

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 560 439**

51 Int. Cl.:

B22D 11/18 (2006.01)

B22D 11/22 (2006.01)

B22D 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2013 E 13707844 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2015 EP 2804708**

54 Título: **Modelización de una instalación de colada continua**

30 Prioridad:

01.03.2012 EP 12157728

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

19.02.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**DAGNER, JOHANNES;
MATSHULLAT, THOMAS y
WINTER, GÜNTHER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 560 439 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

Modelización de una instalación de colada continua

La presente invención hace referencia a un método de determinación para el grosor y/o la temperatura de una banda metálica moldeada mediante un dispositivo de colada, la cual presenta un ancho de la banda,

- 5 - donde el dispositivo de colada presenta un área de coquillas en donde es vertido metal que presenta una temperatura del metal que es superior a la temperatura en estado sólido del metal,
- donde el dispositivo de colada presenta una cantidad de elementos de circulación que delimitan respectivamente de un lado el área de coquillas,
- 10 - donde cada elemento de circulación presenta elementos de superficie que se desplazan con una respectiva velocidad de circulación de forma cíclica a lo largo de una respectiva vía de circulación,
- donde
- los elementos de superficie del respectivo elemento de circulación se sumergen en un respectivo punto de inmersión en el metal que se encuentra en el área de coquillas,
- 15 -- al continuar el avance de los elementos de superficie en los elementos de superficie sumergidos, el metal se solidifica formando una respectiva costra,
- los elementos de superficie, en un punto de extracción, finalizan el contacto con la respectiva costra,
- la banda metálica es extraída del área de coquillas en el punto de extracción y
- las costras forman parte de la banda metálica,
- donde los elementos de superficie del respectivo elemento de circulación
- 20 -- para una circulación completa a lo largo de la respectiva vía de circulación requieren un respectivo tiempo de ciclo y
- para el movimiento de avance desde el respectivo punto de inmersión hacia el respectivo punto de extracción requieren un respectivo tiempo de contacto,
- 25 - donde de forma adicional con respecto a un suministro de entalpía provocado por unidad de tiempo a través del metal que se encuentra en el área de coquillas, los elementos de circulación intercambian una respectiva cantidad de entalpía con su ambiente por unidad de tiempo.
- La presente invención hace referencia además a un programa informático que comprende el código máquina, el cual puede ser procesado directamente por un ordenador y cuyo procesamiento a través del ordenador provoca que el ordenador ejecute un método de determinación de esa clase.
- 30 Además, la presente invención hace referencia a un ordenador programado con un programa informático de esa clase.
- La presente invención hace referencia además a un dispositivo de colada para moldear una banda metálica que presenta un ancho de la banda,
- 35 - donde el dispositivo de colada presenta un área de coquillas en donde es vertido metal que presenta una temperatura del metal que es superior a la temperatura en estado sólido del metal,
- donde el dispositivo de colada presenta una cantidad de elementos de circulación que delimitan respectivamente de un lado el área de coquillas,
- donde cada elemento de circulación presenta elementos de superficie que se desplazan con una respectiva velocidad de circulación de forma cíclica a lo largo de una respectiva vía de circulación,

- donde los elementos de superficie del respectivo elemento de circulación se sumergen en un respectivo punto de inmersión en el metal que se encuentra en el área de coquillas y la banda metálica es extraída del área de coquillas en un punto de extracción,

- donde el dispositivo de colada se encuentra asociado a un ordenador de esa clase.

5 Por la solicitud EP 0 736 350 B1 se conoce un dispositivo de colada de dos cilindros, donde es registrado el perfil de la banda moldeada y es rastreado un coeficiente local de flujo térmico para aproximar el perfil moldeado a un perfil deseado. Además, mediante el flujo térmico a través de los cilindros de colada, se determina mediante un modelo la curvatura resultante. El flujo térmico a través de los cilindros se determina mediante la cantidad de refrigerante que atraviesa los cilindros y mediante su diferencia de temperatura.

10 Por la solicitud WO 03/045 607 A2 se conoce un dispositivo de colada de dos cilindros, en donde para regular la textura y para influenciar el perfil de la banda metálica se efectúa una determinación con la ayuda de un modelo.

En ambos casos es necesario equipar en gran medida el dispositivo de colada con sensores, donde los sensores son más propensos a fallos en tanto los mismos se encuentran dispuestos más próximos al metal vertible o a la barra moldeada que se encuentra aún a la temperatura de colada.

15 Naturalmente, también es posible disponer los sensores más distanciados. En ese caso, sin embargo, aumenta el tiempo muerto, el cual transcurre hasta que puede ser registrado por los sensores el efecto de una intervención.

Por la solicitud US 2003/116 301 A1 se conoce un método para modelizar una instalación de colada continua. En particular deben determinarse las temperaturas de las superficies de los cilindros de colada de la instalación de colada. En la solicitud US 2003/116 301 A1, las temperaturas del refrigerante se registran antes y después de la refrigeración de los cilindros de colada, así como se registra la cantidad de refrigerante utilizada por unidad de tiempo. A partir de los valores mencionados se determinan las temperaturas de la superficie de los cilindros de colada. En la solicitud US 2003/116 301 A1 se describe un método de determinación para el grosor y/o la temperatura de una banda metálica moldeada mediante un dispositivo de colada, la cual presenta un ancho de la banda, donde el dispositivo de colada presenta un área de coquillas en donde es vertido el metal, el cual presenta una temperatura del metal que es superior a la temperatura en estado sólido del metal. El dispositivo de colada presenta una cantidad de elementos de circulación que respectivamente delimitan de un lado el área de coquillas, donde cada elemento de circulación presenta elementos de superficie que se desplazan con una respectiva velocidad de circulación de forma cíclica a lo largo de una respectiva vía de circulación, donde los elementos de superficie del respectivo elemento de circulación se sumergen en un respectivo punto de inmersión en el metal que se encuentra en el área de coquillas, donde al continuar el avance de los elementos de superficie en los elementos de superficie sumergidos, el metal se solidifica formando una respectiva costra y los elementos de superficie, en un punto de extracción, finalizan el contacto con la respectiva costra. La banda metálica es extraída del área de coquillas en el punto de extracción. Las costras forman parte de la banda metálica. Los elementos de superficie del respectivo elemento de circulación, para una circulación completa a lo largo de la respectiva vía de circulación, requieren un respectivo tiempo de ciclo y para el movimiento de avance desde el respectivo punto de inmersión hacia el respectivo punto de extracción requieren un respectivo tiempo de contacto. De forma adicional con respecto a un suministro de entalpía provocado por unidad de tiempo a través del metal que se encuentra en el área de coquillas, los elementos de circulación intercambian una respectiva cantidad de entalpía con su ambiente por unidad de tiempo. A un ordenador se suministran la cantidad de metal vertida en el área de coquillas por unidad de tiempo y la temperatura del metal, valores característicos que especifican el metal como tal, así como el respectivo tiempo de ciclo por elemento de circulación, el respectivo tiempo de contacto y la cantidad de entalpía intercambiada con su ambiente por unidad de tiempo por el respectivo elemento de circulación.

Por la solicitud WO 01/91943 A1 se conoce una modelización de una instalación de colada continua, la cual presenta una coquilla de paso. La conformación de la textura en la barra moldeada se modela con la ayuda de un ordenador, donde la conformación de la textura se rastrea de forma dinámica a través de refrigeración específica. En la solicitud WO 01/ 91943 A1 se describe un dispositivo de colada con un área de coquillas. También tiene lugar una modelización del dispositivo de colada. De forma adicional con respecto a un suministro de entalpía provocado por unidad de tiempo a través del metal que se encuentra en el área de coquillas, las paredes laterales de las coquillas de paso intercambian una respectiva cantidad de entalpía con su ambiente por unidad de tiempo. Un ordenador implementa un modelo de colada del dispositivo de colada.

Es objeto de la presente invención crear posibilidades mediante las cuales, sin demoras considerables, puedan preverse la temperatura y/o el grosor de la banda metálica moldeada, sin necesitar sensores que se encuentren expuestos a las condiciones inconvenientes - en particular a las elevadas temperaturas - de la operación de colada.

Este objeto se alcanzará a través de un método de determinación con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes 2 a 11 se indican variantes ventajosas del método operativo acorde a la invención.

De acuerdo con la invención se prevé diseñar un método de determinación de la clase mencionado en la introducción, donde

- a un ordenador se suministran

-- la cantidad vertida de metal en el área de coquillas por unidad de tiempo y la temperatura del metal,

5 -- valores característicos que especifican el metal como tal, así como

-- por elemento de circulación, el respectivo tiempo de ciclo, el respectivo tiempo de contacto y la cantidad de entalpía intercambiada con su ambiente por unidad de tiempo por el respectivo elemento de circulación,

- donde el ordenador implementa un modelo de colada del dispositivo de colada,

10 - donde el modelo de colada comprende un modelo de formación de la banda para cada elemento de circulación, así como un respectivo modelo del elemento de circulación y un respectivo modelo de solidificación metalúrgico,

- donde el ordenador, mediante el respectivo modelo del elemento de circulación, a través de

-- el suministro de entalpía provocado a través del metal que se encuentra en el área de coquillas por unidad de tiempo,

15 -- la cantidad de entalpía intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación por unidad de tiempo,

-- el respectivo tiempo de ciclo y

-- el respectivo tiempo de contacto

20 determina respectivamente temperaturas del respectivo elemento de superficie que se producen a lo largo de la respectiva vía de circulación y una forma del elemento de circulación que se forma en el respectivo elemento de superficie en el área del punto de extracción,

- donde el ordenador, mediante el respectivo modelo de solidificación metalúrgico, a través de

-- la temperatura del metal,

-- la temperatura del respectivo elemento de superficie que se produce a lo largo de la respectiva vía de circulación,

-- la respectiva forma del elemento de circulación que se forma en el área del punto de extracción y

25 -- valores característicos que especifican el metal como tal, utilizando un respectivo modelo de transferencia térmica que modela la transferencia térmica desde el área de coquillas hacia el respectivo elemento de superficie, determina respectivamente

-- la temperatura del metal que se encuentra en el área de coquillas, el cual se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie, y

30 -- el flujo térmico desde el metal que se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie hacia el respectivo elemento de superficie

-- y en base a ello, con relación a la velocidad de circulación de los elementos de superficie, el respectivo grosor de la costra que se forma en el punto de extracción,

35 - donde el ordenador, mediante el modelo de formación de la banda, a través de los grosores de las costras y de las formas de los elementos de circulación, determina el grosor de la banda metálica extraída del área de coquillas y/o para el punto de extracción, a través de las temperaturas del metal que se encuentra en el área de coquillas, el cual se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie, determina la temperatura de la banda metálica en ese punto,

40 - donde el ordenador continúa utilizando el grosor determinado y/o la temperatura determinada o los pone a disposición para otra utilización.

En una variante preferente de la presente invención se prevé que

- el modelo de colada comprenda adicionalmente un modelo de baño,

- el ordenador, mediante el modelo de baño, a través de

-- la temperatura del metal,

5 -- las temperaturas del respectivo elemento de superficie que se producen a lo largo de la respectiva vía de circulación para cada elemento de circulación,

-- para cada elemento de circulación, la forma del elemento de circulación que se forma en el área del punto de extracción, para cada elemento de circulación, la respectiva cantidad de entalpía intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación por unidad de tiempo,

10 -- valores característicos que especifican el metal como tal,

- en combinación con propiedades geométricas del área de coquillas

utilizando el modelo de transferencia térmica, determine una distribución de la temperatura del metal resuelta espacialmente al menos de forma bidimensional, como función de la ubicación en el área de coquillas, y

15 - el ordenador, utilizando la distribución de la temperatura del metal determinada, determine la temperatura del metal que se encuentra en el área de coquillas, el cual se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie.

A través de esa variante puede modelarse mejor el comportamiento térmico del metal que se encuentra en el área de coquillas.

Preferentemente se prevé que

20 - el ordenador, en el marco del respectivo modelo del elemento de circulación para el respectivo elemento de circulación, mediante

-- la cantidad de entalpía intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación por unidad de tiempo,

-- el respectivo tiempo de ciclo y

-- el respectivo tiempo de contacto

25 determine una distribución de la temperatura del elemento de circulación como función de la ubicación al menos en la dirección de circulación y en una dirección de profundidad que se extiende de forma ortogonal con respecto a la superficie de los elementos de superficie y que el ordenador determine la respectiva forma del elemento de circulación considerando la distribución de la temperatura del elemento de circulación.

30 A través de ese procedimiento puede determinarse de manera respectivamente sencilla la respectiva forma del elemento de circulación. En particular es posible que el ordenador determine la respectiva forma del elemento de circulación a través de la integración de la distribución de la temperatura del elemento de circulación en la dirección de profundidad.

35 El modelo de transferencia térmica está diseñado como un modelo de transferencia térmica parametrizable, que se encuentra resuelto espacialmente al menos en la dirección del ancho de la banda. En ese caso no sólo puede determinarse el grosor medio de la banda metálica, sino que puede determinarse su perfil. Lo mencionado se considera en particular ventajoso, porque en el caso de la laminación posterior de la banda metálica moldeada debe mantenerse su planeidad, y la planeidad y el perfil no pueden influenciarse independientemente uno de otro.

Preferentemente se prevé que

- se registren el grosor real y/o la temperatura real de la banda metálica extraída del área de coquillas, y

40 - y que el modelo de transferencia térmica, mediante una comparación del grosor real registrado y/o de la temperatura real registrada, se adapte con el grosor determinado y/o con la temperatura determinada.

A través de ese procedimiento, el modelo de colada se adecua cada vez mejor a las condiciones reales durante el transcurso del tiempo.

5 De manera preferente se prevé que, como parámetro, al ordenador se suministren parámetros de geometría del dispositivo de colada y que el ordenador considere los parámetros de geometría suministrado durante la determinación del grosor y/o de la temperatura de la banda metálica. A través de este procedimiento, el método de determinación acorde a la invención es particularmente flexible. La diferencia entre parámetros y variables, como por ejemplo el tiempo de contacto o el tiempo de ciclo, reside en el hecho de que los parámetros se predeterminan una vez en ordenador, permaneciendo entonces invariables, mientras que las variables pueden modificarse en cualquier momento durante el funcionamiento.

10 Es posible operar el método acorde a la invención puramente como un observador. No obstante, de manera preferente se prevé que

- el grosor determinado y/o la temperatura determinada se comparen con un grosor deseado y/o con una temperatura deseada, y

15 - que mediante la comparación se determine al menos una variable de corrección para un dispositivo de control que influencia el grosor real y/o la temperatura real y el dispositivo de control es activado en correspondencia con la variable de corrección determinada.

El objeto acorde a la invención se alcanzará además a través de un programa informático de la clase mencionada en la introducción. En ese caso, el programa informático se encuentra diseñado de manera que el ordenador ejecute un método de determinación con todos los pasos de un método de determinación acorde a la invención.

20 El objeto se alcanzará además a través de un ordenador que está programado con un programa informático acorde a la invención.

El objeto se alcanzará además a través de un dispositivo de colada de la clase mencionada en la introducción, donde el ordenador está diseñado conforme a la invención.

25 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. En representaciones esquemáticas, las figuras muestran:

Figura 1: una máquina de colada de dos cilindros desde el costado,

Figura 2: la máquina de colada de la figura 1 desde arriba,

Figura 3: una máquina de colada de un cilindro desde el costado,

30 Figura 4: una máquina de colada en bandas desde el costado,

Figura 5: una modelización de un elemento de circulación,

Figura 6: una disposición del ordenador,

Figura 7: una disposición de control,

Figura 8: un posible modelo del elemento de circulación,

35 Figura 9: una modificación de la figura 1 y

Figura 10: una modificación de la figura 6.

40 De acuerdo con las figuras 1 y 2, un dispositivo de colada para moldear una banda metálica 1 presenta un área de coquillas 2. El dispositivo de colada acorde a la figura 1 se encuentra diseñado como una máquina de colada de dos cilindros. Por lo tanto, dicha máquina presenta dos cilindros 3 esencialmente cilíndricos que rotan de forma contrarrotante uno con respecto a otro y que delimitan el área de coquillas 2 en dos lados situados de forma opuesta. Los otros dos lados del área de coquillas 2 están delimitados por paredes laterales 4.

De manera alternativa, el dispositivo de colada acorde a la figura 3 podría estar diseñado como una máquina de colada de un cilindro. En ese caso, la máquina de colada presenta un único cilindro 3 que se sitúa de forma

adyacente con respecto al área de coquillas 2. En este caso, los otros tres lados se delimitan a través de las paredes laterales 4.

5 Los cilindros 3 (así como en el caso de la máquina de colada de la figura 3 el único cilindro 3) corresponden a elementos de circulación en el sentido de la presente invención. Sin embargo, no es obligatorio que los elementos de circulación 3 estén diseñados en forma de cilindros. De manera alternativa, el dispositivo de colada según la figura 4 podría estar diseñado como máquina de colada en bandas. En este caso, el (único) elemento de circulación está diseñado como banda 5 continua, donde a continuación, para establecer una diferencia con respecto a la banda metálica 1 en cuanto a los términos se denominará como banda de colada 5. Los otros lados del área de las coquillas 2, en esta variante, están delimitados por las paredes laterales 4.

10 Por lo tanto, independientemente de la construcción concreta, el dispositivo de colada presenta una cantidad (a saber, uno o dos) de elementos de circulación 3,5; donde cada elemento de circulación 3,5 delimita respectivamente de un lado el área de coquillas 2.

15 Los elementos de circulación 3, 5 presentan respectivamente una cantidad de elementos de superficie 6. En el caso de un cilindro de colada (variante según las figuras 1, 2 y 3), los elementos de superficie 6 según la figura 5 son secciones del respectivo cilindro de colada 3. En el caso de una máquina de colada en bandas, los elementos de superficie 6 son los segmentos 7 individuales de la banda continua 5 (o partes de los segmentos 7 individuales). Independientemente de la conformación concreta de la máquina de colada, los elementos de superficie 6 se desplazan con una respectiva velocidad de circulación v , de forma cíclica a lo largo de una respectiva vía de circulación. En el caso de los cilindros de colada 3, la respectiva velocidad de circulación v corresponde por ejemplo al producto de la frecuencia angular y del radio del respectivo cilindro de colada 3.

20 En el área de coquillas 2 se vierte un metal 8 que presenta una temperatura del metal T . El metal 8 puede tratarse por ejemplo de acero, cobre, aluminio, latón u otro metal. Independientemente de qué metal se trate, la temperatura del metal T se ubica sin embargo por encima de la temperatura en estado sólido del metal 8 correspondiente. Por lo tanto, el metal 8 consiste puramente en una mezcla fundida o en una mezcla de sólido-líquido.

25 El metal 8 vertido en el área de coquillas 2 se extiende en el área de coquillas 2 hasta formar un nivel de moldeado 9. Los elementos de superficie 6 de los elementos de circulación 3, 4 se sumergen en el metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2, en un respectivo punto de inmersión P1. Dichos elementos continúan desplazándose dentro del área de coquillas 2 hasta un punto de extracción P2. Durante ese movimiento de avance de los elementos de superficie 6 a lo largo del área de coquillas 2, el metal 8 se solidifica en los elementos de superficie 6 sumergidos, formando una respectiva costra 10. Cuando los elementos de superficie 6 alcanzan el punto de extracción P2, finalizan el contacto con la respectiva costra 10. En ese punto - en el punto de extracción P2 - la banda metálica 1 es extraída del área de coquillas 2.

35 Las costras 10 forman parte de la banda metálica 1. En el caso de una máquina de colada de dos cilindros (figuras 1 y 2), ambas costras 10 forman parte de la banda metálica 1 moldeada. Dichas costras se sueldan una con otra en el punto de extracción P2 (común) en las proximidades de dicho punto. En el caso de una máquina de colada de un cilindro (figura 3) y de una máquina de colada en bandas (figura 4), la única costra 10 conforma la banda metálica 1.

40 Los elementos de superficie 6, del modo antes mencionado, circulan de forma cíclica a lo largo de una vía de circulación específica para el respectivo elemento de circulación 3, 5. Para una circulación necesitan un respectivo tiempo de ciclo t_1 . Además, para el movimiento de avance desde el respectivo punto de inmersión P1 hacia el punto de extracción P2 necesitan un respectivo tiempo de contacto t_2 .

45 Por lo general el metal 8 está muy caliente, por ejemplo en el caso del acero a una temperatura superior a 1200°C , incluso la mayoría de las veces superior a 1500°C . Por lo tanto, a través del colado del metal 8 en el área de coquillas 2 a los elementos de circulación 3, 5 se suministra una cantidad de entalpía notable. El suministro de entalpía E1 mencionado debe compensarse a través de una refrigeración. Por lo general, con este fin - véase la figura 2 - a través de una alimentación y de una descarga de un refrigerante 10' (por ejemplo agua) tiene lugar una refrigeración interna de los cilindros de colada 3, así como generalmente de los elementos de circulación 3, 5. Además - en casos excepcionales, de forma alternativa con respecto a una refrigeración interna, sin embargo generalmente de forma adicional con respecto a ello - según la figura 1 puede tener lugar una refrigeración externa de los elementos de circulación 3, 5; por ejemplo con agua o - preferentemente - con un agente refrigerante criógeno inerte 10". Además, los elementos de circulación 3, 5 emiten calor a su entorno. Finalmente - en casos completamente especiales - puede ser posible calentar desde el exterior los elementos de circulación 3, 5.

55 Independientemente de qué influencias de entalpía se encuentren presentes, sin embargo, de manera adicional con respecto al suministro de entalpía E1 mencionado en la introducción, los elementos de circulación 3, 5 intercambian una respectiva cantidad de entalpía E2 con su ambiente por unidad de tiempo, a través del metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2.

La banda metálica 1 moldeada presenta un ancho de la banda b . El ancho de la banda b está determinado por la regulación constructiva del dispositivo de colada. El ancho de la banda b no puede modificarse durante el proceso de colada. Asimismo, la banda metálica 1 moldeada presenta además un grosor d . El grosor d puede ser influenciado. El grosor d - en particular como función mediante el ancho de la banda b y eventualmente también como función mediante la longitud de la banda - representa una variable-objetivo importante de la banda metálica 1 moldeada. De manera análoga, también la temperatura T' de la banda metálica 1 moldeada es una variable-objetivo importante que puede ser influenciada.

El grosor d y/o la temperatura T' de la banda metálica 1 pueden determinarse utilizando la tecnología informática. Con ese fin, al dispositivo de colada se encuentra asociado un ordenador 11. El ordenador se encuentra programado con un programa informático 12. El programa informático 12 puede ser suministrado al ordenador 11 por ejemplo mediante un soporte de datos 13 móvil, en donde el programa informático 12 se encuentra almacenado de modo que puede ser leído por una máquina. El programa informático 12 comprende el código máquina 14 que puede ser procesado directamente por el ordenador 11. El procesamiento del código máquina 14 a través del ordenador 11 provoca que el ordenador 11 ejecute un método de determinación para la temperatura T' y/o para el grosor d de la banda metálica 1 moldeada, el cual se explicará en detalle a continuación.

De acuerdo con la figura 6, al ordenador se suministran distintas informaciones sobre el metal 8. En este caso la información consiste en las siguientes variables:

- La cantidad M de metal 8 que es vertida por unidad de tiempo en el área de coquillas 2.
- La temperatura T del metal 8, es decir, la temperatura del metal T .

- Valores característicos K que especifican el metal 8 como tal.

Los valores característicos K pueden comprender por ejemplo la composición química del metal 8, la temperatura en estado sólido, el grosor, la entalpía de fusión específica, etc.

Además, al ordenador 11 se suministra información referida a cada elemento de circulación 3, 5. En este caso, por cada elemento de circulación 3, 5 se trata de las siguientes variables:

- El tiempo de ciclo t_1 ,
- el tiempo de contacto t_2 y
- la cantidad de entalpía E_2 intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación 3, 5 por unidad de tiempo.

De acuerdo con la figura 6, el ordenador 11 implementa un modelo de colada 15 del dispositivo de colada. Mediante el modelo de colada 15, el ordenador 11 determina la temperatura T' y/o el grosor d de la banda metálica 1 extraída del área de coquillas 2.

De acuerdo con la figura 6, el modelo de colada 15 comprende para cada elemento de circulación 3, 5 un respectivo modelo del elemento de circulación 16. En el caso de que se encuentren presentes varios modelos 16 de esa clase, los modelos del elemento de circulación 16 para los elementos de circulación 3, 5 individuales pueden estar diseñados idénticos. No obstante, en todo caso deben calcularse de forma independiente unos de otros y eventualmente también deben parametrizarse.

Al respectivo modelo del elemento de circulación 16 se suministran las siguientes variables referidas al elemento de circulación 3, 5 correspondiente:

- El suministro de entalpía E_1 provocado a través del metal que se encuentra en el área de coquillas 2 por unidad de tiempo. A modo de ejemplo, el ordenador 11 puede determinar el suministro de entalpía E_1 mediante la cantidad M , la temperatura T y los valores característicos K del metal 8.

- La cantidad de entalpía E_2 intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación 3, 5 por unidad de tiempo.

- El respectivo tiempo de ciclo t_1 y

- el respectivo tiempo de contacto t_2 .

5 Mediante las variables mencionadas, a través del respectivo modelo del elemento de circulación 16, el ordenador 11 determina respectivamente las temperaturas T_O de los respectivos elementos de superficie 6 que se producen a lo largo de la respectiva vía de circulación, como función del tiempo, así como - en correspondencia con este caso - como función de la ubicación en la respectiva vía de circulación, es decir, a lo largo de la respectiva vía de circulación. La determinación de las temperaturas T_O tiene lugar al menos para la sección desde el punto de inmersión P1 hacia el punto de extracción P2, por lo general incluso para una circulación completa.

10 Además, mediante el respectivo modelo del elemento de circulación 16, a través de las variables E_2 , t_1 , t_2 mencionadas, el ordenador 11 determina una respectiva forma del elemento de circulación dU que se forma en el elemento de superficie 6 correspondiente en el área del punto de extracción P2 - de forma óptima - en el propio punto de extracción P2. El ordenador 11 determina por tanto la extensión térmica del elemento de circulación 3, 5 correspondiente en el área del punto de extracción P2. En el caso de que la forma del elemento de circulación dU se determine de modo uniforme mediante el ancho de la banda b , ésta corresponde a un grosor del elemento de circulación. En el caso de que la forma del elemento de circulación se determine de modo espacialmente resuelto en la dirección del ancho de la banda, ésta corresponde a un perfil del elemento de circulación.

15 Por lo general, en el marco del modelo del elemento de circulación 16 correspondiente a la representación de la figura 6, el ordenador 11 utiliza también un respectivo modelo de transferencia térmica 19. Mediante el respectivo modelo de transferencia térmica 19 se modela la transferencia térmica desde el área de coquillas 2 hacia el respectivo elemento de superficie 6.

20 La conformación del modelo del elemento de circulación 16, así como de los modelos del elemento de circulación 16, puede realizarse según la necesidad. A modo de ejemplo, el modelo del elemento de circulación 16 puede basarse en ecuaciones matemático físicas, en particular en ecuaciones algebraicas y/o en ecuaciones diferenciales. De modo alternativo puede tratarse de una red neuronal, un modelo empírico o similares. El modelo del elemento de circulación 16 puede estar resuelto espacialmente en la dirección del ancho de la banda. La conformación del modelo del elemento de circulación 16 es conocido como tal por los expertos.

25 De acuerdo con la figura 6, el modelo de colada 15 comprende además para cada elemento de circulación 3, 5 un respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17. Los modelos de solidificación metalúrgicos 17 - en el caso de que se encuentren presentes varios modelos de esa clase - pueden estar diseñados de forma idéntica. No obstante, deben calcularse de forma independiente unos de otros y eventualmente también deben parametrizarse. Los modelos de solidificación metalúrgicos 17 (de modo opcional) pueden comprender adicionalmente un modelo de textura 18.

30 En primer lugar, al respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17 se suministran las variables T_O , dU determinadas por el modelo del elemento de circulación 16 correspondiente, es decir, las temperaturas T_O de los elementos de superficie 6 correspondientes a lo largo de la respectiva vía de circulación y la forma del elemento de circulación dU formada en el área del punto de extracción P2. Además, al respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17 se suministran la temperatura del metal T y los valores característicos K que especifican el metal 8 como tal.

35 Mediante las variables T_O , dU , T , K suministradas al respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17, a través del respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17, el ordenador 11 determina respectivamente la temperatura T_M del metal 8 que se encuentra en el área de las coquillas 2, el cual se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie 6. Además, mediante las variables T_O , dU , T , K suministradas al respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17, el ordenador 11 determina respectivamente el flujo térmico F desde el metal 8 que se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie 6 hacia el respectivo elemento de superficie 6. De manera adicional con relación a las variables T_O , dU , T , K suministradas al respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17, durante la determinación de la temperatura T_M del metal 8 que se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie 6 y del flujo térmico F desde el metal 8 hacia el respectivo elemento de superficie 6, el ordenador 11 acorde a la figura 6 utiliza el respectivo modelo de transferencia térmica 19.

40 Mediante la temperatura T_M determinada del metal 8 que se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie 6 y del flujo térmico F desde el área de coquillas 2 hacia el respectivo elemento de superficie 6, con relación a la velocidad de circulación v de los elementos de superficie 6, el ordenador 11, en el marco del respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17, puede por tanto determinar un respectivo grosor de la costra d_S que se forma en el punto de extracción P2. Asimismo, mediante las temperaturas T_M es conocida también la temperatura T_M en el punto de extracción P2.

45 El modelo de colada 15 según la figura 6 comprende además un modelo de formación de la banda 20. Al modelo de formación de la banda 20 se suministran las temperaturas T_M del metal 8 que se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie 6, el cual se encuentra en el área de coquillas 2, los grosores de las costras d_S y las formas de los elementos de circulación dU . Mediante el modelo de formación de la banda 20, el ordenador 11 determina el grosor d y/o la temperatura T' de la banda metálica 1 extraída del área de coquillas 2. Para la

determinación del grosor d de la banda metálica 1, el ordenador 11 utiliza los grosores de las costras d_S y los grosores del elemento de circulación d_U . El ordenador 11 determina la temperatura T' - por ejemplo a través de la determinación del promedio en el punto de extracción P2 - mediante las temperaturas T_M . Es posible que el ordenador 11 ponga a disposición para otra utilización el grosor d determinado y/o la temperatura T' de la banda metálica 1 determinada. A modo de ejemplo, el ordenador 11 puede emitir datos de salida correspondientes a un usuario (no representado) del dispositivo de colada para que el usuario efectúe intervenciones de control adecuadas. De manera alternativa o adicional es posible que el ordenador 11 ponga a disposición de otro dispositivo tecnológico informático el grosor d determinado y/o la temperatura T' determinada, por ejemplo para un dispositivo de control del dispositivo de colada o para un dispositivo de control para un dispositivo de laminación dispuesto aguas abajo del dispositivo de colada. De manera alternativa o adicional es posible que el ordenador 11 utilice por sí solo posteriormente el grosor d determinado y/o la temperatura T' determinada. En particular, el ordenador 11 puede estar diseñado en sí mismo como dispositivo de control para el dispositivo de colada. En ese caso, el grosor d determinado y/o la temperatura T' de la banda metálica 1 determinada según la figura 7 se comparan con variables deseadas d^* , T'^* correspondientes. Mediante la comparación se determina al menos una variable de control S para un dispositivo de control 21. Mediante el dispositivo de control 21, el grosor d_E (real) y/o la temperatura T_E (real) de la banda metálica 1 pueden ser influenciados. Por lo tanto, el dispositivo de control 21 es controlado en correspondencia con las variables de control S determinadas.

En el caso de que se conozcan sensibilidades del dispositivo de control 21, es decir, en el caso de que se tenga conocimiento de qué modificación de la variable de control S tiene qué influencia sobre el grosor d y/o sobre la temperatura T' de la banda metálica 1, la variable de control S puede determinarse de forma directa. De forma alternativa es posible variar la variable de control S , y mediante el modelo de colada 15 es posible determinar nuevamente qué grosor d y/o qué temperatura T' presenta entonces la banda metálica 1. En ese caso, a modo de ejemplo, puede forzarse una convergencia mediante un algoritmo determinista. Los algoritmos deterministas son conocidos como tales por los expertos. Estrictamente a modo de ejemplo se mencionan los así llamados algoritmos SQP y los algoritmos genéticos.

El tipo de dispositivo de control 21 y el tipo de variable de control S pueden estar determinados según la necesidad. Por ejemplo - como variables de control S que tienen un efecto global - pueden emplearse el ajuste simétrico y/o asimétrico de los cilindros de colada 3 unos con respecto a otros. De manera alternativa o adicional pueden regularse la velocidad de circulación v y/o la dimensión de la refrigeración interna de los cilindros de colada 3. De modo alternativo o adicional - como variables de control S que tienen un efecto global o local - pueden regularse una refrigeración externa y/o un calentamiento externo, la introducción de gas conductor de calor en cavidades de los elementos de superficie 6, un tratamiento mecánico de los elementos de superficie 6 (por ejemplo en cepillos) y otros más.

Para la determinación de la forma del elemento de circulación d_U son posibles diferentes procedimientos. Por ejemplo, según la figura 8 es posible que el ordenador 11, en el marco del respectivo modelo del elemento de circulación 16, mediante la cantidad de entalpía E_2 intercambiada con su ambiente por unidad de tiempo por el respectivo elemento de circulación 3, 5, el respectivo tiempo de ciclo t_1 y el respectivo tiempo de contacto t_2 , determine una distribución de la temperatura dominante dentro del respectivo elemento de circulación 3, 5; denominada a continuación como distribución de la temperatura del elemento de circulación. La distribución de la temperatura del elemento de circulación se encuentra resuelta espacialmente al menos en dos variables, a saber, en la dirección de circulación y en una dirección de profundidad. La dirección de circulación, tal como su nombre lo indica, se extiende en la dirección del movimiento de los elementos de superficie 6 del respectivo elemento de circulación 3, 5. La dirección de profundidad se extiende de forma ortogonal con respecto a la superficie de los elementos de superficie 6, por tanto, de forma ortogonal con respecto a la dirección de circulación y de forma ortogonal con respecto a la dirección del ancho de la banda. Por lo general, la distribución de la temperatura del elemento de circulación adicionalmente presenta una resolución temporal.

En el caso de un cilindro de colada 3 cilíndrico, la dirección de circulación y la dirección de profundidad se extienden de forma tangencial (es decir, alrededor del eje de rotación 3' del cilindro de colada 3 correspondiente) y de forma radial (es decir, sobre el eje de rotación 3' del cilindro de colada, así como distanciándose del mismo). La dirección del ancho de la banda - naturalmente - se extiende de forma axial, es decir, de forma paralela con respecto al eje de rotación 3' del cilindro de colada 3 correspondiente.

A continuación, el ordenador 11 determina la forma del elemento de circulación d_U correspondiente. Dentro del marco de la determinación de la forma del elemento de circulación d_U , el ordenador 11 considera la distribución de la temperatura del elemento de circulación, previamente determinada. A modo de ejemplo, el ordenador 11 puede determinar la respectiva forma del elemento de circulación d_U a través de la integración de la distribución de la temperatura del elemento de circulación en la dirección de profundidad. Son posibles también otros procedimientos.

El modelo de transferencia térmica 19 puede estar diseñado de diferentes modos. De este modo, por ejemplo es posible implementar el modelo de transferencia térmica 19 como un modelo de transferencia térmica simplemente lineal, el cual estima el flujo de entalpía desde el metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2 hacia los

- 5 elementos de superficie 6 de forma proporcional con respecto a la diferencia de las temperaturas T_O de los elementos de superficie 6 correspondientes y a la temperatura T_M del metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2, donde el coeficiente de transferencia térmica como tal es por tanto una constante. Preferentemente, en el marco del modelo de transferencia térmica 19, sin embargo, el coeficiente de transferencia térmica se calcula como función de la respectiva temperatura T_O del elemento de superficie 6 correspondiente y de la temperatura T_M del metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2. En ambos casos, el modelo de transferencia térmica 19 puede ser parametrizado. La diferencia reside en el hecho de que en el caso de un modelo de transferencia térmica lineal siempre se encuentra presente un único coeficiente que es parametrizado y de que en el caso de un modelo de transferencia térmica 19 no lineal la cantidad de coeficientes puede ser superior a 1 (pero esto no es obligatorio).
- 10 Además, es posible que el modelo de transferencia térmica 19 sea uniforme observado en la dirección del ancho de la banda. Sin embargo, de manera preferente, el modelo de transferencia térmica 19 se encuentra resuelto espacialmente en la dirección del ancho de la banda. La resolución espacial puede realizarse independientemente de si el modelo de transferencia térmica 19 está diseñado como modelo de transferencia 19 lineal o no lineal. Dicha resolución también es independiente de si, y eventualmente en qué alcance, el modelo de transferencia térmica 19 puede ser parametrizado.
- 15 En una variante preferente de la presente invención - véase la figura 9 - el dispositivo de colada se encuentra dispuesto aguas abajo de un dispositivo de registro 22. Mediante el dispositivo de registro 22 se registran la temperatura real T_E y/o el grosor real d_E de la banda metálica 1. De acuerdo con la figura 9, los valores d_E , T_E registrados se suministran al ordenador 11. El ordenador 11, mediante una comparación del grosor d_E registrado y/o de la temperatura T_E registrada de la banda metálica 1 con el grosor d determinado y/o con la temperatura T' determinada de la banda metálica 1, adapta el modelo de colada 15. En particular, el modelo de transferencia térmica 19 puede ser adaptado dentro del modelo de colada 15.
- 20 La temperatura T_M del metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2, en el caso más simple, se estima como constante. La estimación mencionada conduce ya a resultados aceptables. Preferentemente, sin embargo, el modelo de colada 15 según la figura 10 - de modo adicional con respecto a los modelos 16 a 20 ya mencionados - comprende un modelo de baño 23. Al modelo de baño se suministran las siguientes variables:
- 25 - La temperatura del metal T , es decir, una variable escalar que corresponde a la temperatura del metal 8 en un punto previamente conocido del área de coquillas 2, por ejemplo a la temperatura del metal 8 vertido en el área de coquillas 2.
- 30 - Los valores característicos K que especifican el metal 8 como tal.
- Las propiedades geométricas G del área de coquillas 2. Por ejemplo, al modelo de baño 23 pueden suministrarse el diámetro de los cilindros de colada 3 y la distancia de sus ejes de los cilindros 3' uno con respecto a otro.
- Para cada elemento de circulación 3, 5; la respectiva forma del elemento de circulación d_U que se forma en el área del punto de extracción P2.
- 35 - Para cada elemento de circulación 3, 5; las temperaturas T_O del respectivo elemento de superficie 6 que se producen a lo largo de la respectiva vía de circulación.
- Para cada elemento de circulación 3, 5; la respectiva cantidad de entalpía E_2 intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación 3, 5 por unidad de tiempo.
- 40 Mediante las variables predeterminadas, a través del modelo de baño 23, utilizando el modelo de transferencia térmica 19, el ordenador 11 determina una distribución de la temperatura resuelta espacialmente al menos de forma bidimensional dentro del metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2, a continuación denominada distribución de la temperatura del metal. Por consiguiente, la distribución de la temperatura del metal es una función de la ubicación en el área de coquillas 2. Una de las direcciones del lugar en donde la distribución de la temperatura se encuentra resuelta espacialmente, es la dirección del ancho de la banda. La otra dirección es una dirección que depende de la altura. A modo de ejemplo, puede tratarse de la vertical como tal. De manera alternativa puede tratarse de la respectiva dirección de circulación - eventualmente en función de la ubicación. Inclusive es posible determinar la distribución de la temperatura del metal resuelta espacialmente de forma tridimensional, es decir, como distribución del volumen con relación al metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2. Eventualmente pueden modelarse incluso también vorticidades.
- 45 Si el ordenador 11, mediante el modelo de baño 23, determina la distribución de la temperatura del metal, entonces el ordenador 11, en el marco del respectivo modelo de solidificación metalúrgico 17, determina la temperatura T_M del metal 8 que se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie 6, el cual se encuentra en el área
- 50

de coquillas 2, utilizando la distribución de la temperatura del metal determinada. La distribución de la temperatura puede emplearse también para una distribución del suministro de entalpía E1 en la dirección del ancho de la banda.

5 Es posible que el ordenador 11 conozca previamente los parámetros de geometría G del dispositivo de colada - por ejemplo los diámetros de los cilindros de colada 3 y el ancho de la banda b. Por lo general, sin embargo, los parámetros de geometría G son suministrados al ordenador 11 en correspondencia con la representación de la figura 10. En todos los casos, sin embargo, el ordenador 11 considera los parámetros de geometría al determinar el grosor d y/o la temperatura T' de la banda metálica 1.

10 La presente invención puede modificarse y diseñarse de diversas formas. De este modo, por ejemplo, es posible determinar la forma del elemento de circulación dU resuelta espacialmente en la dirección del ancho de la banda. Dicho procedimiento se considera como especialmente ventajoso cuando no sólo debe determinarse el grosor (medio) de la banda metálica 1, sino también el perfil de la banda metálica, por consiguiente el grosor de la banda metálica 1 como función de la ubicación en la dirección del ancho de la banda. Ejecuciones análogas son válidas para la temperatura T' de la banda metálica 1.

15 Además, el grosor d y/o la temperatura T' con frecuencia no se regulan solamente de forma global (por ejemplo mediante la velocidad de circulación v, mediante el ajuste simétrico o asimétrico de los cilindros de colada 3, mediante la refrigeración interna y la altura del nivel de moldeado 9). En muchos casos son posibles también influencias locales de la forma del elemento de circulación 9 y también del coeficiente de transferencia térmica. En ese caso, la modelización en la dirección del ancho de la banda puede tener lugar resuelta espacialmente y, de forma conveniente, puede regularse el perfil de la banda metálica 1 moldeada. Los ejemplos de influencias locales ya se han mencionado más arriba. En particular se trata de la aplicación de un refrigerante 10" desde el exterior sobre los cilindros de colada 3, eventualmente de un calentamiento local, así como de un cepillado de los elementos de circulación 3,5 y de la introducción local de un gas inerte conductor del calor (por ejemplo helio). Naturalmente, la resolución espacial en la dirección del ancho de la banda puede efectuarse también para otras variables, como por ejemplo la distribución de la temperatura del elemento de circulación.

25 También los modelos del elemento de circulación 16 pueden variarse de otro modo. De este modo, mediante el respectivo modelo del elemento de circulación 16 no sólo es posible determinar variaciones de la temperatura, así como el flujo térmico F, sino también temperaturas absolutas. En ese caso, por lo tanto, se determinan por sí solos los contenidos térmicos de los elementos de circulación 3, 5. Esto conduce a una modelización mejorada de los elementos de circulación 3, 5 y de sus elementos de superficie 6. En particular, gracias a ello, puede modelizarse con más precisión un comportamiento transitorio. Además, los modelos del elemento de circulación 16 pueden modelar por completo los elementos de circulación 3, 5 (es decir en tres dimensiones espaciales) y eventualmente pueden modelarlos de forma temporal. En el caso de que la forma del elemento de circulación dU en la dirección del ancho de la banda se determine resuelta espacialmente, dentro del marco de la determinación, los modelos del elemento de circulación pueden considerar también los elementos de circulación 3, 5 correspondientes.

35 Además, con respecto al metal 8 que se encuentra en el área de coquillas 2, no es posible solamente diferenciar entre las fases sólido y líquido, sino también determinar la extensión de una zona de dos fases (la así llamada mushy zone). Esto último se considera como particularmente importante en el área del punto de extracción P2, ya que el tamaño de la zona de dos fases influencia el grosor efectivo de la costra dS y éste a su vez influencia el grosor d de la banda metálica 1.

40 También es posible incluir en la modelización los equipos auxiliares dispuestos aguas abajo del dispositivo de colada. De este modo, por ejemplo, de forma previsor, el control del dispositivo de colada puede tener lugar de manera que se consideren también las limitaciones de ajuste de una caja de laminación dispuesta aguas abajo.

45 Los diferentes modelos de la presente invención - es decir, los modelos del elemento de circulación 16, los modelos de solidificación metalúrgicos 17, el modelo de formación de la banda 20, así como eventualmente el modelo de textura 18 y el modelo de baño 23, pueden basarse en ecuaciones matemático - físicas. Las ecuaciones pueden consistir en particular en ecuaciones algebraicas y/o diferenciales. De forma alternativa, los modelos mencionados pueden tratarse de redes neuronales, modelos empíricos y otros más. Del modo antes mencionado, los modelos pueden estar resueltos espacialmente en la dirección del ancho de la banda.

50 Es posible ejecutar en línea el método de determinación acorde a la invención - eventualmente incluso en tiempo real. De forma alternativa, es posible ejecutar previamente el método de determinación acorde a la invención, por ejemplo cuando debe verse un nuevo cazo de colada o cuando se modifican de otro modo condiciones del proceso, por ejemplo la cantidad o la temperatura del agua de refrigeración 10' suministrada.

55 La presente invención ofrece muchas ventajas. En particular no se requiere una instrumentación con sensores que registren el bombeado de los cilindros, la temperatura de la superficie, la aspereza de la superficie, etc. También es posible procesar valores de medición y evitar tiempos muertos.

Si bien la invención fue ilustrada y descrita en detalle a través del ejemplo de ejecución preferente, la presente invención no se limita a los ejemplos descritos, de manera que el experto puede deducir otras variantes en base a ello, sin abandonar el alcance de protección de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Método de determinación para el grosor (d) y/o la temperatura (T') de una banda metálica (1) moldeada mediante un dispositivo de colada, la cual presenta un ancho de la banda (b),
- 5 - donde el dispositivo de colada presenta un área de coquillas (2) en donde es vertido metal (8) que presenta una temperatura del metal (T) que es superior a la temperatura en estado sólido del metal (8),
- donde el dispositivo de colada presenta una cantidad de elementos de circulación (3, 5) que delimitan respectivamente de un lado el área de coquillas (2),
- donde cada elemento de circulación (3, 5) presenta elementos de superficie (6) que se desplazan con una respectiva velocidad de circulación (v) de forma cíclica a lo largo de una respectiva vía de circulación,
- 10 - donde
- los elementos de superficie (6) del respectivo elemento de circulación (3, 5) se sumergen en un respectivo punto de inmersión (P1) en el metal (8) que se encuentra en el área de coquillas (2),
- al continuar el avance de los elementos de superficie (6) en los elementos de superficie (6) sumergidos, el metal (8) se solidifica formando una respectiva costra (10),
- 15 -- los elementos de superficie (6), en un punto de extracción (P2), finalizan el contacto con la respectiva costra (10),
- la banda metálica (1) es extraída del área de coquillas (2) en el punto de extracción (P2) y
- las costras (10) forman parte de la banda metálica (1),
- donde los elementos de superficie (6) del respectivo elemento de circulación (3, 5)
- para una circulación completa a lo largo de la respectiva vía de circulación requieren un respectivo tiempo de ciclo (t1) y
- 20 -- para el movimiento de avance desde el respectivo punto de inmersión (P1) hacia el respectivo punto de extracción (P2) requieren un respectivo tiempo de contacto (t2),
- donde de forma adicional con respecto a un suministro de entalpía (E1) provocado por unidad de tiempo a través del metal (8) que se encuentra en el área de coquillas (2) los elementos de circulación (3, 5) intercambian una
- 25 respectiva cantidad de entalpía (E2) con su ambiente por unidad de tiempo,
- donde a un ordenador (11) se suministran
- la cantidad vertida (M) de metal (8) en el área de coquillas (1) por unidad de tiempo y la temperatura del metal (T),
- valores característicos (K) que especifican el metal (8) como tal, así como
- por elemento de circulación (3, 5), el respectivo tiempo de ciclo (t1), el respectivo tiempo de contacto (t2) y la
- 30 cantidad de entalpía (E2) intercambiada con su ambiente por unidad de tiempo por el respectivo elemento de circulación (3, 5),
- donde el ordenador (11) implementa un modelo de colada (15) del dispositivo de colada,
- donde el modelo de colada (15) comprende un modelo de formación de la banda (20), así como un respectivo
- 35 modelo del elemento de circulación (16) y un respectivo modelo de solidificación metalúrgico (17) para cada elemento de circulación (3, 5),
- donde el ordenador (11), utilizando el respectivo modelo del elemento de circulación (16), mediante
- el suministro de entalpía (E1) provocado a través del metal (8) que se encuentra en el área de coquillas (2) por unidad de tiempo,

- la cantidad de entalpía (E2) intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación (3, 5) por unidad de tiempo,
 - el respectivo tiempo de ciclo (t1) y
 - el respectivo tiempo de contacto (t2)
- 5 determina respectivamente temperaturas (TO) del respectivo elemento de superficie (6) que se producen a lo largo de la respectiva vía de circulación y una forma del elemento de circulación (dU) que se forma en el respectivo elemento de superficie (6) en el área del punto de extracción (P2),
- donde el ordenador (11), utilizando el respectivo modelo de solidificación metalúrgico (17), mediante
 - la temperatura del metal (T),
- 10 -- las temperaturas (TO) del respectivo elemento de superficie (6) que se producen a lo largo de la respectiva vía de circulación,
- la respectiva forma del elemento de circulación (dU) que se forma en el área del punto de extracción (P2) y
 - valores característicos (K) que especifican el metal (8) como tal,
- 15 utilizando un respectivo modelo de transferencia térmica (19) que modela la transferencia térmica desde el área de coquillas (2) hacia el respectivo elemento de superficie (6), determina respectivamente
- la temperatura (TM) del metal (8) que se encuentra en el área de coquillas (2), el cual se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie (6), y
 - el flujo térmico (F) desde el metal (8) que se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie (6) hacia el respectivo elemento de superficie (6)
- 20 -- y en base a ello, con relación a la velocidad de circulación (v) de los elementos de superficie (6), el respectivo grosor de la costra (dS) que se forma en el punto de extracción (P2),
- donde el ordenador (11), mediante el modelo de formación de la banda (20), a través de los grosores de las costras (dS) y de las formas de los elementos de circulación (dU), determina el grosor (d) de la banda metálica (1) extraída del área de coquillas (2) y/o para el punto de extracción (P2), a través de las temperaturas (TM) del metal (8) que se encuentra en el área de coquillas (2), el cual se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie (6),
- 25 determina la temperatura (T') de la banda metálica (1) en ese punto,
- donde el ordenador (11) continúa utilizando el grosor (d) determinado y/o la temperatura (T') determinada o los pone a disposición para otra utilización.
2. Método de determinación según la reivindicación 1, caracterizado porque
- 30 - el modelo de colada (15) comprende adicionalmente un modelo de baño (23),
- el ordenador (11), utilizando el modelo de baño (23), mediante
 - la temperatura del metal (T),
 - para cada elemento de circulación (3, 5), las temperaturas (TO) del respectivo elemento de superficie (6) que se producen a lo largo de la respectiva vía de circulación,
- 35 -- para cada elemento de circulación (3, 5), la respectiva forma del elemento de circulación (dU) que se forma en el área del punto de extracción (P2),
- para cada elemento de circulación (3, 5), la respectiva cantidad de entalpía (E2) intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación (3, 5) por unidad de tiempo,
 - valores característicos (K) que especifican el metal (8) como tal,

- en combinación con las propiedades geométricas del área de coquillas (2)
- utilizando el modelo de transferencia térmica (19), determina una distribución de la temperatura del metal (8) resuelta espacialmente al menos de forma bidimensional, como función de la ubicación en el área de coquillas (2) y
- 5 - porque el ordenador (11), utilizando la distribución de la temperatura del metal (8) determinada, determina la temperatura (TM) del metal (8) que se encuentra en el área de coquillas (2), el cual se sitúa de forma adyacente al respectivo elemento de superficie (6).
- 3. Método de determinación según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque
- el ordenador (11), en el marco del respectivo modelo del elemento de circulación (16), para el respectivo elemento de circulación (3, 5), mediante
- 10 -- la cantidad de entalpía (E2) intercambiada con su ambiente por el respectivo elemento de circulación (3, 5) por unidad de tiempo,
- el respectivo tiempo de ciclo (t1) y
- el respectivo tiempo de contacto (t2)
- 15 determina una distribución de la temperatura del elemento de circulación como función de la ubicación al menos en la dirección de circulación y en una dirección de profundidad que se extiende de forma ortogonal con respecto a la superficie de los elementos de superficie (6), y
- porque el ordenador (11) determina la respectiva forma del elemento de circulación (dU) considerando la distribución de la temperatura del elemento de circulación.
- 20 4. Método de determinación según la reivindicación 3, caracterizado porque el ordenador (11) determina la respectiva forma del elemento de circulación (dU) a través de la integración de la distribución de la temperatura del elemento de circulación en la dirección de profundidad.
- 5. Método de determinación según la reivindicación 3 ó 4, caracterizado porque el ordenador (11), en el marco del respectivo modelo del elemento de circulación (16), no sólo determina por sí solo variaciones de temperatura o flujos térmicos (F), sino también contenidos caloríficos de los elementos de circulación (3, 5).
- 25 6. Método de determinación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el modelo de transferencia térmica (19) está diseñado como un modelo de transferencia térmica (19) parametrizable, que se encuentra resuelto espacialmente al menos en la dirección del ancho de la banda.
- 7. Método de determinación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque
- 30 - se registran el grosor real (dE) y/o la temperatura real (TE) de la banda metálica (1) extraída del área de coquillas (2), y
- porque el modelo de transferencia térmica (19), mediante una comparación del grosor real (dE) registrado y/o de la temperatura real (TE) registrada, se adapta con el grosor (d) determinado y/o con la temperatura (T') determinada.
- 35 8. Método de determinación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque al ordenador (11), como parámetros, se suministran parámetros de geometría (G) del dispositivo de colada y porque el ordenador (11) considera los parámetros de geometría (G) que le han suministrado durante la determinación del grosor (d) y/o de la temperatura (T') de la banda metálica (1).
- 9. Método de determinación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque
- el grosor (d) determinado y/o la temperatura (T') determinada se comparan con un grosor deseado (d*) y/o con una temperatura deseada (T**), y
- 40 - porque mediante la comparación se determina al menos una variable de corrección (S) para un dispositivo de control (21) que influencia el grosor real (dE) y/o la temperatura real (TE) y el dispositivo de control (21) es activado en correspondencia con la variable de corrección (S) determinada.

10. Método de determinación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el ordenador (11), con respecto al metal (8) que se encuentra en el área de coquillas (2), no diferencia solamente entre las fases sólido y líquido, sino que también determina la extensión de una zona de dos fases.
- 5 11. Método de determinación según la reivindicación 10, caracterizado porque el ordenador (11) utiliza la extensión de la zona de dos fases en el marco de una detección temprana de ruptura.
12. Programa informático que comprende el código máquina (14), el cual puede ser procesado directamente por un ordenador (11) y cuyo procesamiento a través del ordenador (11) provoca que el ordenador (11) ejecute un método de determinación con todos los pasos de un método de determinación según una de las reivindicaciones precedentes.
- 10 13. Ordenador (11) programado con un programa informático (12) según la reivindicación 12.
14. Dispositivo de colada para moldear una banda metálica (1) que presenta un ancho de la banda (b),
- donde el dispositivo de colada presenta un área de coquillas (2) en donde es vertido metal (8) que presenta una temperatura del metal (T) que es superior a la temperatura en estado sólido del metal (8),
- 15 - donde el dispositivo de colada presenta una cantidad de elementos de circulación (3, 5) que delimitan respectivamente de un lado el área de coquillas (2),
- donde cada elemento de circulación (3, 5) presenta elementos de superficie (6) que se desplazan con una respectiva velocidad de circulación (v) de forma cíclica a lo largo de una respectiva vía de circulación,
- 20 - donde los elementos de superficie (6) del respectivo elemento de circulación (3, 5) se sumergen en un respectivo punto de inmersión (P1) en el metal (8) que se encuentra en el área de coquillas (2) y la banda metálica (1) es extraída del área de coquillas (2) en un punto de extracción (P2),
- donde el dispositivo de colada se encuentra asociado a un ordenador (11) según la reivindicación 13.

FIG 1

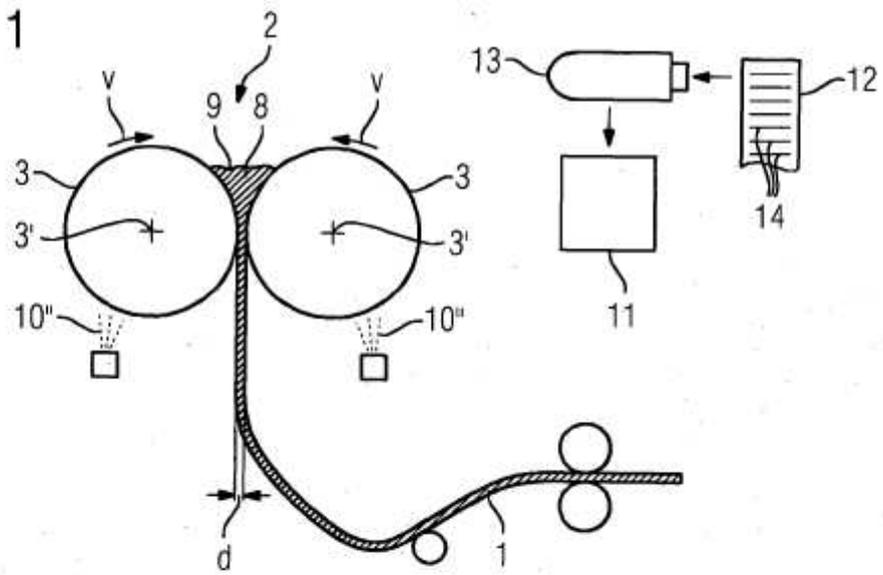


FIG 2

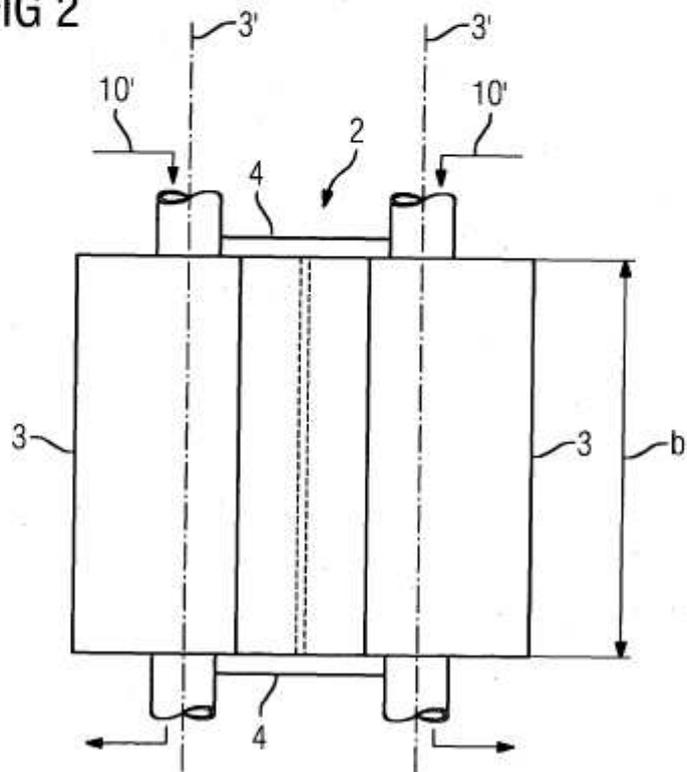


FIG 3

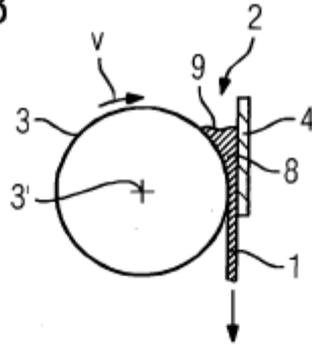


FIG 4

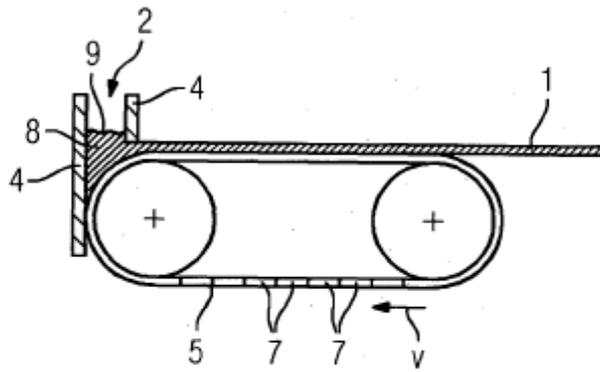
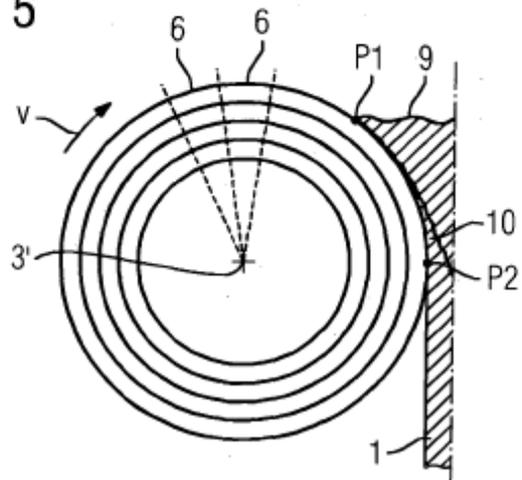


FIG 5



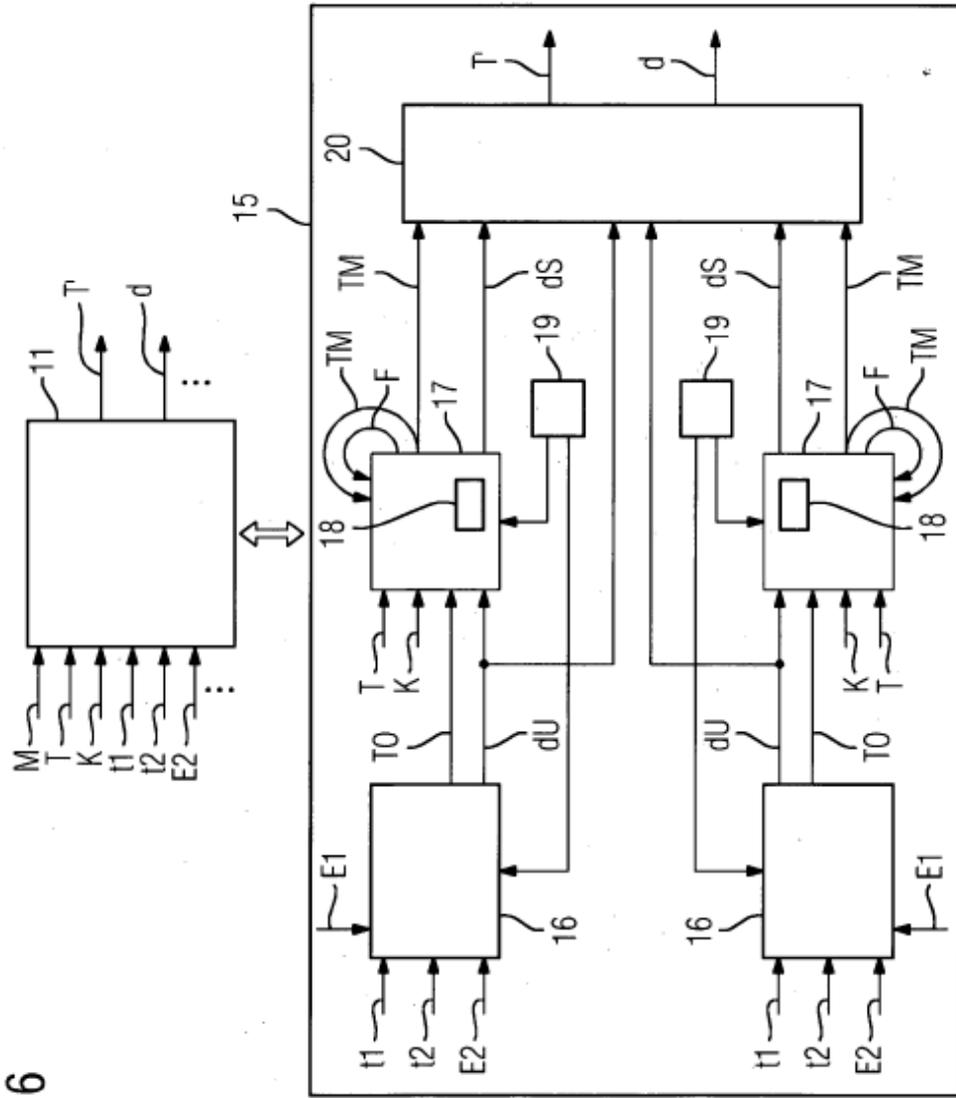


FIG 6

FIG 7

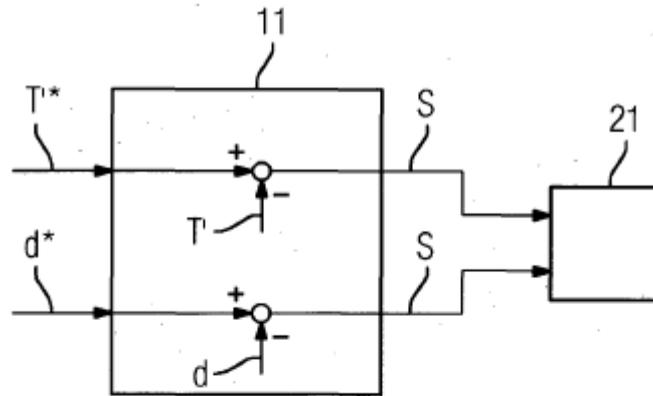


FIG 8

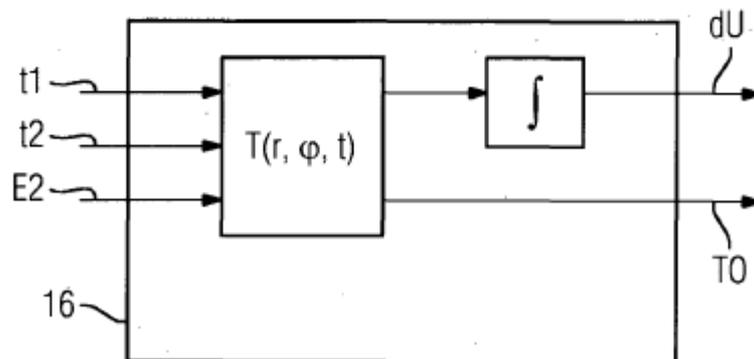
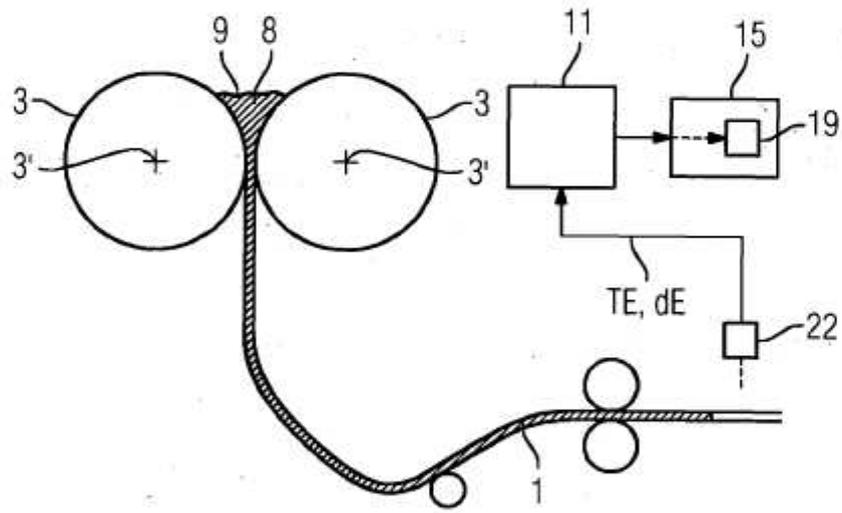


FIG 9



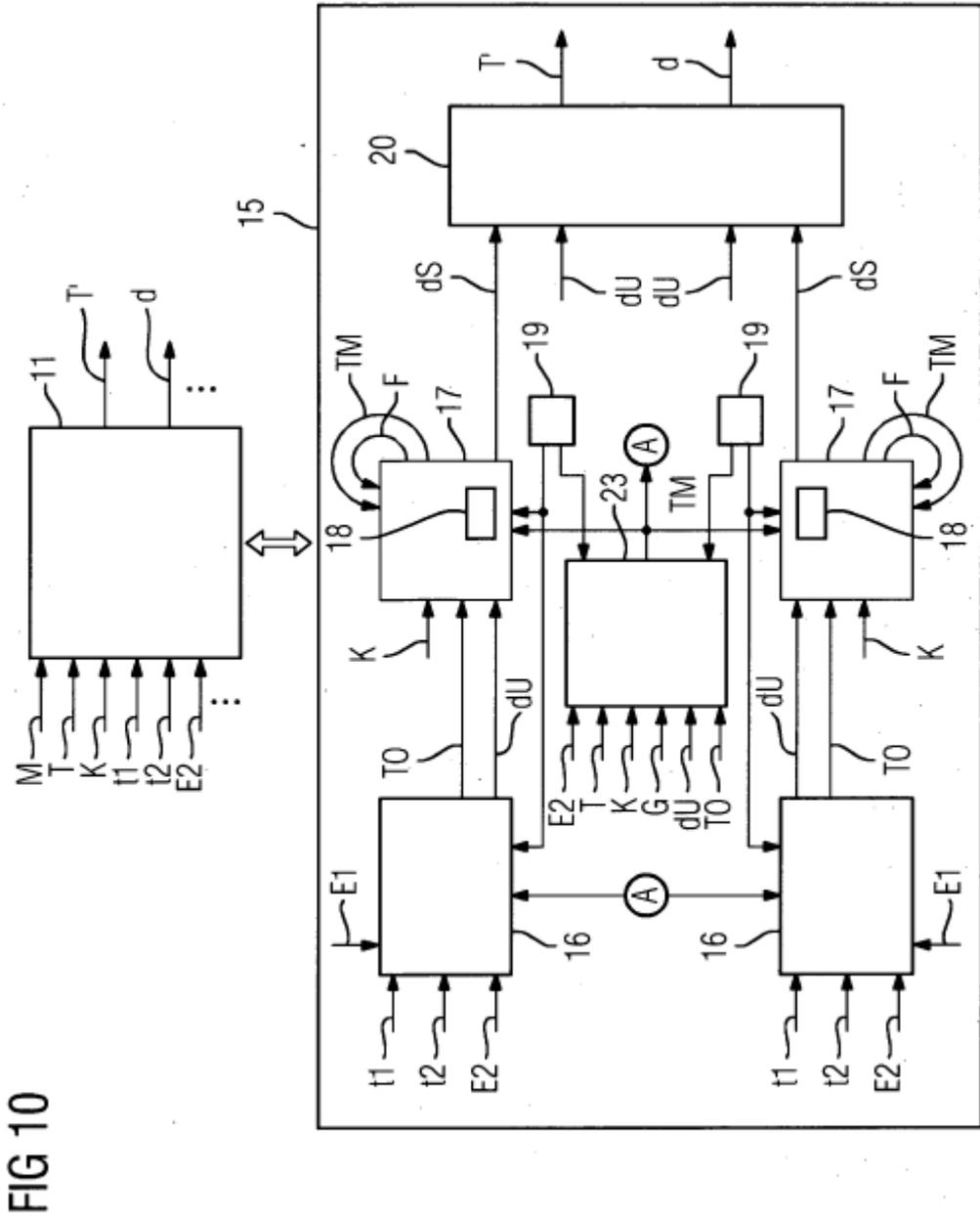


FIG 10