la invención, en particular uno de sus perfeccionamientos antes descritos, puede utilizarse respectivamente en varias áreas de refrigeración de la máquina de colada continua.

- 35 De acuerdo con una variante preferente, el dispositivo de determinación está preparado para una determinación de un espectro de frecuencias de la variable de estado, preferentemente utilizando una curva de tiempo de la variable de estado.

Se considera ventajoso además que el dispositivo de determinación esté preparado para comparar el espectro de frecuencias de la variable de estado con un espectro de frecuencias de referencia.

- 40 Además, se considera ventajoso que el dispositivo de determinación esté preparado para determinar válvulas de conmutación defectuosas y/o boquillas de refrigeración defectuosas utilizando la comparación.

Se considera ventajoso además que el dispositivo de control esté preparado para definir una frecuencia portadora de una de las señales de control.

- 45 Se considera ventajoso además que el dispositivo de control esté preparado para definir una relación del ancho del pulso de una de las señales de control.

Se considera preferente además que el dispositivo de refrigeración esté configurado para definir al menos dos de las señales de control con frecuencias portadoras y/o relaciones del ancho del pulso diferentes.

Se considera especialmente preferente que el dispositivo de refrigeración esté configurado para definir al menos una de las señales de control con un desplazamiento de fases con respecto a otra de las señales de control.

De manera ventajosa, el dispositivo de control está preparado para definir un desplazamiento de fases de una de las señales de control en una de varias áreas de refrigeración de la máquina de colada continua. En ese contexto, la formulación "en una de varias áreas de refrigeración" puede entenderse como "en precisamente un área de refrigeración de varias áreas de refrigeración", así como "en sólo un área de refrigeración de varias áreas de refrigeración". Además, el dispositivo de control puede estar preparado para definir un desplazamiento de fases de una de las señales de control respectivamente en varias áreas de refrigeración de la máquina de colada continua.

La descripción realizada hasta el momento de variantes ventajosas contiene numerosas características que se reflejan parcialmente de forma resumida en las reivindicaciones dependientes individuales. Estas características, sin embargo, de manera ventajosa, pueden considerarse también de forma separada o ser reunidas en otras combinaciones convenientes. En particular, esas características pueden combinarse respectivamente de forma individual y en cualquier combinación adecuada con el procedimiento de acuerdo con la invención, así como con la disposición según la invención, según las reivindicaciones independientes.

Las propiedades, características y ventajas de la invención antes descritas, así como el modo de alcanzarlas, se indican con mayor claridad con relación a la siguiente descripción de los ejemplos de ejecución, los cuales se explican en detalle en combinación con los dibujos. Los ejemplos de ejecución sirven para explicar la invención y no limitan la invención en cuanto a la combinación de características allí indicadas, ni tampoco en lo que respecta a características funcionales. Además, características adecuadas de cada uno de los ejemplos de ejecución pueden observarse también aisladas de forma explícita, separadas de un ejemplo de ejecución, pueden aplicarse en otro ejemplo de ejecución para complementarlo y/o pueden combinarse con cualquiera de las reivindicaciones.

Las figuras muestran:

Figura 1: una representación esquemática de un dispositivo de refrigeración, el cual presenta válvulas de conmutación y boquillas de refrigeración para la refrigeración de un segmento de barra metálica,

Figura 2: una representación esquemática de señales de control moduladas por el ancho del pulso, para la activación de las válvulas de conmutación de la figura 1;

Figura 3: un diagrama para explicar una relación entre la densidad de aplicación de refrigerante y la definición de las señales de control de la figura 2,

Figura 4: un diagrama de forma análoga a la figura 3, en el caso de un perfil de pulverización triangular de las boquillas de refrigeración, en la dirección de transporte de un segmento de barra,

Figura 5: un diagrama de un espectro de frecuencias de la presión de refrigerante en el caso de una conmutación de una válvula de conmutación de las válvulas de conmutación de la figura 1,

Figura 6: un diagrama de un espectro de frecuencias según la figura 5, en el caso de la conmutación de varias válvulas de conmutación,

Figura 7: un diagrama con una comparación de dos curvas de frecuencia en caso de encontrarse presente un estado de falla en una de las válvulas de conmutación y/o boquillas de refrigeración de la figura 1,

Figura 8: un diagrama de una curva de presión a lo largo del tiempo, en el caso de la activación de las válvulas de la figura 1, con un ciclo de prueba de conmutación, y

Figuras 9 a 11: representaciones esquemáticas de un procedimiento de optimización para reducir al mínimo una fluctuación del flujo volumétrico del refrigerante en la línea de alimentación de refrigerante de la figura 1.

La figura 1 muestra una representación esquemática de un dispositivo de refrigeración 2 para la refrigeración de un segmento de barra metálica 4 en un área de refrigeración 6 de una máquina de colada continua. Con el fin de una mayor claridad, esto último no está representado.

El dispositivo de refrigeración 2 presenta válvulas de conmutación 8, boquillas de refrigeración 10, una línea de alimentación de refrigerante 14 que conduce un refrigerante 12, un dispositivo de medición 16, un dispositivo de determinación 18 y un dispositivo de control 20. En el presente ejemplo de ejecución, una de las boquillas de refrigeración 10 está situada aguas arriba respectivamente de una de las válvulas de conmutación 8. Naturalmente, también es posible que varias boquillas de refrigeración, por ejemplo una barra de boquillas de refrigeración, sean direccionadas a través de una válvula de conmutación individual.

## ES 2 678 774 T3

El área de refrigeración 6 presenta la longitud L y comprende seis boquillas de refrigeración 10 dispuestas unas detrás de otras. Sin embargo, también es posible que un área de refrigeración presente solamente una de las boquillas de refrigeración 10 y una longitud L<sub>1</sub>.

5 El dispositivo de medición 16 presenta un sensor 24 dispuesto en la línea de alimentación de refrigerante 14, así como en un punto de medición 22, el cual está preparado para determinar una curva de una variable de estado que describe el estado del refrigerante 12. En el presente ejemplo de ejecución, esa variable de estado es la presión 26 del refrigerante 12 en el punto de medición 22.

10 El dispositivo de determinación 18 está preparado para comparar una curva de presión 26 - una curva de tiempo y/o una curva de frecuencias o similares - con una curva de referencia y para determinar un estado de falla del dispositivo de refrigeración 2 en función de la comparación.

El dispositivo de control 20 está preparado para definir señales de control binarias moduladas por el ancho del pulso (véase la figura 2: 38, 40, 42, 44) y para activar las válvulas de conmutación 8 con las señales de control mediante líneas de señal 28.

15 Durante un proceso de colada continua, el segmento de barra 4 es guiado entre rodillos guías de la barra 30 y es transportado para la refrigeración en una dirección de transporte 32 - también dirección de colada - con una velocidad v, a través de un área de refrigeración 6 que se extiende en una longitud L - también es posible la longitud L<sub>1</sub> - es decir, que pasa por delante de las boquillas de refrigeración 10.

20 En este caso, las válvulas de conmutación son activadas por el dispositivo de control 20, respectivamente con una señal de control binaria modulada por el ancho del pulso (véase la figura 2), debido a lo cual flujos de refrigerante se liberan o interrumpen de forma alternada a través de las boquillas de refrigeración 10, debido a lo cual el refrigerante 12, para la refrigeración intermitente, se aplica sobre el segmento de barra 4 en el área de refrigeración 6. Las boquillas de refrigeración 10 presentan respectivamente un perfil de pulverización triangular 34 en la dirección de transporte 32.

25 Las señales de control binarias moduladas por el ancho del pulso son definidas a través del dispositivo de control 20, de manera que al segmento de barra 4 transportado a través del área de refrigeración 6, en el extremo 36 del área de refrigeración 6, ha sido aplicada esencialmente sobre el segmento de barra 4 esencialmente la misma densidad de aplicación de refrigerante.

30 En la representación puede observarse en particular también que según el estado del arte no es posible fácilmente una aplicación de refrigerante regular del segmento de barra 4 debido a la aplicación de refrigerante intermitente. En el caso de una definición no ventajosa de las señales de control puede suceder que - dependiendo de la velocidad v, la longitud L, así como L<sub>1</sub>, de una falla de una de las válvulas de conmutación 8 y/o de una de las boquillas de refrigeración 10 o similares - parte del segmento de barra 4 sea transportado debajo de una boquilla de refrigeración 10 durante una interrupción temporal de la descarga de refrigerante, sin que refrigerante 12 sea aplicado. A consecuencia de ello, según el estado del arte, puede causarse una densidad de aplicación de refrigerante irregular sobre el segmento de barra 4, en el extremo 36 del área de refrigeración 6.

40 El procedimiento, en cuanto a su utilización, no se limita a la disposición de refrigeración mostrada en este ejemplo de ejecución, la cual es adecuada también en particular para la refrigeración de un segmento de barra en forma de un producto alargado, en particular en forma de un así llamado beam blank, bloom, billet, round, - también soporte, palancón o palanquilla - o similares. Otra disposición de refrigeración, por ejemplo para refrigerar placas - también: desbastes - pueden funcionar igualmente según el procedimiento de refrigeración.

45 La figura 2 muestra una representación esquemática de curvas a modo de ejemplo de señales de control binarias moduladas por el ancho del pulso 38, 40, 42 y 44 a lo largo del tiempo t, para la activación de las válvulas de conmutación 8 de la figura 1. La representación ilustra las propiedades que pueden adecuarse o modularse para la definición de las señales de control, a saber, período, relación del ancho del pulso y desplazamiento de tiempo (desplazamiento de fases).

En la figura 2 puede observarse que las señales de control 38 a 44, en su estado de señal u marcado sobre la ordenada, a lo largo del tiempo t, respectivamente cambian entre 1, así como HI y un 0, así como LOW; de modo que son binarias en el sentido técnico de la señal.

50 La señal de control 38 está definida con un período t<sub>p</sub> y una relación del ancho del pulso  $\kappa = t_1/t_p$ , donde t<sub>1</sub> es una duración del pulso. El valor inverso del período 1/t<sub>p</sub> es la frecuencia portadora F de la señal de control 38.

De este modo aplica que, cuanto más elevada es la frecuencia portadora F, tanto más corto es un ciclo de conmutación entre un estado abierto y un estado cerrado de una de las válvulas de conmutación 8 activadas de ese

modo, y tanto más cortas son las interrupciones temporales de la descarga de refrigerante sobre el segmento de barra 4, a través de las boquillas de refrigeración 10 conectadas aguas abajo de esa válvula de conmutación y/o boquillas de refrigeración 10 conectadas aguas abajo.

5 La señal de control 40, en comparación con la señal de control 38, está definida con un período doble  $2 \cdot t_p$ , presentando por tanto una frecuencia portadora  $F/2$ . De este modo, el ancho del pulso absoluto de las señales de control 38 y 40 es el mismo, pero la relación del ancho del pulso de la señal de control 40 asciende a  $\kappa/2$ . A consecuencia de ello, en el caso de una activación de una válvula de control con la señal de control 40, en comparación con la activación con la señal de control 38 dentro de un ciclo de conmutación, se aplica sólo la mitad de una cantidad de refrigerante.

10 La señal de control 42, en comparación con la señal de control 40, presenta el mismo período  $2 \cdot t_p$ . De este modo, el ancho del pulso absoluto es  $t_1/2$ , de modo que la relación del ancho del pulso de la señal de control 42 asciende a  $\kappa/4 = (t_1/2)/(2 \cdot t_p)$ .

La señal de control 44, en comparación con las señales de control 38, 40 y 42, está definida con un retardo temporal  $t_z$  y presenta con ello un desplazamiento de fases.

15 La figura 3 muestra un diagrama para explicar una relación entre la densidad de aplicación de refrigerante y la definición de las señales de control mediante las propiedades de la señal ilustradas en la figura 2. En particular, la figura 3 muestra un estado (ordenada,  $u$ ) de una señal de control 46 a lo largo del tiempo (abscisa,  $t$ ). La señal de control 46 está definida con un período  $t_1$  y un período  $t_p = 2 \cdot t_1$ , presentando por tanto una relación del ancho del pulso de  $\kappa = 50\%$ .

20 El curso de la curva de la señal de control 46 corresponde a un flujo de refrigerante medio  $q$  - es decir, a una cantidad de refrigerante media por unidad de tiempo - el cual es descargado en un área de refrigeración a través de una boquilla de refrigeración accionada de forma indirecta con la señal de control 46. Además, la superficie abarcada por el curso de la curva 46 hasta un tiempo  $t$  corresponde a una cantidad de refrigerante emitida hasta ese tiempo.

25 Un segmento parcial de un segmento de barra ingresa en el área de refrigeración en el instante  $t_{10}$  y sale de la misma en el instante  $t_{20}$ , y entretanto a dicho segmento se aplica una cantidad de refrigerante  $Q$ . De este modo, la cantidad de refrigerante  $Q$  aplicada sobre el segmento parcial corresponde a la superficie abarcada por un área 48 marcada con rayas, bajo el curso de la curva 46.

30 Si otro segmento parcial del segmento de barra - marcado a través de un área 50 - ingresa al área de refrigeración en el instante  $t_{30}$  y sale en el instante  $t_{40}$ , se aplica al mismo entonces la misma cantidad de refrigerante  $Q$ .

35 Ambos segmentos parciales del segmento de barra pasan por el área de refrigeración en un mismo tiempo de paso  $t_n$  - de modo que al suponerse la misma velocidad  $v$ , poseen la misma longitud, así como superficie - y se les aplica la misma cantidad de refrigerante  $Q$ . Conforme a ello, el segmento de barra formado por las dos áreas 48 y 50, transportado a través del área de refrigeración, presenta en el extremo del área de refrigeración una densidad de aplicación de refrigerante regular.

El respectivo tiempo de paso  $t_n$  de las áreas 48 y 50 a través del área de refrigeración en la que fue aplicado el flujo de refrigerante medio  $q$ , asciende al doble del período  $t_p$ .

De este modo, el tiempo de paso  $t_n$  es determinado a través de la longitud del área de refrigeración  $L_1$  y la velocidad de la barra  $v$ .

40 Si de manera teórica, una de las áreas 48, 50 marcadas con rayas se desplaza a lo largo del eje temporal  $t$ , lo cual es igual a un transporte del segmento de barra a través del área de refrigeración, se abarca siempre la misma superficie rayada y, por consiguiente, se alcanza una densidad de aplicación de refrigerante regular.

45 Esto se logra porque el período  $t_p$  de la señal de control 46 se define en función de la velocidad  $v$  del segmento de barra 4 y/o de la longitud del área de refrigeración  $L_1$  y/o del perfil de pulverización 34 de las boquillas de refrigeración 10.

50 La figura 4, de forma análoga a la figura 3, muestra las relaciones en el caso de un perfil de pulverización triangular de las boquillas de refrigeración en la dirección de transporte de un segmento de barra. La siguiente descripción se limita esencialmente a las diferencias en comparación con el ejemplo de ejecución mostrado en la figura 3, donde se hace referencia a las características y funcionamientos que permanecen invariables. Los componentes que se mantienen esencialmente invariables están indicados en principio con los mismos signos de referencia y las

características no mencionadas se toman en los siguientes ejemplos de ejecución, sin que éstas se describan nuevamente.

5 En particular la figura 4 muestra una curva de la señal de control 52 y dos áreas 54 y 56 de un segmento de barra. Las áreas 54, 56 del segmento de barra ingresan en el área de refrigeración en los instantes  $t_{50}$ , así como  $t_{60}$ ; y salen del área de refrigeración en los instantes  $t_{70}$ , así como  $t_{80}$ ; y se les aplica la misma cantidad de refrigerante Q. Conforme a ello, el segmento de barra formado por las dos áreas 54, 56, transportado a través del área de refrigeración, presenta en el extremo del área de refrigeración una densidad de aplicación de refrigerante regular. Para ello es determinante que el período  $t_p$  ascienda a un múltiplo entero del tiempo de paso  $t_n$ .

10 La figura 5 muestra un diagrama de un espectro de frecuencias de la presión (ordenada: p (bar), abscisa: f (Hz)) del refrigerante 12 en la línea de alimentación 14 del dispositivo de refrigeración 2 de la figura 1 al accionarse una de las válvulas de conmutación 10. La presión p (así como 26, véase la figura 1) puede determinarse con el sensor 24 del dispositivo de medición 16. El espectro de frecuencias se determina a través de un dispositivo de determinación 18 (véase la figura 1) a partir de una curva de tiempo de la presión, aquí mediante un así llamado análisis FFT (transformada rápida de Fourier). También es posible realizar un así llamado análisis FFT parcial, es decir, una transformada rápida de Fourier para un rango de frecuencias determinado.

15 El espectro de frecuencias presenta una elevación de la resonancia 58 en el caso de una frecuencia f de aproximadamente 75 Hz. La elevación de la resonancia 58 se produce a través de un golpe de presión en la línea de alimentación de refrigerante 14, el cual es causado por la conmutación de una de las válvulas de conmutación 10.

20 La figura 6 muestra un diagrama de un espectro de frecuencias de la presión de refrigerante (ordenada: p (bar), abscisa izquierda: f (Hz)) al accionarse varias de las válvulas de conmutación 10 (abscisa derecha: número de válvulas n (-)). La presión del refrigerante p se determina a su vez en el punto de medición 22.

El espectro de frecuencias presenta una elevación de la resonancia 60 en el caso de una frecuencia f de aproximadamente 75 Hz. De este modo aumenta la amplitud de la elevación de la resonancia 60 sobre el número de válvulas n.

25 Ese aumento puede explicarse a través de una distancia más grande, la cual se encuentra presente en este ejemplo de ejecución, con un número de válvulas n en aumento, con respecto al punto de medición, debido a lo cual aumenta la inductancia hidráulica y son inducidos picos de presión más elevados en el refrigerante 12.

30 Para determinar un estado de falla en el dispositivo de refrigeración 2, en particular en las válvulas de conmutación 8 y/o en las boquillas de refrigeración 10, el espectro de frecuencias - en particular la curva de la elevación de la resonancia 60 - a través del dispositivo de determinación 18, se compara con una curva de referencia.

A partir de la desviación definida mediante la comparación - entre la curva de referencia y la curva de la elevación de la resonancia, puede inferirse por ejemplo un grado de obstrucción de una o de varias de las válvulas de conmutación 8 y/o de las boquillas de refrigeración 10.

35 La ventaja de este principio reside en la posible detección de fallas continua y, con ello, en línea - es decir, durante un proceso de colada continua regular.

La figura 7 muestra un diagrama con una comparación de dos curvas de frecuencia 62 y 64 de la presión de refrigerante p (ordenada: p (bar), abscisa: f (Hz)) en el caso de la presencia de un estado de falla en una de las válvulas de conmutación 8 y/o boquillas de refrigeración 10 de la figura 1. De este modo, las curvas 62 y 64 se refieren a la activación de una de las válvulas de conmutación 10 individual.

40 La curva de frecuencias 62 refleja un estado sin fallas, representando por tanto una curva de frecuencias de referencia. La curva de frecuencias 64 se presenta por ejemplo en el caso de una válvula de conmutación obstruida, no conmutable o no conmutable de otro modo, y/o de una boquilla de refrigeración dañada. A través de la comparación entre las dos curvas de frecuencias 62 y 64, un estado de falla puede determinarse de forma unívoca.

45 La figura 8 muestra un diagrama con una curva de presión 66 a lo largo del tiempo (abscisa: t (s)) en el caso de la activación de las válvulas de conmutación 8 de la figura 1 con un ciclo de prueba de conmutación 68, el cual está definido a través de la curva temporal de las señales de control. La determinación de un estado de falla puede tener lugar a su vez a través de una comparación con una curva de referencia o, de forma alternativa, a través de un ajuste de los picos de presión 70 entre sí.

50 Es posible flexionar la señal que describe la curva de presión 66, así como la curva de presión 66, con una señal de curvado adecuada. La señal de curvado puede seleccionarse de modo que una intensificación y/o una supresión del

ruido son lo más ventajosas posible. Por ejemplo, una función  $\sin^2(t)$  puede seleccionarse como señal o función de curvado. También es posible observar el comportamiento de las válvulas de conmutación y derivaciones temporales que resultan de ello.

5 Se considera ventajoso que el ciclo de prueba de conmutación se defina con conmutaciones distribuidas regularmente a lo largo de la duración del ciclo de conmutación.

Las figuras 9 a 11 muestran una representación esquemática de un procedimiento de optimización para reducir al mínimo una fluctuación del flujo volumétrico del refrigerante 12 en la línea de alimentación de refrigerante 14 de la figura 1. A través de la minimización de la fluctuación del flujo volumétrico puede contrarrestarse una influencia no deseada de la densidad de aplicación de refrigerante.

10 Si las señales de control para activar las válvulas de conmutación se definen con las mismas relaciones del ancho del pulso, entonces puede utilizarse un principio sencillo:

15 Por ejemplo, a través de un tiempo de retardo variable  $t_z$  (véase la figura 2) entre las sucesiones de pulsos de las señales de control pueden reducirse los efectos retroactivos sobre el sistema de suministro superordinado - por tanto la fluctuación del flujo volumétrico: Para ese principio sencillo para la definición de las señales de control se considera por ejemplo un grupo de 6 válvulas de conmutación (véanse las figuras 1, 8) con 6 boquillas de refrigeración 10 conectadas aguas abajo, las cuales son activadas con una frecuencia portadora  $F$  de Hz y la misma relación del ancho del pulso  $\kappa$  de 50 %. En el caso de una conmutación simultánea de las válvulas de conmutación son inducidos golpes de presión intensos, de forma no deseada, en la línea de alimentación de refrigerante 14, los cuales pueden conducir a fluctuaciones del flujo volumétrico y, con ello, a una influencia no deseada de la densidad de aplicación de refrigerante.

20 Si las válvulas de conmutación se activan de forma desplazada en el tiempo, por ejemplo respectivamente con 0,1 s de retardo, entonces puede reducirse el efecto retroactivo no deseado del sistema.

25 Si las señales de control para activar las válvulas de conmutación, sin embargo, se definen con relaciones del ancho del pulso  $\kappa$  diferentes, entonces ese principio simple ya no puede utilizarse y es ventajoso utilizar el procedimiento de optimización ilustrado en las figuras 9 a 11, para definir las señales de control.

30 Para ello se determina un espectro de frecuencias del caudal o del flujo volumétrico del refrigerante 12 a través de la línea de alimentación de refrigerante 14. La determinación de ese espectro de frecuencias puede tener lugar por ejemplo a partir de la presión  $p$  determinada con el sensor 24 del dispositivo de medición 16 - para la determinación indirecta del flujo volumétrico - del refrigerante 12, o a través de una determinación directa del flujo volumétrico y de una FFT subsiguiente mediante el dispositivo de determinación 18.

Es posible determinar el espectro de frecuencias mediante un método de simulación, por ejemplo en el marco de una así llamada simulación previa. Para ello es ventajoso usar herramientas de simulación corrientes.

35 El espectro de frecuencias del flujo volumétrico  $A$  se separa en un término constante y un término trigonométrico, donde el término trigonométrico depende tanto de la relación del ancho del pulso  $\kappa$ , como también de los tiempos de retardo de conmutación  $t_z$ .

40 La figura 9 muestra el resultado de esa separación en el caso de un circuito de dos válvulas de conmutación en notaciones de indicadores, en el plano numérico complejo 72 (abscisa: parte real  $Re$ , ordenada: parte imaginaria,  $Im$ ). De este modo, los valores de los caudales  $A_1$  y  $A_2$  dependen de la respectiva relación del ancho del pulso  $\kappa$  de la señal de control que activa la respectiva válvula de conmutación. Los desplazamientos de fases  $\varphi_1$ , así como  $\varphi_2$ , dependen del respectivo tiempo de retardo  $t_z$ .

El indicador 74 resultante con el caudal total  $A_v$  acorde al valor, debe en este caso reducirse al mínimo.

45 La figura 10 muestra el resultado de la optimización para el caso a modo de ejemplo, en donde diez válvulas de conmutación son activadas a través de diez señales de control con las mismas relaciones del ancho del pulso  $\kappa$ . Como resultado, la optimización proporciona diez caudales  $A_1$  a  $A_{10}$  en el plano numérico complejo, rotados alrededor del desplazamiento de fases optimizado 76 ( $\Delta\varphi$ ). La optimización puede tener lugar con un algoritmo genético, con un procedimiento de optimización basado en gradientes o similares. Se optimiza una función de costes que puede describirse a través de la suma de los cuadrados del valor de los indicadores complejos  $A_v$ , sumados mediante todos los términos de Fourier conocidos.

La figura 11 muestra una representación gráfica alternativa del resultado de la optimización.

	Lista de referencias
	2 Dispositivo de refrigeración
	4 Segmento de barra
	6 Área de refrigeración
5	8 Válvulas de conmutación
	10 Boquillas de refrigeración
	12 Refrigerante
	14 Línea de alimentación de refrigerante
	16 Dispositivo de medición
10	18 Dispositivo de determinación
	20 Dispositivo de control
	22 Punto de medición
	24 Sensor
	26 Presión
15	28 Líneas de señal
	30 Rodillos guía de la barra
	32 Dirección de transporte
	34 Perfil de pulverización
	36 Extremo del área de refrigeración
20	38, 40, 42, 44 Señal de control
	46 Señal de control
	48, 50 Área
	52 Señal de control
	54, 56 Área
25	58, 60 Elevación de la resonancia
	62 Curva de frecuencias de referencia
	64 Curva de frecuencias
	66 Curva temporal de presión
	68 Ciclo de prueba de conmutación
30	70 Picos de presión
	72 Plano numérico complejo

- 74 Indicador resultante
- 76 Desplazamiento de fases optimizado
- t Tiempo
- $t_{40}$  Instante
- 5  $t_{10}, t_{20}, t_{30}, t_{50}, t_{80}$  Instante
- $t_{60}, t_{70}, t_n$  Tiempo de paso
- $t_p$  Periodo
- $t_i$  Duración del pulso
- $t_z$  Retardo de tiempo
- 10 u Estado de señal
- v Velocidad
- $\kappa$  Relación del ancho del pulso
- $\varphi, \varphi_1, \varphi_2$  Desplazamiento de fases
- $\Delta\varphi$  Desplazamiento de fases optimizado
- 15  $A_1$  a  $A_{10}$  Caudal de refrigerante
- $A_v$  Caudal de refrigerante resultante
- F Frecuencia portadora
- L,  $L_1$  Longitud del área de refrigeración
- T Frecuencia portadora
- 20 q Flujo de refrigerante
- Q Cantidad de refrigerante



**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la refrigeración de un segmento de barra (4) de una barra metálica en un área de refrigeración (6) de una máquina de colada continua con un dispositivo de refrigeración que presenta respectivamente varias válvulas de conmutación (8) y boquillas de refrigeración (10), en donde
- 5 - el segmento de barra (4) se transporta a través del área de refrigeración (6) para la refrigeración, y
- las válvulas de conmutación (8) se activan a través de señales de control (38-46, 52) binarias moduladas por el ancho de pulso, debido a lo cual flujos de refrigerante (q) se liberan a través de las boquillas de refrigeración (10) o se interrumpen de forma alternada, debido a lo cual un refrigerante (12) para la refrigeración se aplica de forma intermitente sobre el segmento de barra (4) en el área de refrigeración (6),
- 10 caracterizado porque
- las señales de control (38-46, 52) binarias moduladas por el ancho de pulso se definen de modo que al menos una de las señales de control (38-46, 52) presenta un desplazamiento de fases ( $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\Delta\varphi$ ) con respecto a otra de las señales de control (38-46, 52).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque un desplazamiento de fases ( $\Delta\varphi$ ) de una de las señales de control (38-46, 52) se define utilizando un procedimiento de optimización numérico para minimizar una fluctuación del flujo volumétrico del refrigerante (12).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque al menos dos de las señales de control (38-46, 52) se definen con frecuencias portadoras (T) diferentes.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque una frecuencia portadora (T) de una de las señales de control (38-46, 52) se define en función de una velocidad (v) del segmento de barra (4) y/o de una longitud del área de refrigeración (L,  $L_1$ ) y/o de un perfil de pulverización (34) de las boquillas de refrigeración (10).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque al menos dos de las señales de control (38-46, 52) se definen con relaciones diferentes del ancho del pulso ( $\kappa$ ).
- 25 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque una relación del ancho del pulso ( $\kappa$ ) de una de las señales de control (38-46, 52) se define en función de un estado de falla del dispositivo de refrigeración (2).
- 30 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, utilizado para refrigerar un segmento de barra (4) en un área de refrigeración (6), en donde al menos dos boquillas de refrigeración (10) están dispuestas una detrás de otra en una dirección de transporte (32) del segmento de barra (4).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque para determinar un estado de falla del dispositivo de refrigeración (2)
- 35 - se determina una variable de estado (p, 26) que describe el estado físico del refrigerante (12) en el área de una línea de alimentación de refrigerante (14) común a por lo menos varias de las válvulas de conmutación (8) y/o a varias de las boquillas de refrigeración (10),
- se compara una curva (58, 60, 64, 66) de la variable de estado (p, 26) con una curva de referencia (62), y
- en función de la comparación se determina un estado de falla de al menos una de las válvulas de conmutación (8) y/o de una de las boquillas de refrigeración (10) del dispositivo de refrigeración (2).
- 40 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque utilizando una curva de la variable de estado (p, 26) se determina un espectro de frecuencias (58, 60, 64) de la variable de estado (p, 26) y se compara con un espectro de frecuencias de referencia (62).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 ó 9, caracterizado porque durante la determinación de la variable de estado (p, 26) al menos una de las válvulas de conmutación (8) se activa a través de una señal de control (38-46, 52) con una frecuencia de prueba de conmutación aumentada de forma temporaria.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque la variable de estado ( $p$ , 26) se determina con un sensor de presión (24) y/o con un sensor de flujo y/o con un sensor acústico y/o con un sensor de aceleración.
- 5 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, utilizado en una de varias áreas de refrigeración (6) de la máquina de colada continua.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, utilizado respectivamente en varias áreas de refrigeración (6) de la máquina de colada continua.
- 10 14. Dispositivo de refrigeración (2), el cual presenta válvulas de conmutación (8), boquillas de refrigeración (10), un refrigerante (12) y un dispositivo de control (20), donde ese dispositivo de control (20) está preparado para definir señales de control binarias moduladas por el ancho del pulso (38-46, 52) y para la activación de las válvulas de conmutación (8) con las señales de control (38-46, 52), para la refrigeración de un segmento de barra metálica (4) en un área de refrigeración (6) de una máquina de colada continua, caracterizado porque el dispositivo de control (20) está preparado para definir un desplazamiento de fases ( $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\Delta\varphi$ ) de una de las señales de control (38-46, 52).
- 15 15. Dispositivo de refrigeración (2) según la reivindicación 14, caracterizado porque el dispositivo de control (20) está preparado para definir una frecuencia portadora ( $F$ ) y/o una relación del ancho del pulso ( $\kappa$ ) de una de las señales de control (38-46, 52).
- 20 16. Dispositivo de refrigeración (2) según la reivindicación 14 ó 15, caracterizado por
- un dispositivo de medición (16) que presenta un sensor (24) que está preparado para determinar una variable de estado ( $p$ , 26) que describe el estado del refrigerante (12) en el área de una línea de alimentación de refrigerante (14) común a por lo menos varias de las válvulas de conmutación (8) y/o a boquillas de refrigeración (10), y
  - un dispositivo de determinación (18), preparado para la comparación de una curva (58, 60, 64, 66) de la variable de estado ( $p$ , 26) con una curva de referencia (62) y para la determinación de un estado de falla del dispositivo de refrigeración (2) en función de la comparación.
- 25 17. Dispositivo de refrigeración (2) según la reivindicación 16, caracterizado porque el dispositivo de determinación (18) está preparado para una determinación de un espectro de frecuencias (58, 60, 64) de la variable de estado ( $p$ , 26), para la comparación del espectro de frecuencias (58, 60, 64) de la variables de estado (6, 26) con un espectro de frecuencias de referencia (62) y para la determinación de válvulas de conmutación (8) defectuosas y/o boquillas de refrigeración (10) utilizando la comparación.
- 30 18. Dispositivo de refrigeración (2) según una de las reivindicaciones 14 a 17, caracterizado porque el dispositivo de control (20) está preparado para definir un desplazamiento de fases ( $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\Delta\varphi$ ) de una de las señales de control (38-46, 52) en una de varias áreas de refrigeración (6) de la máquina de colada continua.
- 35 19. Dispositivo de refrigeración (2) según una de las reivindicaciones 14 a 17, caracterizado porque el dispositivo de control (20) está preparado para definir un desplazamiento de fases ( $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\Delta\varphi$ ) de una de las señales de control (38-46, 52), respectivamente en varias áreas de refrigeración (6) de la máquina de colada continua.

FIG 1

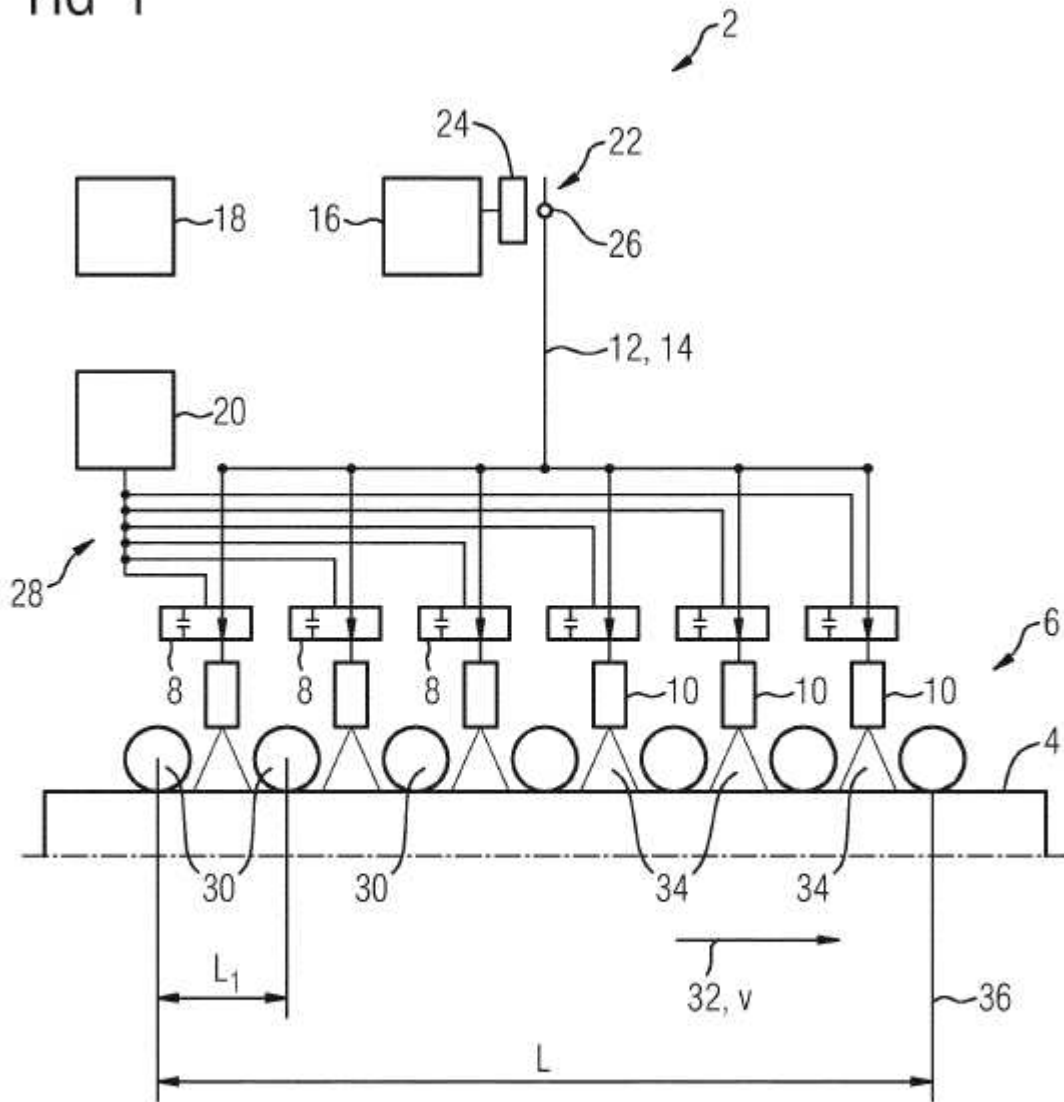


FIG 2

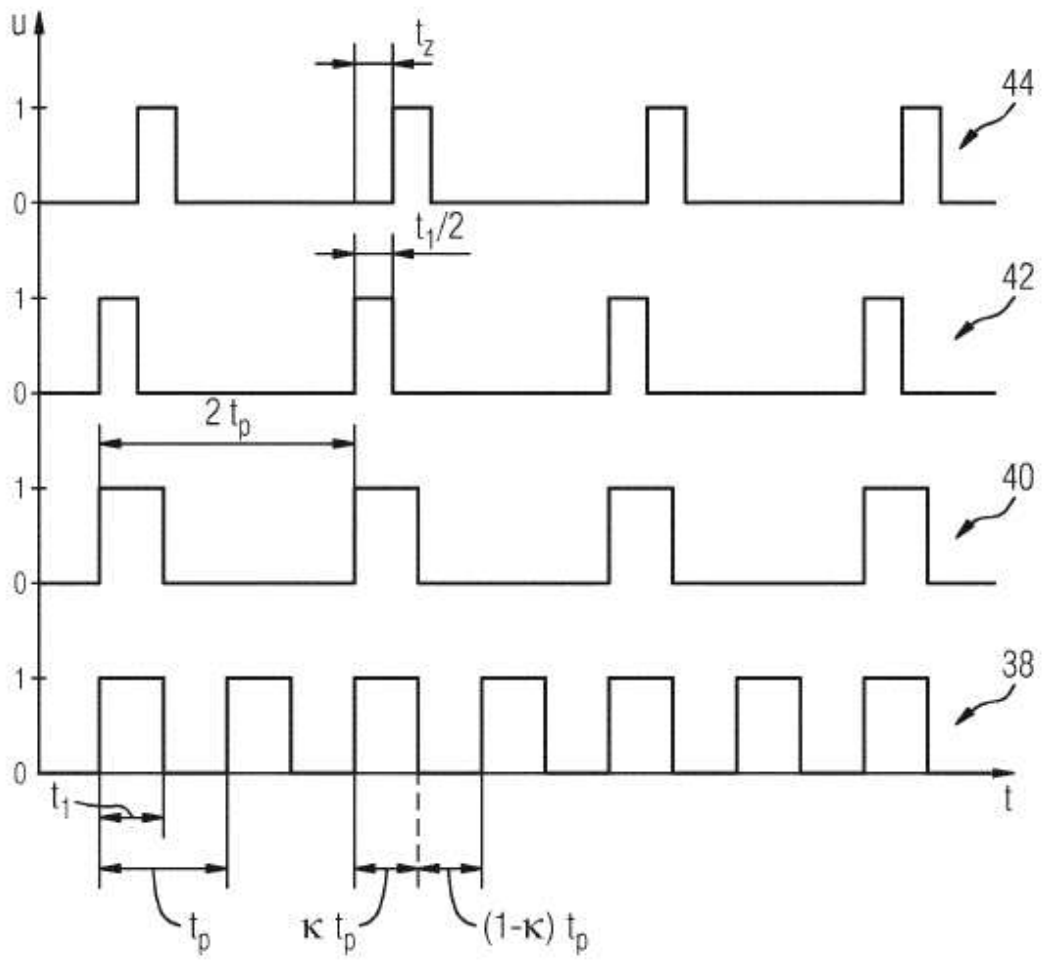


FIG 3

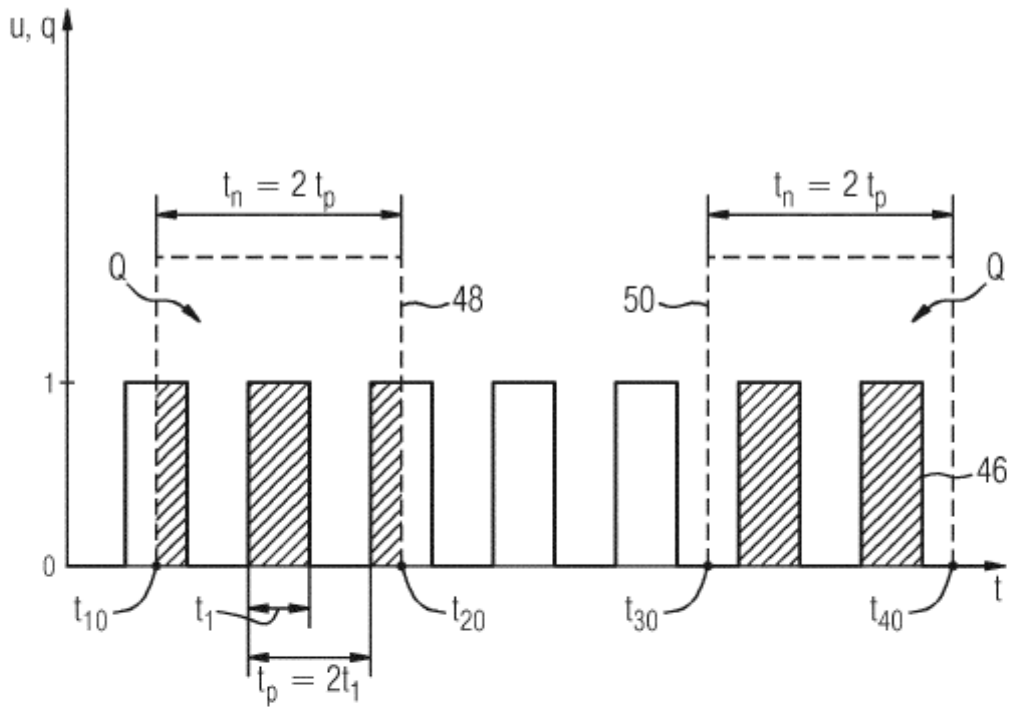


FIG 4

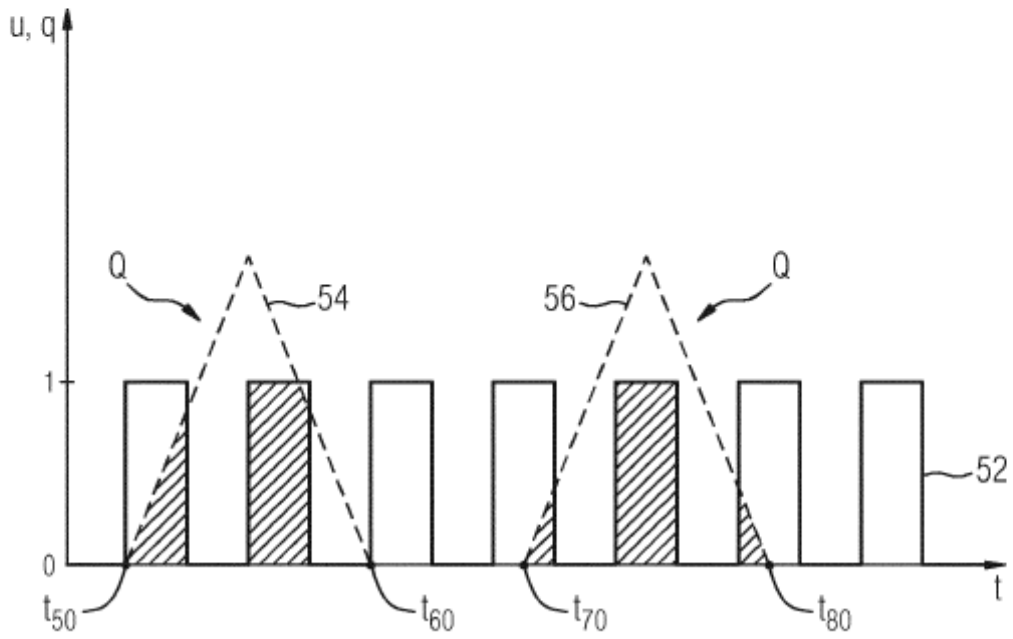


FIG 5

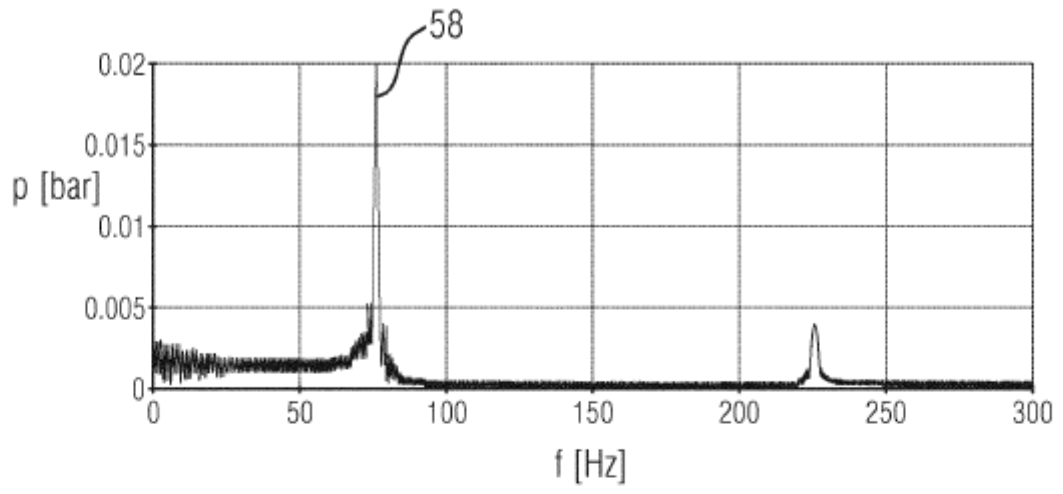


FIG 6

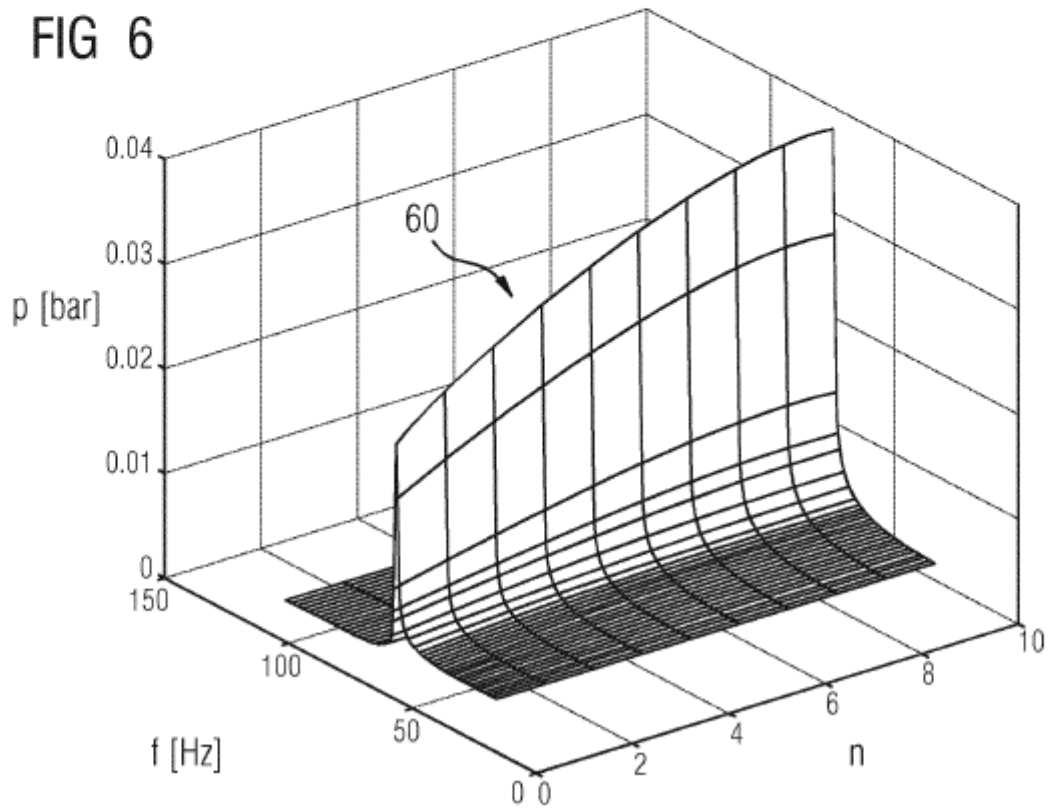


FIG 7

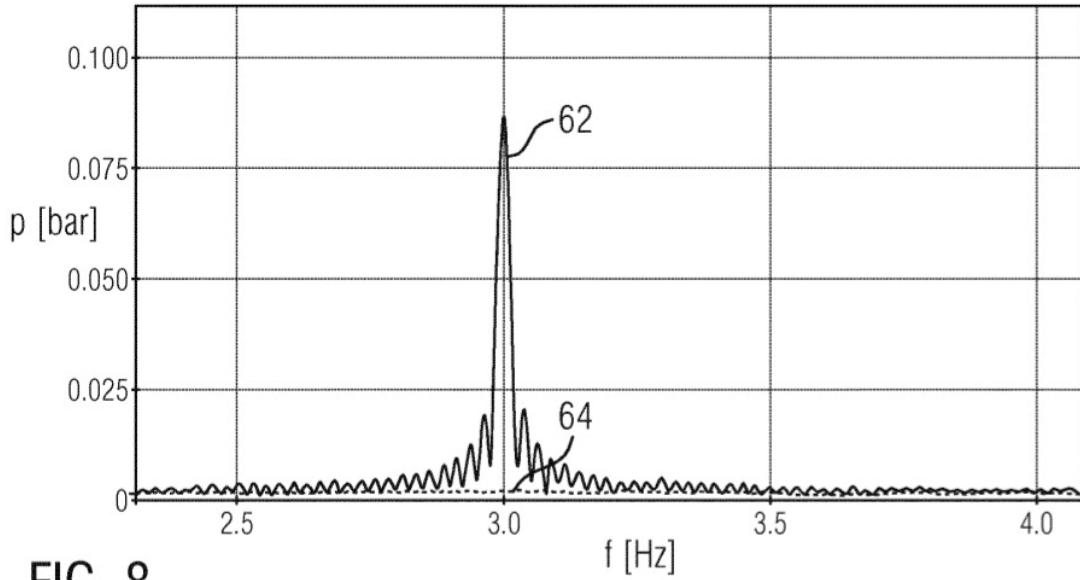


FIG 8

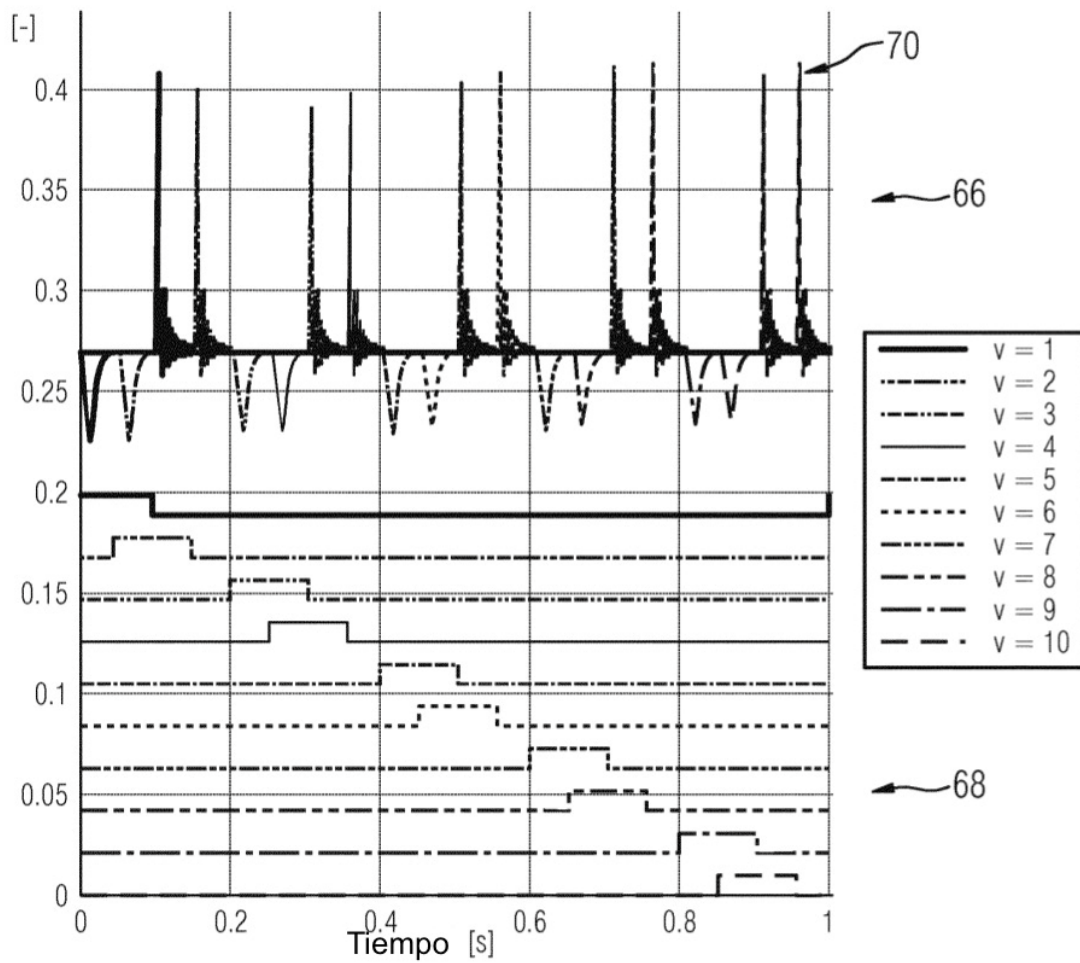


FIG 9

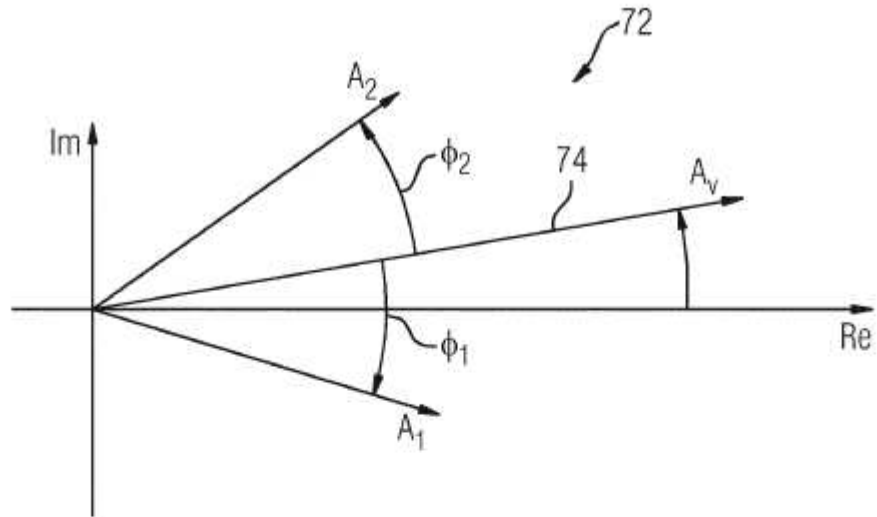


FIG 10

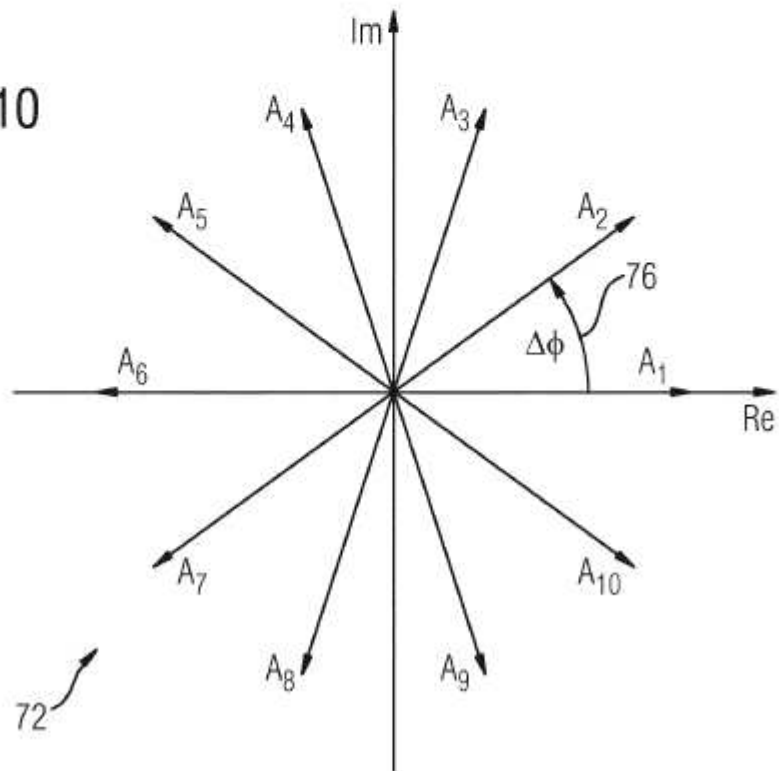




FIG 11

