

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 875**

51 Int. Cl.:

C21D 1/667 (2006.01)

B21B 45/02 (2006.01)

C21D 9/573 (2006.01)

C21D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.12.2016 PCT/EP2016/082887**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.07.2017 WO17114927**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2016 E 16826754 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3397781**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de enfriamiento de un sustrato metálico**

30 Prioridad:

30.12.2015 WO PCT/IB2015/060051

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

19.10.2020

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**MAKHOLOUF, HAMIDE;
ROMBERGER, CHARLES;
BOREAN, JEAN-LUC y
RÉGNIER, MARIE-CHRISTINE**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 787 875 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de enfriamiento de un sustrato metálico

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para enfriar un sustrato metálico.
- [0002]** En particular, la presente invención se aplica al enfriamiento de un sustrato metálico, por ejemplo, una placa de acero, durante la fabricación de este sustrato, especialmente al final del laminado en caliente o durante un tratamiento térmico del sustrato.
- 10 **[0003]** Durante dicho enfriamiento, la velocidad de enfriamiento debe controlarse tanto como sea posible para asegurarse, al final del enfriamiento, de obtener la microestructura y las propiedades mecánicas deseadas.
- [0004]** El documento EP 1 428 589 A1 describe un procedimiento para enfriar una placa de acero, donde se forma una piscina de fluido refrigerante inyectando chorros de fluido refrigerante desde una boquilla ranurada en la superficie superior de la placa y desde boquillas tubulares en la superficie inferior de la placa, y la placa de acero es enfriada al pasar en esta piscina de fluido refrigerante. Los documentos US 2010/192658 A1 y CN 204799691 U también muestran dispositivos de enfriamiento con dos unidades de enfriamiento.
- 15 **[0005]** Sin embargo, la aplicación de dicho procedimiento de enfriamiento puede conducir a defectos de planeidad de las superficies de la placa. Dichos defectos pueden ser causados por las inhomogeneidades de la velocidad de enfriamiento dentro de la placa, en particular a una diferencia en la velocidad de enfriamiento entre la superficie superior de la placa y su superficie inferior, y también entre las superficies y el núcleo de las placas.
- 20 **[0006]** Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para enfriar un sustrato que permita el enfriamiento rápido y controlado de un sustrato metálico sin inducir inhomogeneidades de temperatura dentro del sustrato, en particular en el espesor del sustrato.
- [0007]** Para esta finalidad, el objeto de la invención es un procedimiento para enfriar un sustrato metálico que discurre en una dirección longitudinal, comprendiendo dicho procedimiento expulsar al menos un primer chorro de fluido refrigerante en una primera superficie de dicho sustrato y al menos un segundo chorro de fluido refrigerante en una segunda superficie de dicho sustrato,
- 30 **[0008]** expulsándose dichos primer y segundo chorros de fluido refrigerante a una velocidad de fluido refrigerante mayor o igual a 5 m/s, para formar en dicha primera superficie y en dicha segunda superficie un primer flujo laminar de fluido refrigerante y un segundo flujo laminar de fluido refrigerante respectivamente, siendo dicho primer y segundo flujos laminares de fluido refrigerante tangenciales al sustrato, extendiéndose dichos primer y segundo flujos laminares de fluido refrigerante sobre una primera longitud predeterminada y una segunda longitud predeterminada del sustrato respectivamente, determinándose dichas longitudes primera y segunda de modo que el sustrato se enfría desde una primera temperatura hasta una segunda temperatura mediante ebullición nucleada.
- 40 **[0009]** El procedimiento según la invención puede comprender una o varias de las siguientes características, tomadas individualmente o según cualquier combinación técnicamente posible:
- 45 - la diferencia entre la primera longitud y la segunda longitud es inferior al 10 % de la media de la primera y la segunda longitud;
- el primer chorro de fluido refrigerante y el segundo chorro de fluido refrigerante son simétricos con respecto a un plano medio del sustrato; - dicho primer y dicho segundo chorros de fluido refrigerante forman cada uno durante su expulsión un ángulo predeterminado con la dirección longitudinal, estando comprendido dicho ángulo predeterminado
- 50 entre 5° y 25°;
- dicho primer y dicho segundo chorros de fluido refrigerante se expulsan desde una distancia predeterminada sobre dichas primera y segunda superficies respectivamente, estando comprendida dicha distancia predeterminada entre 50 y 200 mm;
- cada una de dichas longitudes predeterminadas primera y segunda está comprendida entre 0,2 m y 1,5 m;
- 55 - dicha primera temperatura es mayor o igual a 600 °C;
- dicha primera temperatura es mayor o igual a 800 °C;
- dicho sustrato discurre a una velocidad comprendida entre 0,2 m/s y 4 m/s;
- el flujo de calor medio extraído de cada una de las superficies primera y segunda durante el enfriamiento desde la primera temperatura hasta la segunda temperatura está comprendido entre 3 y 7 MW/m²;
- 60 - teniendo el sustrato un espesor comprendido entre 2 y 9 mm, el sustrato se enfría de 800 °C a 550 °C a una velocidad de enfriamiento mayor o igual a 200 °C/s;
- cada uno de dichos primer y segundo chorros de fluido refrigerante se expulsa con un caudal de fluido refrigerante específico comprendido entre 360 y 2700 l/min/m²;
- dicho sustrato metálico es una placa de acero;
- 65 - dichos primer y segundo flujos laminares de fluido refrigerante se extienden a lo ancho del sustrato.

[0010] El objeto de la invención es también un procedimiento para laminar en caliente un sustrato metálico, comprendiendo dicho procedimiento laminar en caliente el sustrato metálico y enfriar el sustrato metálico laminado en caliente con un procedimiento según la invención.

5

[0011] El objeto de la invención es también un procedimiento para tratar térmicamente un sustrato metálico, comprendiendo dicho procedimiento tratar térmicamente el sustrato metálico y enfriar el sustrato metálico tratado térmicamente con un procedimiento según la invención.

[0012] El objeto de la invención es también un dispositivo de enfriamiento de un sustrato metálico que comprende:

- una primera unidad de enfriamiento configurada para expulsar al menos un primer chorro de fluido refrigerante en una primera superficie del sustrato,
- una segunda unidad de enfriamiento configurada para expulsar al menos un segundo chorro de fluido refrigerante en una segunda superficie del sustrato,

configurándose la primera y segunda unidades de enfriamiento para expulsar el primer y el segundo chorros de fluido refrigerante respectivamente, con una velocidad de fluido refrigerante mayor o igual a 5 m/s, para formar en dicha primera superficie y en dicha segunda superficie un primer flujo laminar de fluido refrigerante y un segundo flujo laminar de fluido refrigerante, respectivamente, siendo dichos flujos laminares de fluido refrigerante primero y segundo tangenciales al sustrato y que se extienden sobre una primera longitud predeterminada y una segunda longitud predeterminada del sustrato, respectivamente.

[0013] El dispositivo de enfriamiento según la invención puede comprender una o varias de las siguientes características, tomadas individualmente o según cualquier combinación técnicamente posible:

- la primera unidad de enfriamiento comprende al menos un primer cabezal de enfriamiento, configurado para expulsar el primer chorro de fluido refrigerante, y la segunda unidad de enfriamiento comprende al menos un segundo cabezal de enfriamiento, configurado para expulsar el segundo chorro de fluido refrigerante;
- el primer cabezal de enfriamiento y el segundo cabezal de enfriamiento comprenden cada uno una boquilla de cabezal que comprende una abertura de boquilla para expulsar el primer chorro de fluido refrigerante y el segundo chorro de fluido refrigerante respectivamente;
- cada boquilla de cabezal forma un ángulo predeterminado con la dirección longitudinal, estando comprendido el ángulo predeterminado entre 5° y 25°;
- al menos una de dichas unidades de enfriamiento primera y segunda comprende un dispositivo para detener el flujo de fluido refrigerante, adaptado para evitar cualquier flujo de fluido refrigerante aguas abajo de dicha primera longitud predeterminada y/o dicha segunda longitud predeterminada;
- cada uno de los cabezales de enfriamiento primero y segundo está conectado a un circuito de suministro de fluido refrigerante, alimentándose dicho circuito de suministro de fluido refrigerante con fluido refrigerante con una presión de fluido refrigerante comprendida entre 1 y 2 bares;
- cada circuito de suministro de fluido refrigerante está configurado para que el fluido refrigerante circule en el circuito de suministro de fluido refrigerante a una velocidad de 2 m/s como máximo.

[0014] El objeto de la invención es también una instalación de laminado en caliente que comprende un dispositivo de enfriamiento según la invención.

[0015] El objeto de la invención es también una instalación de tratamiento térmico que comprende un dispositivo de enfriamiento según la invención.

[0016] La invención se entenderá mejor al leer la descripción que sigue, solo dada como un ejemplo y realizada con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

- La figura 1 es una ilustración esquemática de una línea de laminado en caliente que incluye un aparato de enfriamiento según una realización de la invención;
- La figura 2 es una ilustración esquemática de un módulo de enfriamiento del aparato de enfriamiento de la figura 1;
- La figura 3 es una ilustración esquemática parcialmente cortada, vista desde el frente, de un conjunto formado por un cabezal de enfriamiento y un circuito de suministro del módulo de enfriamiento de la figura 2;
- La figura 4 es una vista en sección, a lo largo del plano IV-IV de la figura 3, del conjunto de la figura 3;
- La figura 5 es un gráfico que ilustra el flujo de calor extraído de una placa por el módulo de enfriamiento de las figuras 2 a 4, frente a la temperatura de la superficie de la placa, para diferentes velocidades de expulsión del chorro de fluido refrigerante en la superficie de la placa;
- Las figuras 6 y 7 son vistas esquemáticas que ilustran la influencia del ángulo α formado por los chorros de fluido refrigerante con la dirección de corrida del sustrato sobre el flujo de fluido formado en la superficie del sustrato;
- La figura 8 es un gráfico que ilustra el cambio dependiente del tiempo en la temperatura de las superficies superior e inferior de una placa durante su enfriamiento por un módulo de enfriamiento según las figuras 2 a 4;

- La figura 9 es un gráfico que ilustra el perfil de temperatura de la superficie de una placa en la dirección longitudinal, desde la cabeza hasta la cola de la placa, en la entrada y en la salida de un módulo de enfriamiento de un aparato según las figuras 2 a 4;

5 - La figura 10 es un gráfico que ilustra la planeidad de un sustrato enfriado por un procedimiento según el estado de la técnica;

- La figura 11 es un gráfico que ilustra la planeidad de un sustrato enfriado por un procedimiento según la invención;

- La figura 12 es una ilustración esquemática parcialmente cortada, vista desde el frente, de un conjunto formado por un cabezal de enfriamiento y un circuito de suministro de un módulo de enfriamiento según otra realización;

- La figura 13 es una vista en sección, a lo largo del plano IX-IX de la figura 12, del conjunto de la figura 12.

10

[0017] La figura 1 ilustra un sustrato metálico 1 que, al descargarse de un horno 2 y un laminador 3, se mueve en una dirección de corrida A. Por ejemplo, la dirección de corrida A del sustrato 1 es sustancialmente horizontal.

15

[0018] El sustrato 1 a continuación, pasa a través de un aparato de enfriamiento 4, en el que el sustrato se enfría desde una temperatura inicial, que es, por ejemplo, sustancialmente igual a la temperatura al final del laminado del sustrato, hasta una temperatura final que es, por ejemplo, la temperatura ambiente, es decir, aproximadamente 20 °C.

20

[0019] El sustrato 1 pasa a través del aparato de enfriamiento 4 en la dirección de corrida A a una velocidad de corrida que preferentemente está comprendida entre 0,2 y 4 m/s.

[0020] El sustrato 1 es, por ejemplo, una placa de metal que tiene un espesor comprendido entre 3 y 110 mm.

25

[0021] La temperatura inicial es, por ejemplo, mayor o igual a 600 °C, especialmente mayor o igual a 800 °C, o incluso mayor a 1000 °C.

30

[0022] En el aparato de enfriamiento 4, se expulsa al menos un primer chorro de fluido refrigerante en una primera superficie del sustrato 1, y se expulsa al menos un segundo chorro de fluido refrigerante en una segunda superficie del sustrato 1. El fluido refrigerante es, por ejemplo, agua.

30

[0023] El primer y segundo chorros de fluido refrigerante se expulsan en la dirección de corrida A a una velocidad del fluido refrigerante mayor o igual a 5 m/s, para formar en la primera superficie y en la segunda superficie un primer flujo laminar de fluido refrigerante y un segundo flujo laminar de fluido refrigerante respectivamente.

35

[0024] El primer y segundo chorros de fluido refrigerante se emiten preferentemente con un caudal de fluido refrigerante específico comprendido entre 360 y 2700 l/min/m².

40

[0025] La velocidad de expulsión del primer y segundo chorros de fluido refrigerante es, por ejemplo, menor o igual a 20 m/s, y más preferentemente menor o igual a 12 m/s.

40

[0026] Preferentemente, la velocidad de expulsión del primer chorro de fluido refrigerante y la velocidad de expulsión del segundo chorro de fluido refrigerante son sustancialmente iguales.

45

[0027] La velocidad de expulsión de los chorros de fluido refrigerante se expresa en este caso de manera absoluta, es decir, con respecto a una parte inmóvil del aparato de enfriamiento 4, y no con respecto al sustrato de corrida 1.

50

[0028] Los inventores realmente descubrieron que, si la expulsión del primer y segundo chorros de fluido refrigerante a una velocidad es mayor o igual a 5 m/s, se puede obtener un flujo laminar de fluido refrigerante tanto en la primera como en la segunda superficie, en una longitud de al menos 0,2 m, generalmente de al menos 0,5 m, hasta 1,5 m. En particular, cuando el sustrato 1 discurre en un plano horizontal, se puede obtener un flujo laminar de fluido refrigerante en la primera y segunda superficies en una longitud de al menos 0,2 m, generalmente de al menos 0,5 m, hasta 1,5 m, a pesar de la fuerza de gravedad ejercida sobre el fluido refrigerante que fluye sobre la segunda superficie, que es una superficie inferior.

55

[0029] Preferentemente, el primer chorro de fluido refrigerante y el segundo chorro de fluido refrigerante impactan las superficies primera y segunda respectivamente en líneas de impacto que son simétricas con respecto a un plano medio del sustrato 1, es decir, un plano longitudinal paralelo a las superficies primera y segunda de el sustrato 1 y ubicado a media distancia de estas primera y segunda superficies.

60

[0030] Los flujos laminares de fluido refrigerante primero y segundo son tangenciales al sustrato 1 y se extienden sobre el ancho del sustrato 1. Además, los flujos laminares de fluido refrigerante primero y segundo se extienden cada uno a lo largo de una longitud predeterminada del sustrato 1. En particular, el primer flujo laminar de fluido refrigerante se extiende sobre una primera longitud predeterminada L1 del sustrato 1, y el segundo flujo fluido refrigerante se extiende sobre una segunda longitud predeterminada L2 del sustrato.

65

[0031] La primera longitud predeterminada L1 y la segunda longitud predeterminada L2 son similares. En particular, la diferencia entre la primera longitud predeterminada L1 y la segunda longitud predeterminada L2 es inferior al 10 % de la media de las longitudes predeterminadas primera y segunda.

5

[0032] Esta simetría del primer y segundo chorros de fluido refrigerante, combinada con la velocidad del fluido refrigerante, permite formar flujos de fluido refrigerante en la primera superficie y en la segunda superficie que son sustancialmente simétricos con respecto a un plano medio del sustrato 1, y así obtener un enfriamiento homogéneo del sustrato 1 en su espesor.

10

[0033] Las longitudes predeterminadas primera y segunda L1 y L2 se determinan de modo que el sustrato 1 se enfría desde una primera temperatura hasta una segunda temperatura mediante ebullición nucleada.

[0034] Preferentemente, cada una de las longitudes predeterminadas primera y segunda L1, L2 está comprendida entre 0,2 m y 1,5 m, más preferentemente entre 0,5 m y 1,5 m.

[0035] La ebullición nucleada se debe distinguir de la ebullición de transición y la ebullición de película.

[0036] La ebullición de película generalmente se produce, cuando se enfría un sustrato, a altas temperaturas de este sustrato, es decir, cuando la temperatura de las superficies del sustrato es mayor que un umbral de temperatura superior. La ebullición nucleada se produce a bajas temperaturas del sustrato, es decir, cuando la temperatura de las superficies del sustrato es inferior a un umbral de temperatura inferior. La ebullición de transición se produce a temperaturas intermedias, en particular cuando la temperatura de las superficies del sustrato está comprendida entre los umbrales de temperatura inferior y superior.

25

[0037] En la ebullición de transición, el flujo de calor extraído durante el enfriamiento es una función decreciente de la temperatura. En consecuencia, las áreas con las temperaturas más bajas del sustrato se enfrían más rápidamente que el resto del sustrato. En particular, en la ebullición de transición, las inhomogeneidades en las temperaturas de las dos superficies del sustrato dan como resultado una diferencia en la velocidad de enfriamiento entre las superficies, lo que tiende a mejorar las inhomogeneidades iniciales de la temperatura del sustrato.

30

[0038] Estas inhomogeneidades de temperatura generan, en el sustrato, restricciones internas asimétricas, que a su vez causan deformación del sustrato y defectos de planeidad de las superficies del sustrato.

[0039] Por el contrario, en la ebullición nucleada, el flujo de calor extraído durante el enfriamiento es una función creciente de la temperatura. En consecuencia, las áreas más frías del sustrato se enfrían más lentamente, lo que da como resultado una atenuación de las inhomogeneidades de la temperatura del sustrato.

[0040] Generalmente, el enfriamiento de un sustrato se inicia en la ebullición de transición, lo que tiende a exacerbar las inhomogeneidades de la temperatura del sustrato.

40

[0041] Sin embargo, los inventores han descubierto que al expulsar en cada superficie del sustrato un chorro de fluido refrigerante a una velocidad del fluido refrigerante mayor o igual a 5 m/s, para formar en cada superficie del sustrato un flujo laminar de fluido refrigerante que es tangencial al sustrato y que se extiende sobre una longitud predeterminada, permite enfriar el sustrato en ebullición nucleada desde altas temperaturas, en particular desde temperaturas que pueden ser superiores a 600 °C, e incluso superiores a 800 °C o 1000 °C.

45

[0042] Por lo tanto, el sustrato 1 se enfría exclusivamente en condiciones que tienden a atenuar las inhomogeneidades de temperatura que el sustrato 1 puede presentar antes de su enfriamiento.

50

[0043] El primer y dicho segundo chorros de fluido refrigerante forman durante su expulsión un ángulo predeterminado con la dirección longitudinal, que preferentemente está comprendido entre 5° y 25°. Además, los chorros de fluido refrigerante primero y segundo se expulsan desde una distancia predeterminada desde la primera y segunda superficies, respectivamente, estando comprendida esta distancia predeterminada preferentemente entre 50 y 200 mm.

55

[0044] De hecho, los inventores han descubierto que un ángulo comprendido entre 5° y 25° y/o una distancia predeterminada comprendida entre 50 y 200 mm promueve la formación de un flujo laminar de fluido refrigerante en cada superficie del sustrato y proporciona altas velocidades de enfriamiento. En particular, durante el enfriamiento del sustrato desde la primera temperatura hasta la segunda temperatura, el flujo de calor medio extraído de cada superficie está comprendido, por ejemplo, entre 3 y 7 MW/m².

60

[0045] Especialmente, los inventores han descubierto que un ángulo comprendido entre 5° y 25° permite la formación de un flujo laminar de fluido refrigerante en cada superficie del sustrato y permite enfriar el sustrato en ebullición nucleada desde altas temperaturas. Por el contrario, los inventores han descubierto que si el ángulo con la

65

dirección longitudinal formada por el primer y/o segundo chorros de fluido refrigerante durante su expulsión es superior a 25°, se produce un flujo de retorno de fluido en la dirección opuesta a la dirección de corrida A del sustrato. Este flujo de retorno perturba el flujo de fluido refrigerante, que en consecuencia no es laminar. Como resultado, el sustrato no se enfría por ebullición nucleada.

5

[0046] Por ejemplo, cuando el sustrato tiene un espesor comprendido entre 2 y 9 mm, el sustrato puede enfriarse de 800 °C a 550 °C a una velocidad de enfriamiento mayor o igual a 200 °C/s.

10 **[0047]** Un aparato de enfriamiento 4 según una realización de la invención se ilustra con más detalles en las figuras 2, 3 y 4.

[0048] En el ejemplo ilustrado, el sustrato 1 discurre horizontalmente, de modo que la primera superficie del sustrato 1 es una superficie superior, orientada hacia arriba durante la corrida del sustrato 1, y la segunda superficie del sustrato 1 es una superficie inferior, orientada hacia abajo durante la corrida del sustrato 1, y apoyado en rodillos.

15

[0049] A continuación, las orientaciones seleccionadas son indicativas y se refieren a las figuras. En particular, las expresiones "agua arriba" y "agua abajo" se refieren relativamente a la orientación seleccionada en las figuras. Estas expresiones se usan con respecto al sustrato de corrida 1. Además, los términos de "transversal", "longitudinal" y "vertical" deben entenderse con respecto a la dirección de corrida A del sustrato 1, que es una dirección longitudinal. En particular, el término de "longitudinal" se refiere a una dirección paralela a la dirección de corrida A del sustrato 1, el término de "transversal" se refiere a una dirección ortogonal a la dirección de corrida A del sustrato 1 y contenida en un plano paralelo a la primera y segunda superficies del sustrato 1, y el término de "vertical" se refiere a una dirección ortogonal a la dirección de corrida A del sustrato 1 y ortogonal a la primera y segunda superficies del sustrato 1.

20

[0050] Además, por "longitud" se hará referencia a una dimensión de un objeto en la dirección longitudinal, por "ancho" a una dimensión de un objeto en una dirección transversal y por "altura" a una dimensión de un objeto en una dirección vertical.

25 **[0051]** El aparato 4 ilustrado en la figura 2 comprende al menos un módulo de enfriamiento 5, comprendiendo el módulo de enfriamiento 5 un número predefinido de dispositivos de enfriamiento 8.

[0052] Cada dispositivo de enfriamiento 8 está configurado para permitir discurrir el sustrato 1 en la dirección de corrida A, y para enfriar el sustrato 1, durante esta corrida, desde una primera temperatura hasta una segunda temperatura, en ebullición nucleada.

30

[0053] En particular, como se describe con más detalle en lo sucesivo, cada dispositivo de enfriamiento 8 está configurado para generar un flujo laminar de fluido refrigerante en la primera superficie y en la segunda superficies del sustrato 1, extendiéndose este flujo laminar por todo el ancho del sustrato 1 y sobre una longitud predeterminada L1, L2 del sustrato 1, a lo largo de la dirección de corrida A del sustrato 1.

35

[0054] Para esta finalidad, cada dispositivo de enfriamiento 8 está configurado para expulsar un primer chorro de fluido refrigerante sobre la primera superficie del sustrato 1 y un segundo chorro de fluido refrigerante sobre la segunda superficie del sustrato 1, siendo la velocidad de expulsión del primer y segundo chorros de fluido refrigerante mayor o igual a 5 m/s.

40

[0055] En el ejemplo ilustrado, el módulo de enfriamiento 5 comprende dos dispositivos de enfriamiento 8 que se suceden en la dirección de corrida A del sustrato 1.

45 **[0056]** Por lo tanto, un primer dispositivo 8 está destinado a enfriar el sustrato 1 desde una primera temperatura hasta una segunda temperatura, y un segundo dispositivo 8, colocado aguas abajo del primer dispositivo 8 en la dirección de corrida del sustrato 1, está destinado a enfriar el sustrato 1 desde la segunda temperatura hasta una tercera temperatura.

50

55 **[0057]** Cada dispositivo de enfriamiento 8 comprende una primera unidad 9 y una segunda unidad 10.

[0058] La primera unidad 9, que está destinada a colocarse delante de la primera superficie del sustrato 1 durante su enfriamiento, en este ejemplo por encima del sustrato, está configurada para generar un flujo laminar de fluido refrigerante en la primera superficie del sustrato 1, extendiéndose este flujo laminar por todo el ancho del sustrato 1 y sobre la primera longitud predeterminada L1 del sustrato 1.

60

[0059] La segunda unidad 10, que está destinada a colocarse delante de la segunda superficie del sustrato 1 durante su enfriamiento, en este ejemplo debajo del sustrato, está configurada para asegurar la corrida del sustrato 1 y para generar un flujo laminar de fluido refrigerante en la segunda superficie del sustrato 1, extendiéndose este flujo laminar por todo el ancho del sustrato 1 y sobre la segunda longitud predeterminada L2 del sustrato 1.

65

- [0060]** Para esta finalidad, la primera unidad 9 comprende un primer cabezal de enfriamiento 11, un circuito 13 para el suministro de fluido refrigerante del primer cabezal de enfriamiento 11, ilustrado esquemáticamente en la figura 2 y con más detalle en las figuras 3 y 4 y un dispositivo 15 para detener el flujo de fluido refrigerante, adaptado para detener el flujo de fluido refrigerante generado por el primer cabezal de enfriamiento 11 y evitar así que este flujo de fluido refrigerante se extienda sobre una longitud del sustrato 1 mayor que la longitud predeterminada.
- [0061]** La segunda unidad 10 del dispositivo de enfriamiento 8 comprende, de manera similar a la primera unidad 9, un segundo cabezal de enfriamiento 17 y un circuito 19 para suministrar fluido refrigerante al segundo cabezal de enfriamiento 17. La segunda unidad 10 comprende además un segundo rodillo 20 configurado para asegurar la corrida del sustrato 1.
- [0062]** El primer cabezal de enfriamiento 11 y el segundo cabezal de enfriamiento 17 son sustancialmente simétricos con respecto al plano medio del sustrato 1 durante la aplicación del procedimiento de enfriamiento.
- [0063]** Además, los circuitos de suministro 13 y 19 son sustancialmente simétricos con respecto al plano medio del sustrato 1 durante la aplicación del procedimiento de enfriamiento.
- [0064]** Posteriormente, el primer cabezal de enfriamiento 11 y el circuito de suministro 13 se describirán con referencia a las figuras 3 y 4, considerando que esta descripción es aplicable, por simetría, al segundo cabezal de enfriamiento 17 y al circuito de suministro 19.
- [0065]** Preferentemente, el primer dispositivo 8 del módulo de enfriamiento 5 comprende, además de la primera 9 y segunda 10 unidades, dos rodillos aguas arriba, que incluyen un primer rodillo aguas arriba 23 y un segundo rodillo aguas arriba 21. Los rodillos aguas arriba 21 y 23 están posicionados aguas arriba de la primera 9 y segunda 10 unidades del primer dispositivo 8, con respecto a la dirección de corrida del sustrato 1.
- [0066]** El segundo rodillo aguas arriba 21 está destinado a asegurar la corrida del sustrato 1.
- [0067]** El primer rodillo aguas arriba 23 tiene una forma cilíndrica general, y se extiende transversalmente por todo el ancho del sustrato 1.
- [0068]** El primer rodillo aguas arriba 23 está configurado para entrar en contacto con la primera superficie de corrida del sustrato 1, para evitar el flujo de fluido refrigerante desde el módulo de enfriamiento 5 hacia el lado aguas arriba del sustrato 1. El primer rodillo aguas arriba 23 además es un dispositivo de seguridad destinado a evitar el posible contacto entre el sustrato 1 y el primer cabezal de enfriamiento 11.
- [0069]** Además, el último dispositivo del módulo de enfriamiento 5, que en el ejemplo descrito es el segundo dispositivo 8, comprende un dispositivo adicional 25 para detener el flujo de fluido refrigerante, adaptado para evitar cualquier flujo de fluido refrigerante aguas abajo del módulo de enfriamiento 5.
- [0070]** Cada dispositivo 8 comprende además un deflector superior 27 y un deflector inferior 28, que están configurados para canalizar y controlar la escorrentía del fluido refrigerante aguas abajo del dispositivo 8. En particular, el deflector superior 27 evita que el fluido refrigerante de corrida, detenido por el dispositivo 15, fluya de regreso al sustrato 1.
- [0071]** El primer cabezal de enfriamiento 11 y el circuito de suministro asociado 13 se ilustran esquemáticamente en las figuras 3 y 4.
- [0072]** La figura 3 es una vista frontal, a lo largo de una dirección opuesta a la dirección de corrida A, parcialmente cortada, del conjunto formado por el primer cabezal de enfriamiento 11 y el circuito de suministro 13, y la figura 4 es una vista en sección, a lo largo del plano IV-IV de la figura 3, del conjunto ilustrado en la figura 3.
- [0073]** El primer cabezal de enfriamiento 11 se suministra con fluido refrigerante presurizado a través del circuito de suministro 13, y está configurado para expulsar al menos un primer chorro de fluido refrigerante en la primera superficie del sustrato 1. Este chorro de fluido refrigerante es preferentemente un chorro continuo que se extiende transversalmente por todo el ancho del sustrato 1.
- [0074]** El primer cabezal de enfriamiento 11 comprende una boquilla de cabezal 33 y un canal 35.
- [0075]** La boquilla de cabezal 33 se extiende en una dirección transversal con respecto al sustrato de corrida 1, sobre un ancho mayor o igual que el ancho del sustrato 1 a enfriar.
- [0076]** La boquilla de cabezal 33 está provista de un orificio pasante que forma un conducto 37 para transportar fluido refrigerante. El conducto 37 se extiende transversalmente sobre un ancho mayor o igual que el del sustrato 1 a

enfriar, y se extiende en un plano longitudinal vertical entre un extremo aguas arriba, conectado al canal 35, y un extremo aguas abajo. El extremo aguas abajo forma una abertura, a través de la cual el fluido refrigerante, inyectado por el circuito de suministro 13 y que cruza el canal 35 y a continuación, el conducto 37, se expulsa como un chorro de fluido refrigerante sobre el sustrato 1.

5

[0077] La abertura forma una ranura o abertura continua 39 que se extiende en una dirección transversal con respecto al sustrato de corrida 1. La abertura 39 tiene un ancho mayor o igual que el del sustrato 1 a enfriar.

[0078] Preferentemente, el conducto 37 tiene una sección decreciente desde el lado aguas arriba al lado aguas abajo del conducto 37, lo que permite la formación en la salida de la abertura 39, de un chorro de fluido refrigerante expulsado a una velocidad de al menos 5 m/s, desde una velocidad inicial del fluido refrigerante, en el circuito de suministro 13, de menos de 2 m/s. De hecho, como se describe en lo sucesivo, la circulación del fluido refrigerante en el circuito de suministro 13 a una velocidad de menos de 2 m/s permite minimizar las pérdidas de presión en este circuito de suministro 13 y así reducir la presión requerida para suministrar el circuito 13.

15

[0079] Preferentemente, el extremo aguas abajo del conducto 37 forma un ángulo α con la dirección de corrida A que está comprendido entre 5° y 25° , especialmente entre 10° y 20° . Por lo tanto, durante la expulsión de un chorro de fluido refrigerante por el primer cabezal de enfriamiento 11, este chorro de fluido refrigerante forma con la dirección de corrida A un ángulo α comprendido entre 5° y 25° , especialmente entre 10° y 20° .

20

[0080] Dicho ángulo α permite obtener un flujo laminar de fluido refrigerante sobre el sustrato 1 y contribuye a alcanzar una velocidad de enfriamiento rápida del sustrato 1. De hecho, como se explicó anteriormente, un ángulo α superior a 25° produciría un flujo de retorno de fluido en la dirección opuesta a la dirección de corrida A del sustrato. Este flujo de retorno perturbaría el flujo de fluido refrigerante que, como resultado, no sería laminar.

25

[0081] Además, el primer cabezal de enfriamiento 11 está configurado para colocarse por encima del sustrato de corrida 1 de modo que al enfriar el sustrato 1, la abertura 39 se coloca a una distancia predeterminada H de la primera superficie del sustrato 1.

30 **[0082]**

La distancia H está comprendida preferentemente entre 50 y 200 mm.

[0083] Debido al posicionamiento de la abertura 39 a una distancia predeterminada H de la superficie del sustrato 1, se puede controlar la velocidad del chorro de fluido refrigerante tras su impacto con el sustrato 1. En particular, el flujo de fluido refrigerante en la superficie del sustrato 1 permanece laminar, y este flujo de fluido refrigerante tiene una velocidad suficiente sobre la longitud predeterminada L para obtener un enfriamiento rápido del sustrato 1.

35

[0084] El canal 35 está configurado para transportar fluido refrigerante proporcionado por el circuito de suministro 13 hasta la boquilla de cabezal 33.

40

[0085] El canal 35 se extiende en una dirección transversal sobre un ancho sustancialmente igual que el de la abertura 39, y se extiende en una dirección sustancialmente vertical entre un extremo aguas arriba, destinado a ser conectado al circuito de suministro 13, y un extremo aguas abajo, conectado al extremo aguas arriba del conducto 37. Por lo tanto, el canal 35 extiende el conducto 37 en una dirección sustancialmente vertical.

45

[0086] El canal 35 está delimitado por dos paredes transversales sustancialmente verticales 35a, 35b.

[0087] Preferentemente, el canal 35 tiene una sección sustancialmente constante entre su extremo aguas arriba y su extremo aguas abajo. En particular, ambas paredes transversales 35a, 35b del canal 35 son paralelas.

50

[0088] El circuito de suministro 13 está destinado a transportar un flujo de fluido refrigerante recibido desde una red de distribución de fluido refrigerante hasta el primer cabezal de enfriamiento 11.

[0089] El circuito de suministro 13 comprende, desde aguas abajo hasta aguas arriba, un conducto de suministro 43 del cabezal de enfriamiento 11, un conducto de distribución 45 y un conducto principal 47 para proporcionar fluido refrigerante. Por lo tanto, un flujo de fluido refrigerante recibido de la red de distribución de fluido refrigerante es transportado por el conducto principal 47, y a continuación, por el conducto de distribución 45, y a continuación, por el conducto de suministro 43, hasta el cabezal de enfriamiento 11, en particular hasta el canal 35.

60 **[0090]**

El conducto de suministro 43 está destinado a suministrar fluido refrigerante al canal 35.

[0091] El conducto de suministro 43 se extiende transversalmente sobre un ancho sustancialmente igual que el del canal 35. El conducto de suministro 43 tiene una forma cilíndrica general, y comprende una pared lateral sustancialmente cilíndrica y dos paredes extremas. Por lo tanto, ambos extremos del conducto de suministro 43 están cerrados.

65

- [0092]** El conducto de suministro 43 comprende en su pared lateral, una abertura sustancialmente circular que permite el paso del conducto principal 47, como se describe en lo sucesivo.
- 5 **[0093]** El conducto de suministro 43 comprende además en su pared lateral, una abertura transversal 51 conectada al extremo aguas arriba del canal 35. La abertura 51 se extiende transversalmente por sustancialmente todo el ancho del conducto de suministro 43.
- [0094]** Preferentemente, la abertura 51 se define entre un primer borde transversal del conducto de suministro 10 43, conectado al borde superior de una primera pared 35a del canal 35, y un segundo borde transversal, conectado a la segunda pared 35b del canal 35, a una distancia del borde superior de esta segunda pared 35b.
- [0095]** El conducto de distribución 45 está destinado a distribuir por todo el ancho del conducto de suministro 15 43 un flujo de fluido refrigerante proporcionado por el conducto principal 47 para proporcionar fluido refrigerante.
- [0096]** El conducto de distribución 45 se extiende transversalmente sobre un ancho sustancialmente igual que el del canal 35 y al del conducto de suministro 43, dentro del conducto de suministro 43.
- [0097]** El conducto de distribución 45 tiene una forma cilíndrica general y comprende una pared lateral 20 sustancialmente cilíndrica y dos paredes extremas. Por lo tanto, ambos extremos del conducto de distribución 45 están cerrados.
- [0098]** La pared lateral del conducto de distribución 45 define con la pared lateral del conducto de suministro 25 43 un espacio 53 para la circulación del fluido refrigerante dentro del conducto de suministro 43. El espacio 53 generalmente tiene forma de anillo.
- [0099]** El conducto de distribución 45 comprende en su pared lateral, una abertura sustancialmente circular 55 que permite la conexión con el conducto principal 47, como se describe en lo sucesivo. La abertura 55 está alineada con la abertura correspondiente realizada en la pared lateral del conducto de suministro 43.
- 30 **[0100]** Preferentemente, estas aberturas se colocan a media distancia de los extremos de los conductos 33 y 35.
- [0101]** La pared lateral del conducto de distribución 45 está provista además de una pluralidad de orificios 57 35 destinados a permitir la distribución del fluido refrigerante comprendido en el conducto de distribución 45 en el espacio 53 del conducto de suministro 43.
- [0102]** Los orificios 57 están, por ejemplo, alineados en una dirección transversal, y se extienden por todo el 40 ancho del conducto de distribución 45.
- [0103]** Los orificios 57 son, por ejemplo, equidistantes.
- [0104]** Los orificios 57 permiten así asegurar la distribución del fluido refrigerante desde la distribución 45 al 45 conducto de suministro 43 que es uniforme a lo largo de la dirección transversal.
- [0105]** Preferentemente, como se ilustra en la figura 4, la pared lateral del conducto de distribución 45 está unida con el borde superior de la segunda pared 35b del canal 35, y los orificios 57 están posicionados en una porción inferior del conducto de distribución 45, frente a la segunda pared 35b del canal 35.
- [0106]** De esta manera, el espacio 53 del conducto de suministro 43 forma un canal unidireccional para 50 transportar fluido refrigerante desde los orificios 57 hasta el canal 35.
- [0107]** Dicha disposición asegura una distribución uniforme del fluido refrigerante en todo el espacio 53 del conducto 43 a lo largo de la dirección transversal, y permite minimizar las caídas de presión dentro del conducto 43.
- 55 **[0108]** El conducto principal 47 para proporcionar fluido refrigerante está configurado para conectarse a la red de distribución de fluido refrigerante y para transportar fluido refrigerante proporcionado por esta red hasta el conducto de distribución 45.
- [0109]** El conducto principal 47 se extiende así entre un extremo aguas arriba, destinado a conectarse a la red 60 de distribución de fluido refrigerante, y un extremo aguas abajo, conectado al conducto de distribución 45.
- [0110]** En particular, el extremo aguas abajo del conducto principal 47 está conectado a la abertura 55 del conducto de distribución 45, a través de la abertura correspondiente del conducto de suministro 43.
- 65 **[0111]** El conducto principal 47 comprende una primera porción 47a con una forma cilíndrica que se extiende

en una dirección transversal y una segunda porción doblada 47b con una sección circular, que conecta la primera porción a la abertura 55 del conducto de distribución 45.

5 **[0112]** Los bordes de la abertura 49 están unidos de forma estanca con el conducto principal 47, para evitar cualquier fuga de fluido refrigerante fuera del conducto de suministro 43 a través de la abertura 49.

10 **[0113]** Diseñado de esta manera, el circuito de suministro 13 puede transferir un flujo de fluido refrigerante provisto a una presión menor o igual a 2 bares por la red de distribución de fluido refrigerante hasta el primer cabezal de enfriamiento 11 para obtener, en la salida del primer cabezal de enfriamiento 11, un chorro de fluido refrigerante expulsado a una velocidad de más de 5 m/s, con un caudal superficial comprendido entre 360 y 2.700 l/min/m².

15 **[0114]** En particular, el circuito de suministro 13 minimiza las caídas de presión, lo que permite obtener dicha velocidad de expulsión a partir de una presión relativamente baja. En particular, debido a la configuración del circuito de suministro 13 descrito anteriormente, se mantiene una velocidad de circulación del fluido refrigerante de menos de 2 m/s en este circuito 13, lo que permite minimizar las caídas de presión.

20 **[0115]** El uso de una presión baja, menor o igual a 2 bares, y por ejemplo, superior a 1 bar, minimiza el consumo de energía del aparato de enfriamiento 1, en particular reduce en un factor de aproximadamente 5 el consumo eléctrico requerido para el suministro de fluido refrigerante en comparación con un aparato en el que la presión de la red de distribución de fluido refrigerante sería igual a 4 bares.

25 **[0116]** El dispositivo 15 para detener el flujo de fluido refrigerante está adaptado para detener el flujo de fluido refrigerante generado por el primer cabezal de enfriamiento 11 y así evitar que este flujo de fluido refrigerante se extienda sobre una longitud del sustrato 1 mayor que la longitud predeterminada L.

30 **[0117]** El dispositivo 15 para detener el flujo de fluido refrigerante se coloca aguas abajo del primer cabezal de enfriamiento 11 en la dirección de corrida del sustrato 1. El dispositivo 15 para detener el flujo de fluido refrigerante comprende, por ejemplo, un primer rodillo 61 configurado para entrar en contacto con la primera superficie del sustrato de corrida 1, para evitar un flujo de fluido refrigerante desde el primer cabezal de enfriamiento 11 más allá del primer rodillo 61 en la dirección de corrida del sustrato 1.

[0118] El primer rodillo 61 tiene una forma cilíndrica general, y se extiende transversalmente por todo el ancho del sustrato 1.

35 **[0119]** El primer rodillo 61 se coloca aguas abajo del primer cabezal de enfriamiento 11 de modo que la distancia entre el área de impacto del chorro de fluido refrigerante expulsado por el primer cabezal de enfriamiento 11 en la primera superficie del sustrato 1 y el área de contacto del primer rodillo r 61 en la primera superficie del sustrato 1 es igual a la distancia predeterminada L.

40 **[0120]** El segundo rodillo 20 está posicionado preferentemente simétricamente al primer rodillo 61 con respecto al plano medio del sustrato de corrida 1.

45 **[0121]** El dispositivo adicional 25 para detener el flujo de fluido refrigerante, que en el ejemplo descrito se coloca aguas abajo de la primera unidad 9 del segundo dispositivo 8, está destinado a evitar cualquier flujo de fluido refrigerante aguas abajo del módulo de enfriamiento 5, más allá de la longitud predeterminada L1.

[0122] Este dispositivo de detención adicional 25 se coloca aguas abajo del primer rodillo 61.

50 **[0123]** El dispositivo 25 comprende, por ejemplo, una boquilla configurada para enviar un chorro de fluido refrigerante presurizado sobre el sustrato 1 en una dirección ortogonal al sustrato u opuesta a la dirección de corrida A del sustrato 1. Por ejemplo, el ángulo formado entre la dirección de corrida A del sustrato y este chorro de fluido refrigerante presurizado está comprendido entre 60° y 90°.

55 **[0124]** En funcionamiento, los rodillos 3, 21 y 19 ponen en marcha un sustrato 1 en la dirección de corrida A, a una velocidad de corrida comprendida preferentemente entre 0,5 m/s y 2,5 m/s.

[0125] Durante esta corrida, el sustrato 1 circula en el módulo de enfriamiento 5, en particular en cada uno de los dispositivos de enfriamiento 8.

60 **[0126]** La temperatura inicial del sustrato 1 durante su entrada en el módulo de enfriamiento 5 es superior a 600 °C, especialmente superior a 800 °C. Por ejemplo, la temperatura inicial del sustrato 1 tras su entrada en el módulo de enfriamiento 5 es superior a 900 °C.

65 **[0127]** Durante la corrida del sustrato 1 en cada uno de los dispositivos 8, el primer cabezal de enfriamiento 11 expulsa un primer chorro de fluido refrigerante en la primera superficie del sustrato 1 y el segundo cabezal de

enfriamiento 17 expulsa un segundo chorro de fluido refrigerante en la segunda superficie del sustrato 1.

[0128] Para esta finalidad, la red de distribución de fluido refrigerante suministra cada uno de los circuitos de suministro de fluido refrigerante 13 y 19, bajo una presión de menos de 2 bares, y preferentemente por encima de 1 bar.

[0129] El flujo de fluido refrigerante circula en cada uno de los circuitos 13 y 19 en el conducto principal 47 para proporcionar fluido refrigerante, y a continuación, en el conducto de distribución 45, y a continuación, a través de los orificios 57, en el conducto de suministro 43, por todo el ancho de este conducto 43.

[0130] El flujo de fluido refrigerante circula en cada uno de los circuitos 13 y 19 a una velocidad menor o igual a 2 m/s.

[0131] El flujo de fluido refrigerante circula a continuación, en el canal 35 de cada uno del primer 17 y segundo 11 cabezales, y a continuación, en el conducto 37 de la boquilla de cabezal 33.

[0132] El fluido refrigerante, para el cual la temperatura es preferentemente inferior a 30 °C, se expulsa a continuación, como primer y segundo chorros de fluido refrigerante a través de las aberturas 39 del primer 11 y segundo 17 cabezales.

[0133] El primer y segundo chorros de fluido refrigerante se expulsan en la dirección de corrida A del sustrato 1 a una velocidad de expulsión mayor o igual a 5 m/s, y preferentemente menor a 12 m/s, formando en cada una de las primeras y superficies inferiores del sustrato 1 un flujo laminar de fluido refrigerante sustancialmente paralelo al sustrato 1.

[0134] Este flujo de fluido refrigerante se extiende por todo el ancho del sustrato 1, sobre la primera longitud predeterminada L1 en la primera superficie del sustrato 1, y sobre la segunda longitud predeterminada L2 en la segunda superficie del sustrato 1.

[0135] Por lo tanto, el sustrato 1 se enfría desde una primera temperatura hasta una segunda temperatura en ebullición nucleada.

[0136] La primera temperatura corresponde a la temperatura del sustrato 1 en el área de impacto del primer y segundo chorros de fluido refrigerante, y la segunda temperatura corresponde a la temperatura del sustrato 1 en el dispositivo de detención 15.

[0137] En particular, la temperatura del sustrato 1 en la entrada del primer dispositivo de enfriamiento 8 es igual a la temperatura inicial del sustrato 1 en la entrada del módulo de enfriamiento 5. Por lo tanto, durante su paso en el primer dispositivo de enfriamiento 8, el sustrato 1 se enfría desde una temperatura superior a 600 °C, especialmente superior a 800 °C, por ejemplo, superior a 900 °C, en condiciones de ebullición nucleada.

[0138] El dispositivo y el procedimiento de enfriamiento según la invención permiten así enfriar efectivamente, de manera controlada, un sustrato, sin inducir ninguna inhomogeneidad de temperatura dentro del sustrato, en particular entre la primera superficie y la segunda superficie del sustrato.

[0139] Los inventores han estudiado, a partir del aparato de las figuras 2 a 4, el efecto de la velocidad de expulsión del fluido refrigerante sobre el flujo de calor extraído del sustrato 1 por los flujos de fluido refrigerante en la primera y segunda superficies del sustrato, dependiendo de la temperatura del sustrato 1. Este efecto se ilustra en la figura 5.

[0140] En esta figura 5, se observa que cuando la velocidad de expulsión del fluido refrigerante es inferior a 5 m/s, por ejemplo, igual a 2,8 m/s (curva A), el sustrato 1 se enfría en ebullición nucleada solo cuando la temperatura del sustrato 1 está por debajo de 370 °C.

[0141] En estas condiciones, cuanto menor es la temperatura del sustrato 1 o del área del sustrato enfriado 1, menor es el flujo de calor extraído. En dichas condiciones, las áreas más frías del sustrato 1 se enfrían más lentamente, lo que ofrece la posibilidad de atenuar las posibles inhomogeneidades de temperatura del sustrato 1.

[0142] Sin embargo, cuando la velocidad de expulsión del fluido de enfriamiento es igual a 2,8 m/s, las condiciones de ebullición nucleada solo se alcanzan cuando la temperatura del sustrato 1 es inferior a 370 °C y, por lo tanto, no se obtiene desde el comienzo del enfriamiento del sustrato 1 después de laminado en caliente o un tratamiento térmico.

[0143] De hecho, cuando la temperatura del sustrato 1 está comprendida entre aproximadamente 370 °C y 800 °C, el sustrato 1 se enfría en ebullición de transición. En estas condiciones, cuanto menor es la temperatura del

sustrato 1 o del área del sustrato enfriado 1, mayor es el flujo de calor extraído. En dichas condiciones, las áreas más frías del sustrato 1 se enfrían más rápidamente, lo que tiende a mejorar las posibles inhomogeneidades de temperatura del sustrato 1.

5 **[0144]** Cuando la temperatura del sustrato 1 es superior a aproximadamente 800 °C, el sustrato 1 se enfría en ebullición de película. En estas condiciones, el flujo de calor extraído es sustancialmente invariable con la temperatura, pero permanece menos que el flujo de calor que puede extraerse en ebullición nucleada, por ejemplo, a 400 °C.

10 **[0145]** Por lo tanto, se observa que cuando la velocidad de expulsión del fluido de enfriamiento es inferior a 5 m/s, por ejemplo, cuando esta velocidad es igual a 2,8 m/s, las condiciones de enfriamiento que se obtienen al comienzo del enfriamiento, desde una temperatura inicial de más de 600 °C, o incluso más de 800 °C o incluso 900 °C, son las condiciones de ebullición de transición, o las condiciones de ebullición de la película, que a continuación, son seguidas por las condiciones de ebullición de transición.

15 **[0146]** En ambos casos, el sustrato 1 se enfría desde su temperatura inicial hasta una temperatura final al menos en parte en ebullición de transición, lo que tiende a exacerbar las inhomogeneidades de la temperatura.

20 **[0147]** Cuando la velocidad de expulsión del fluido refrigerante hacia la primera y segunda superficies del sustrato 1 aumenta, por ejemplo, cuando es igual a 4 m/s (curva B), se observa que las condiciones de ebullición nucleada se obtienen hasta una mayor temperatura (aproximadamente 400 °C).

[0148] Además, en la ebullición de transición, la variación del flujo de calor extraído con la temperatura, es decir, la pendiente de la curva representativa del flujo de calor extraído frente a la temperatura, disminuye en valor absoluto.

25 **[0149]** En otras palabras, cuando la velocidad de expulsión del fluido refrigerante es igual a 4 m/s, un enfriamiento en condiciones de ebullición de transición exacerba en menor medida las inhomogeneidades de temperatura del sustrato 1 que cuando la velocidad de expulsión del fluido refrigerante es igual a 2,8 m/s.

30 **[0150]** Cuando la velocidad de expulsión del fluido refrigerante aumenta aún más y llega a ser superior a 5 m/s, especialmente igual a 6 m/s (curva C) y 7,4 m/s (curva D), el flujo de calor extraído del sustrato 1 es una función creciente de la temperatura del sustrato 1 en un intervalo de temperatura que se extiende hasta temperaturas que alcanzan o incluso superan los 900°.

35 **[0151]** Por lo tanto, el sustrato 1 puede enfriarse desde una temperatura superior a 900 °C hasta la temperatura ambiente exclusivamente en ebullición nucleada.

40 **[0152]** La figura 5 por lo tanto, muestra que cuando la velocidad de expulsión del primer y segundo chorros de fluido refrigerante es mayor o igual a 5 m/s, el sustrato 1 puede enfriarse exclusivamente en ebullición nucleada, desde una temperatura inicial superior a 600 °C, o incluso superior a 800 °C, o incluso superior a 900 °C.

[0153] Por lo tanto, el sustrato 1 puede enfriarse exclusivamente en condiciones que tienden a atenuar las inhomogeneidades de temperatura que el sustrato 1 puede incluir antes de su enfriamiento.

45 **[0154]** Se observa aún más en la figura 5 que el flujo de calor extraído del sustrato 1, al menos en un intervalo de temperatura entre 400 °C y 1.000 °C, es mucho mayor ya que la velocidad de expulsión de los chorros de fluido refrigerante es alta.

50 **[0155]** La figura 5 muestra así que la expulsión del primer y segundo chorros de fluido refrigerante a una velocidad mayor o igual a 5 m/s permite obtener un enfriamiento efectivo del sustrato 1.

[0156] Además, los inventores estudiaron los efectos de la distancia H entre la abertura 39 y la superficie del sustrato 1, y del ángulo α formado por el primer chorro de fluido refrigerante o inferior, durante su expulsión, con la dirección de corrida A, en la velocidad de enfriamiento del sustrato 1, para un sustrato 1.

55 **[0157]** Estos efectos se ilustran en las tablas 1 y 2 a continuación, respectivamente, y en las figuras 6 y 7.

60 **[0158]** En la tabla 1 se presenta la velocidad de enfriamiento relativa obtenida con diferentes distancias H. Las velocidades de enfriamiento relativas se calculan en la tabla 1 como la relación de la velocidad de enfriamiento obtenida con la distancia H a la velocidad de enfriamiento obtenida con una distancia H = 60 mm.

Tabla 1: efecto de la distancia H en la velocidad de enfriamiento

Distancia H (mm)	Velocidad de enfriamiento relativa
60	1
100	0,92
200	0,98

[0159] En la tabla 2 se presenta la velocidad de enfriamiento relativa obtenida con diferentes ángulos α . Las velocidades de enfriamiento relativas se calculan en la tabla 2 como la relación de la velocidad de enfriamiento obtenida con el ángulo α a la velocidad de enfriamiento obtenida con un ángulo $\alpha = 10^\circ$.

Tabla 2: efecto del ángulo α en la velocidad de enfriamiento

Ángulo α ($^\circ$)	Velocidad de enfriamiento relativa
10	1
19	1,1
25	0,98

10 **[0160]** Las figuras 6 y 7 ilustran el flujo de fluido en un sustrato 1 para dos ángulos diferentes α . En las figuras 6 y 7, solo se muestran la primera superficie del sustrato 1 y el chorro y el flujo del fluido refrigerante.

[0161] En la figura 6, el ángulo α formado por el chorro de fluido refrigerante con la dirección longitudinal A es de aproximadamente 35° , es decir, superior a 25° . Como se muestra en la figura 6, debido a este ángulo, parte del fluido refrigerante refluye B opuesto a la dirección

de corrida A y, como resultado, el flujo del fluido refrigerante de la superficie del sustrato se altera y no es laminar, de modo que el sustrato no se enfría exclusivamente por ebullición nucleada, sino que se enfría, al menos parcialmente, por ebullición de transición.

20

[0162] Por el contrario, en la figura 7, el ángulo α formado por el chorro de fluido refrigerante con la dirección longitudinal A es de 25° . Con este ángulo, el fluido refrigerante no fluye en sentido opuesto a la dirección de corrida A. Más bien, el fluido refrigerante fluye a lo largo de la dirección de corrida A es laminar, de modo que el sustrato se enfría exclusivamente por ebullición nucleada.

25

[0163] Además, se realizaron pruebas para estudiar la influencia del caudal superficial del fluido refrigerante sobre la velocidad de enfriamiento, y para comparar las velocidades de enfriamiento obtenidas con la velocidad de enfriamiento obtenida por un procedimiento según el estado de la técnica, con un caudal superficial igual.

30 **[0164]** La tabla 3 ilustra así la velocidad de enfriamiento, en $^\circ\text{C}/\text{s}$, obtenida por el procedimiento según la invención, entre 800°C y 550°C , frente al espesor del sustrato enfriado 1, para un caudal superficial de 3.360 l/s/m^2 y para un caudal superficial de 1020 l/s/m^2 .

35 **[0165]** Estos rendimientos se comparan con los obtenidos mediante un procedimiento estándar de la técnica anterior, en el que los chorros de fluido refrigerante se expulsan ortogonalmente a la superficie del sustrato 1, para caudales superficiales de fluido refrigerante de 3360 l/s/m^2 y 1020 l/s/m^2 .

Espesor (nm)	Caudal de superficie (l/s/m^2)			
	1020 (invención)	3360 (invención)	1020 (técnica anterior)	3360 (técnica anterior)
5	240	380	50	190
10	140	180	25	80

(continuación)

Espesor (nm)	Caudal de superficie (l/s/m ²)			
	1020 (invención)	3360 (invención)	1020 (técnica anterior)	3360 (técnica anterior)
30	40	45	10	25
60	18	20	5	10
80	10	10	3	5

Tabla 3: velocidades de enfriamiento entre 800 °C y 550 °C en función del espesor del sustrato y el caudal superficial con un procedimiento según la invención y un procedimiento según la técnica anterior

5

[0166] La tabla 3 muestra que las velocidades de enfriamiento del sustrato 1 obtenidas por medio del procedimiento según la invención para el caudal superficial más pequeño (1.020 l/s/m²) son mayores que las velocidades de enfriamiento del sustrato 1 obtenidas por medio del procedimiento estándar, en particular a las velocidades obtenidas para el mayor caudal superficial (3.360 l/s/m²).

10

[0167] Por lo tanto, estas pruebas muestran que el procedimiento según la invención ofrece la posibilidad de obtener un enfriamiento particularmente efectivo del sustrato 1, sin que, sin embargo, se requiera una mayor velocidad de flujo del fluido refrigerante que los procedimientos existentes.

15 **[0168]**

Los inventores también estudiaron el perfil de enfriamiento de la primera y segunda superficies de un sustrato 1 con un espesor de 30 mm, desde una temperatura inicial de aproximadamente 1.150 °C, hasta la temperatura ambiente.

20 **[0169]**

La figura 8 ilustra así el cambio dependiente del tiempo de la temperatura de las superficies primera (curva I) y segunda (curva J) del sustrato 1, que son superficies superior e inferior, frente al tiempo. Esta figura muestra que los perfiles de enfriamiento de la primera superficie y de la segunda superficie del sustrato 1 son similares.

25 **[0170]**

En particular, la expulsión de los chorros de fluido refrigerante en la superficie segunda, en este ejemplo inferior, a una velocidad de expulsión mayor o igual a 5 m/s ofrece la posibilidad de asegurar que el flujo de fluido refrigerante formado en la superficie inferior del sustrato 1 permanezca en contacto con la superficie inferior del sustrato 1 a lo largo de la longitud L2, lo que ofrece la posibilidad de obtener un enfriamiento simétrico de las superficies superior e inferior del sustrato 1, por lo tanto un enfriamiento homogéneo del sustrato 1 en su espesor.

30 **[0171]**

Esta figura también muestra que el enfriamiento del sustrato 1 es muy rápido, enfriándose la superficie superior y la superficie inferior de 1.150° a una temperatura de menos de 200 °C en menos de 50 s.

[0172]

La figura 9 ilustra la distribución de temperatura sobre la superficie del sustrato 1 en una dirección longitudinal en la entrada de un módulo de enfriamiento 5 como se ilustra en las figuras 2 y 4 (curva K) y en la salida (curva L) de este módulo 5.

35

[0173]

La abscisa de estas curvas representa la posición estandarizada del punto de medición sobre el sustrato 1 en la dirección longitudinal.

40 **[0174]**

Se observa así que el sustrato 1 tiene, antes de su entrada en el módulo de enfriamiento 5, una inhomogeneidad de temperatura en la dirección longitudinal, entre la cabeza y la cola del sustrato 1, y que esta inhomogeneidad está fuertemente atenuada en la salida del módulo 5.

45 **[0175]**

La figura 9 ilustra así el hecho de que el sustrato 1 es enfriado por el módulo 5 exclusivamente en condiciones de ebullición nucleada, lo que permite la atenuación de las inhomogeneidades de temperatura inicialmente presentes entre la cabeza y la cola del sustrato 1.

[0176]

El procedimiento según la invención en consecuencia permite obtener un sustrato 1 que tiene muy buenas cualidades de planeidad.

[0177]

Como ejemplo y comparación, las figuras 10 y 11 ilustran el perfil de la superficie de dos sustratos, sobre

el ancho del sustrato, enfriado por un procedimiento de enfriamiento según el estado de la técnica (figura 10) o según la invención (figura 11).

5 **[0178]** En las figuras 10 y 11, el eje x representa la posición de los puntos de medición sobre el ancho del sustrato, y el eje y representa la planeidad en cada punto de medición expresada como $\text{planeidad} = (\varepsilon_{11} - (\varepsilon_{11})_{\text{media}}) \cdot 10^5$, donde $(\varepsilon_{11})_{\text{media}}$ es el valor medio de ε_{11} sobre el ancho del sustrato.

10 **[0179]** El sustrato de la figura 10 se enfrió al menos parcialmente por ebullición de transición, mientras que el sustrato de la figura 11 se enfrió según la invención, exclusivamente por ebullición nucleada.

[0180] La comparación de estas figuras muestra que el procedimiento según la invención, en el que el sustrato se enfría por ebullición nucleada, permite lograr una mejor planeidad del sustrato en comparación con el procedimiento del estado de la técnica.

15 **[0181]** Las figuras 12 y 13 ilustran un cabezal de enfriamiento 11' y un circuito de suministro 13' según otra realización del conjunto ilustrado en las figuras 3 y 4.

[0182] Esta realización difiere de la realización descrita con referencia a las figuras 3 y 4 principalmente porque el cabezal de enfriamiento 11' no comprende el canal 35, y porque el circuito de suministro 13' no comprende ningún conducto principal 47 para proporcionar fluido refrigerante.

[0183] Por lo tanto, en esta realización, el cabezal de enfriamiento 11' está formado con una boquilla de cabezal 71.

25 **[0184]** La boquilla de cabezal 71 es funcionalmente similar a la boquilla de cabezal 33 descrita con referencia a las figuras 3 y 4.

[0185] En particular, la boquilla de cabezal 71 se extiende en una dirección transversal con respecto al sustrato de corrida 1, sobre un ancho mayor o igual que el del sustrato 1 a enfriar.

30 **[0186]** La boquilla de cabezal 71 está provista de un orificio pasante que forma un conducto 73 para transportar fluido refrigerante. El conducto 73 se extiende transversalmente sobre un ancho mayor o igual que el del sustrato 1 a enfriar, y se extiende en un plano longitudinal vertical entre un extremo aguas arriba y un extremo aguas abajo. El extremo aguas arriba del conducto 73 está conectado directamente al circuito de suministro 13'. El extremo aguas abajo forma una abertura, a través de la cual el fluido refrigerante, inyectado por el circuito de suministro 13' y que cruza el conducto 37, se expulsa como un chorro de fluido refrigerante sobre el sustrato.

[0187] La abertura forma una abertura 75, similar a la abertura 39 descrita con referencia a las figuras 3 y 4.

40 **[0188]** El conducto 73 tiene una sección que disminuye desde el lado aguas arriba hacia el lado aguas abajo del conducto 73, lo que permite la formación, en la salida de la abertura 75, de un chorro de fluido refrigerante expulsado a una velocidad de al menos 5 m/s, desde una velocidad inicial del fluido refrigerante, en el circuito de suministro 13', de menos de 2 m/s. De hecho, como se describe en lo sucesivo, una circulación del fluido refrigerante en el circuito de suministro 13' a una velocidad de menos de 2 m/s permite minimizar las caídas de presión en este
45 circuito de suministro 13' y, por lo tanto, reducir la presión requerida para suministrar el circuito 13'.

[0189] Preferentemente, el extremo aguas abajo del conducto 73 forma un ángulo α con la dirección de corrida A que está comprendido entre 5° y 25°, especialmente entre 10° y 20°.

50 **[0190]** Además, según esta alternativa, el circuito de suministro 13' comprende un conducto de suministro 83 del cabezal de enfriamiento 11' y un conducto de distribución 85. Por lo tanto, un flujo de fluido refrigerante recibido desde la red de distribución de fluido refrigerante es transportado a través del conducto de distribución 85, y a continuación, a través del circuito de suministro 83, hasta el cabezal de enfriamiento 11'.

55 **[0191]** El circuito de suministro 83 está destinado a suministrar la boquilla de cabezal 73 con fluido refrigerante.

[0192] El conducto de suministro 83 se extiende transversalmente sobre un ancho sustancialmente igual que el de la boquilla de cabezal 73. El conducto de suministro 83 tiene la forma general de un cilindro y comprende una pared lateral sustancialmente cilíndrica y dos paredes extremas. Ambas paredes extremas están provistas cada una de un orificio pasante sustancialmente circular 87, destinado a permitir el paso del conducto de suministro 83, como se describe en lo sucesivo.

60 **[0193]** El conducto de suministro 83 comprende además en su pared lateral, una abertura transversal 89 que se abre hacia el conducto 73. La abertura 89 se extiende transversalmente por sustancialmente todo el ancho del
65 conducto de suministro 83.

[0194] El conducto de distribución 85 está destinado a estar conectado a la red de distribución de fluido refrigerante, y a distribuir por todo el ancho del conducto de suministro 83 un flujo de fluido refrigerante proporcionado por esta red de distribución.

5

[0195] El conducto de distribución 85 tiene la forma general de un cilindro, y se extiende transversalmente entre dos extremos 85a, 85b, cada uno conectado a la red de distribución de fluido refrigerante. El conducto 85 comprende, entre los extremos 85a, 85b, una porción central que se extiende dentro del conducto de suministro 83. Ambos extremos 85a, 85b se abren desde el conducto de suministro 83 a través de los orificios pasantes 87.

10

[0196] La pared lateral del conducto de distribución 85 define así con la pared lateral del conducto de suministro 83 un espacio 91 para la circulación del fluido refrigerante dentro del conducto de suministro 83. El espacio 91 generalmente tiene forma de anillo.

15 **[0197]** La pared lateral del conducto de distribución 85 está provista además de una pluralidad de orificios 95 destinados a permitir la distribución del fluido refrigerante desde el conducto de distribución 85 al espacio 91.

[0198] Los orificios 95 están, por ejemplo, alineados en una dirección transversal, y se extienden por todo el ancho del conducto 85.

20

[0199] Los orificios 95 son, por ejemplo, equidistantes.

25 **[0200]** Según esta alternativa, el circuito de suministro 13' puede transferir un flujo de fluido refrigerante provisto a una presión menor o igual a 2 bares por la red de distribución de fluido refrigerante hasta el cabezal de enfriamiento 11' para obtener, en la salida del cabezal de enfriamiento 11', un chorro de fluido refrigerante expulsado a una velocidad de más de 5 m/s, con un caudal superficial comprendido entre 1.000 y 3.500 l/min/m².

30 **[0201]** En particular, el circuito de suministro 13' permite, como el circuito 13, minimizar las caídas de presión, lo que ofrece la posibilidad de obtener una velocidad de expulsión de más de 5 m/s a partir de una presión relativamente baja.

[0202] Debe entenderse que las realizaciones ejemplares mostradas anteriormente no son limitantes.

35 **[0203]** En particular, según otra realización, el aparato y el módulo de enfriamiento están integrados a una línea de tratamiento térmico. El aparato y el módulo de enfriamiento están a continuación, destinados a enfriar un sustrato 1 en ebullición nucleada enfriando el sustrato desde una temperatura inicial que es sustancialmente igual que la temperatura de tratamiento térmico del sustrato, hasta la temperatura ambiente. La temperatura inicial es, por ejemplo, superior a 800 °C, e incluso puede ser superior a 100 °C.

40 **[0204]** Además, aunque el módulo 5 descrito comprende dos dispositivos de enfriamiento 8, el número de dispositivos 8 en un módulo puede variar y ser mayor o menor que dos.

[0205] Además, los deflectores pueden omitirse, o los dispositivos pueden comprender solo un deflector superior o uno inferior.

45

[0206] Además, según una alternativa, el dispositivo 15 para detener el flujo de fluido refrigerante comprende, además de o como reemplazo del rodillo 61, una boquilla configurada para enviar un chorro de fluido refrigerante presurizado sobre el sustrato 1 en una dirección ortogonal al sustrato u opuesta a la dirección de corrida del sustrato 1.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de enfriamiento de un sustrato metálico (1) que discurre en una dirección longitudinal (A), comprendiendo dicho procedimiento expulsar al menos un primer chorro de fluido refrigerante en una primera superficie de dicho sustrato (1) y al menos un segundo chorro de fluido refrigerante en una segunda superficie de dicho sustrato (1),
 5 expulsiéndose dichos primer y segundo chorros de fluido refrigerante a una velocidad de fluido refrigerante mayor o igual a 5 m/s, para formar en dicha primera superficie y en dicha segunda superficie un primer flujo laminar de fluido refrigerante y un segundo flujo laminar de fluido refrigerante respectivamente, siendo dicho primer y segundo flujos
 10 laminares de fluido refrigerante tangenciales al sustrato (1), extendiéndose dichos primer y segundo flujos laminares de fluido refrigerante sobre una primera longitud predeterminada (L1) y una segunda longitud predeterminada (L2) del sustrato (1) respectivamente,
 formando dicho primer y dicho segundo chorros de fluido refrigerante cada uno durante su expulsión un ángulo predeterminado (α) con la dirección longitudinal (A), estando comprendido dicho ángulo predeterminado (α) entre 5° y
 15 25° y determinándose dichas longitudes primera y segunda (L1, L2) de modo que el sustrato (1) se enfría desde una primera temperatura a una segunda temperatura mediante ebullición nucleada.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde la diferencia entre la primera longitud (L1) y la segunda longitud (L2) es inferior al 10 % de la media de la primera (L1) y la segunda (L2) longitudes.
 20
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde el primer chorro de fluido refrigerante y el segundo chorro de fluido refrigerante son simétricos con respecto a un plano medio del sustrato (1).
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde dicho primer y dicho segundo
 25 chorros de fluido refrigerante se expulsan desde una distancia predeterminada (H) en dicha primera y segunda superficies respectivamente, estando comprendida dicha distancia predeterminada (H) entre 50 y 200 mm.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde cada una de dichas longitudes predeterminadas primera y segunda (L1, L2) está comprendida entre 0,2 m y 1,5 m.
 30
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde dicha primera temperatura es mayor o igual a 600 °C.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, donde dicha primera temperatura es mayor o igual a 800 °C.
 35
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde dicho sustrato (1) discurre a una velocidad comprendida entre 0,2 m/s y 4 m/s.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde el flujo de calor medio extraído de
 40 cada una de las superficies primera y segunda durante el enfriamiento desde la primera temperatura hasta la segunda temperatura está comprendido entre 3 y 7 MW/m².
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde teniendo el sustrato un espesor comprendido entre 2 y 9 mm, el sustrato se enfría de 800 °C a 550 °C a una velocidad de enfriamiento mayor o igual
 45 a 200 °C/s.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde cada uno de dichos primer y segundo chorro de fluido refrigerante se expulsa con un caudal de fluido refrigerante específico comprendido entre
 50 360 y 2700 l/min/m².
12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, donde dicho sustrato metálico es una placa de metal.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, donde dichos flujos laminares de fluido
 55 refrigerante primero y segundo se extienden sobre el ancho del sustrato (1).
14. Procedimiento de laminado en caliente de un sustrato metálico, comprendiendo dicho procedimiento laminar en caliente el sustrato metálico y enfriar el sustrato metálico laminado en caliente con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
 60
15. Procedimiento de tratamiento térmico de un sustrato metálico, comprendiendo dicho procedimiento tratar térmicamente el sustrato metálico y enfriar el sustrato metálico tratado térmicamente con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
- 65 16. Dispositivo de enfriamiento (8) de un sustrato metálico (1) que comprende:

- una primera unidad de enfriamiento (9) configurada para expulsar al menos un primer chorro de fluido refrigerante en una primera superficie del sustrato (1),
 - una segunda unidad de enfriamiento (10) configurada para expulsar al menos un segundo chorro de fluido refrigerante en una segunda superficie del sustrato (2) ,
- 5
- configurándose la primera y segunda unidades de enfriamiento (9, 10) para expulsar el primer y el segundo chorros de fluido refrigerante respectivamente, de modo que el primer y el segundo chorros de fluido refrigerante forman un ángulo predeterminado (α) con la dirección longitudinal (A), estando comprendido el ángulo predeterminado (α) entre
- 10 5° y 25°,
- configurándose la primera y segunda unidades de enfriamiento (9, 10) para expulsar el primer y el segundo chorros de fluido refrigerante respectivamente, con una velocidad de fluido de enfriamiento mayor o igual a 5 m/s, para formar en dicha primera superficie y en dicha segunda superficie un primer flujo laminar de fluido refrigerante y un segundo flujo laminar de fluido refrigerante, respectivamente, siendo dichos flujos laminares de fluido refrigerante primero y
- 15 segundo tangenciales al sustrato (1) y que se extienden sobre una primera longitud predeterminada (L1) y una segunda longitud predeterminada (L2) del sustrato (1), respectivamente.
17. Dispositivo de enfriamiento (8) según la reivindicación 16, donde la primera unidad de enfriamiento (9) comprende al menos un primer cabezal de enfriamiento (11; 11'), configurado para expulsar el primer chorro de fluido refrigerante, y la segunda unidad de enfriamiento (10) comprende al menos un segundo cabezal de enfriamiento (17), configurado para expulsar el segundo chorro de fluido refrigerante.
- 20
18. Dispositivo de enfriamiento (8) según la reivindicación 17, donde el primer cabezal de enfriamiento (11; 11') y el segundo cabezal de enfriamiento (17) comprenden cada uno una boquilla de cabezal (33; 71) que comprende
- 25 una abertura de boquilla (39; 75) para expulsar el primer chorro de fluido refrigerante y el segundo chorro de fluido refrigerante respectivamente.
19. Dispositivo de enfriamiento (8) según la reivindicación 18, donde cada boquilla de cabezal (33; 71) forma dicho ángulo predeterminado (α) con la dirección longitudinal (A).
- 30
20. Dispositivo de enfriamiento según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, donde cada uno de los cabezales de enfriamiento primero (11; 11') y segundo (17) está conectado a un circuito de suministro de fluido refrigerante (13, 19; 13'), alimentándose dicho circuito de suministro de fluido refrigerante con fluido refrigerante con una presión de fluido refrigerante comprendida entre 1 y 2 bares.
- 35
21. Dispositivo de enfriamiento según la reivindicación 20, donde cada circuito de suministro de fluido refrigerante (13, 19; 13') está configurado para que el fluido refrigerante circule en el circuito de suministro de fluido refrigerante (13, 19; 13') a una velocidad de 2 m/s como máximo.
- 40
22. Dispositivo de enfriamiento según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 21, donde al menos una de dichas primera y segunda unidades de enfriamiento (9, 10) comprende un dispositivo (25) para detener el flujo de fluido refrigerante, adaptado para evitar cualquier flujo de fluido refrigerante
- aguas abajo de dicha primera longitud predeterminada (L1) y/o dicha segunda longitud predeterminada (L2). **23.**
- 45 Instalación de laminado en caliente que comprende un dispositivo de enfriamiento según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 22.
24. Instalación de tratamiento térmico que comprende un dispositivo de enfriamiento según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 22.

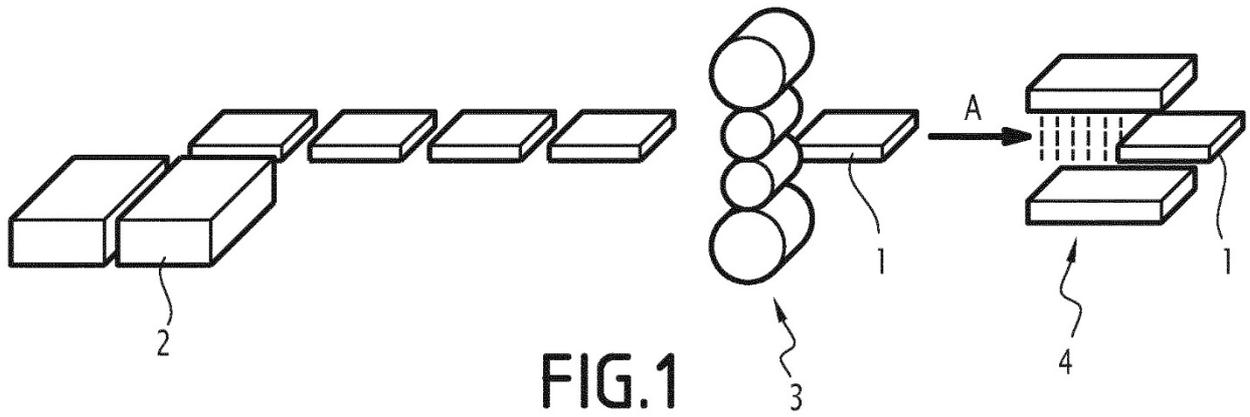


FIG. 1

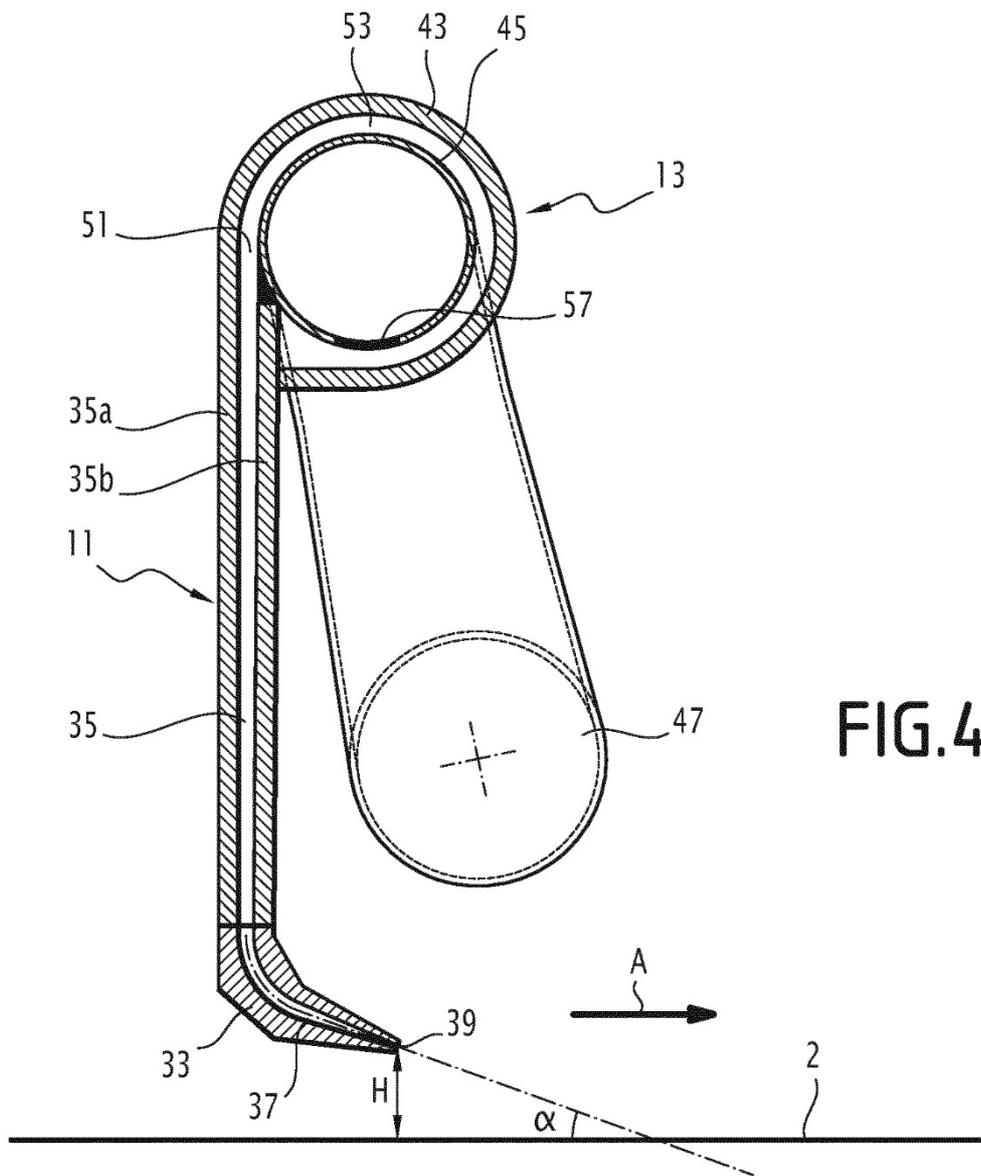
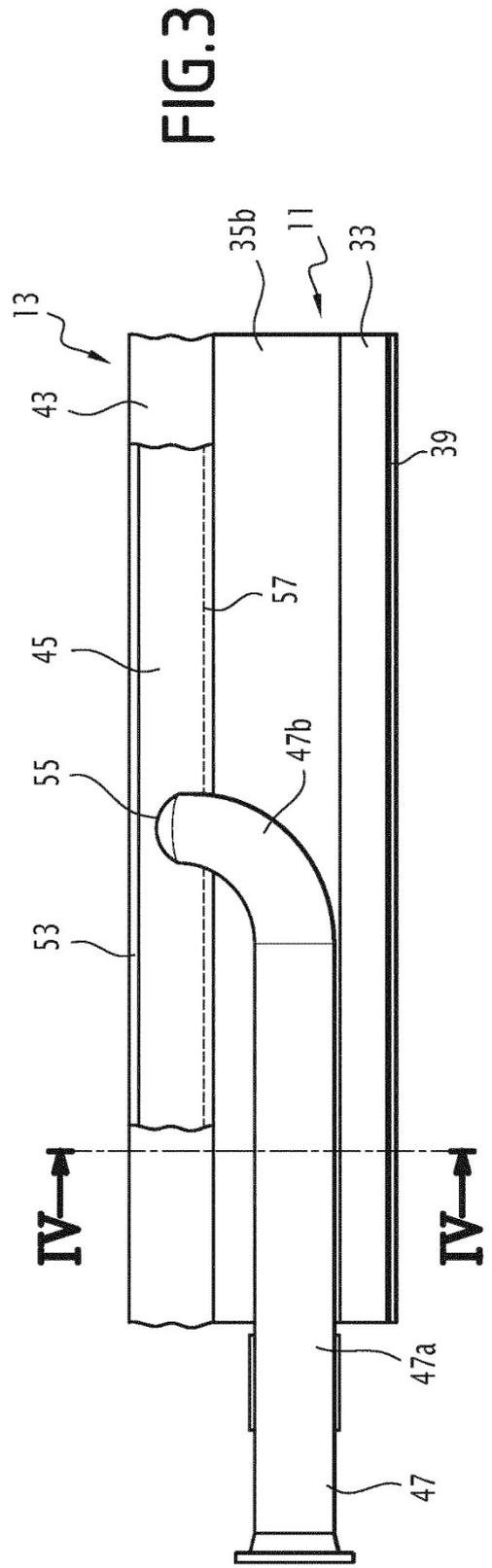
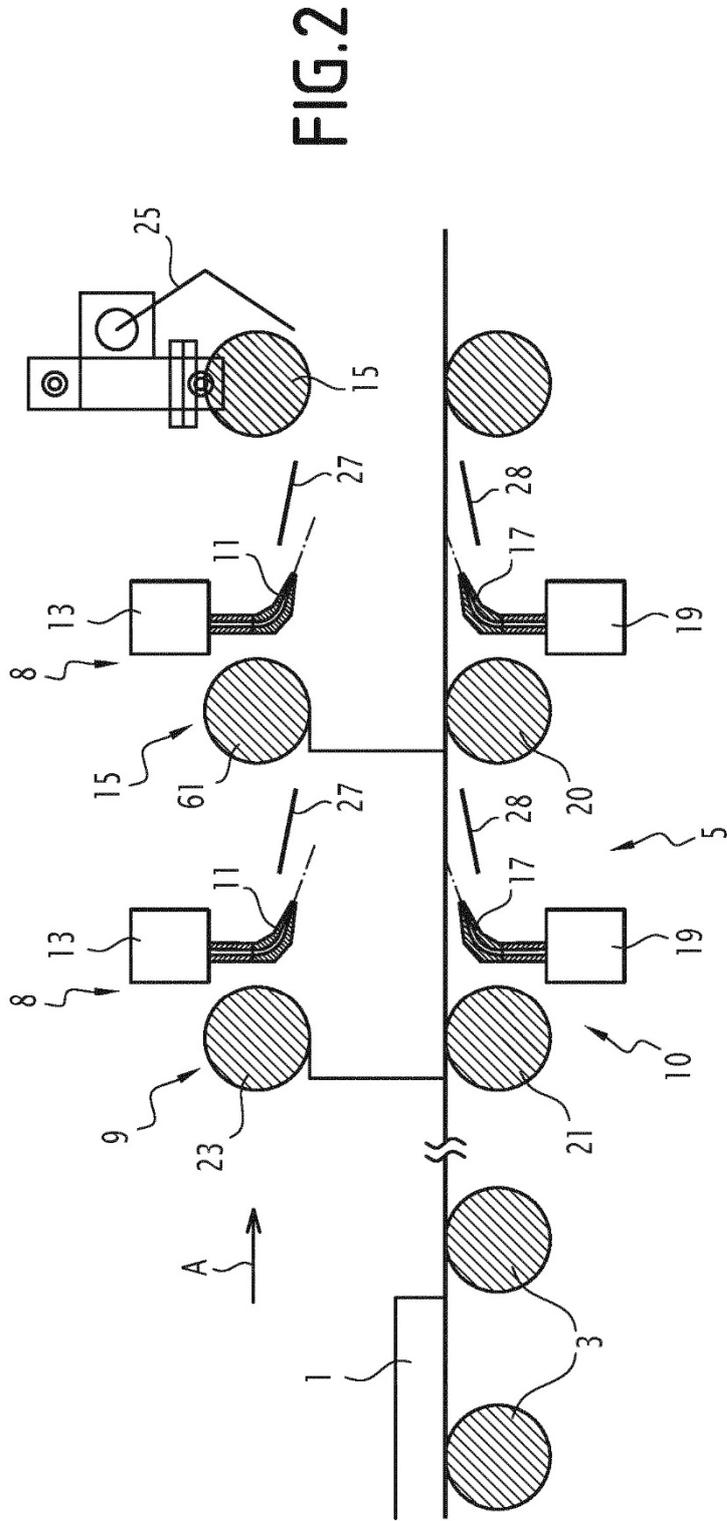


FIG. 4



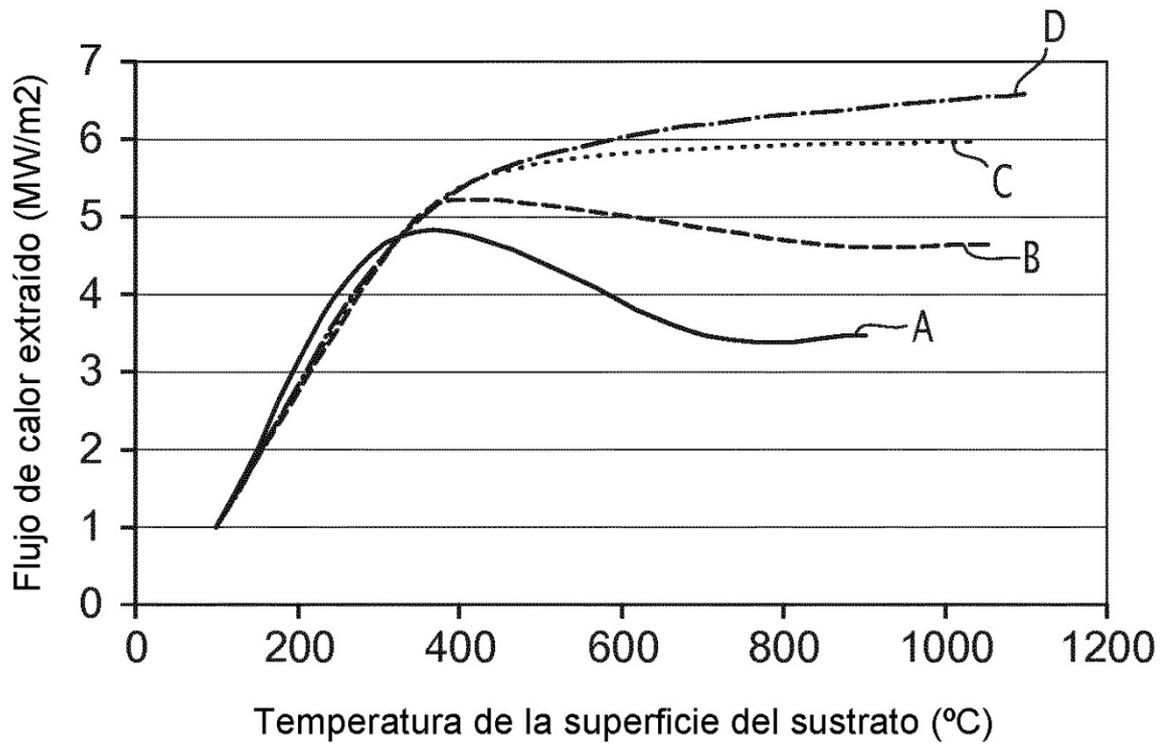


FIG.5

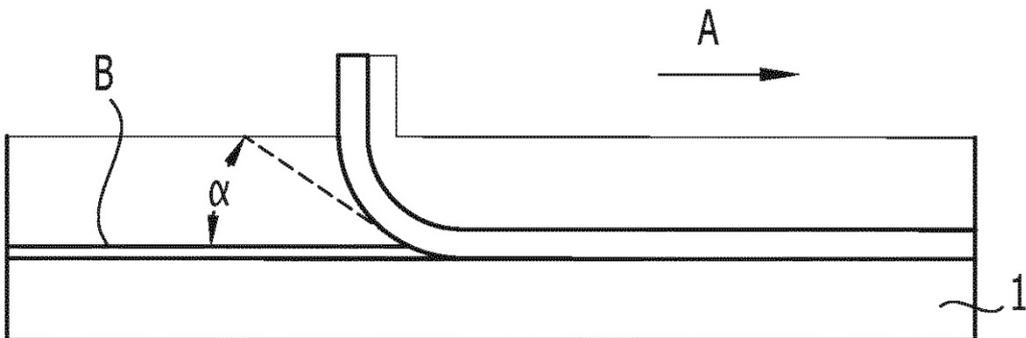


FIG.6

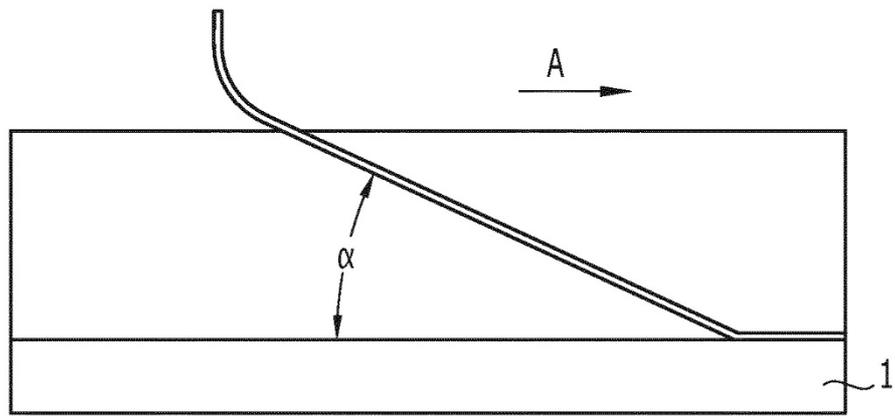


FIG.7

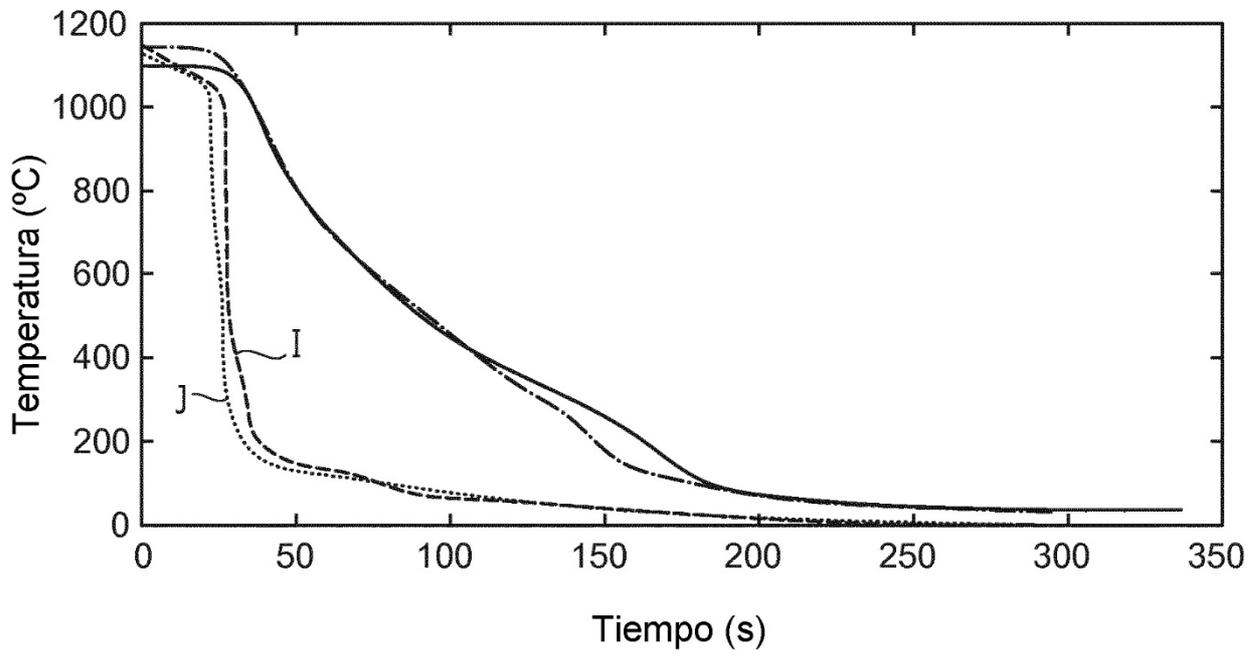


FIG.8

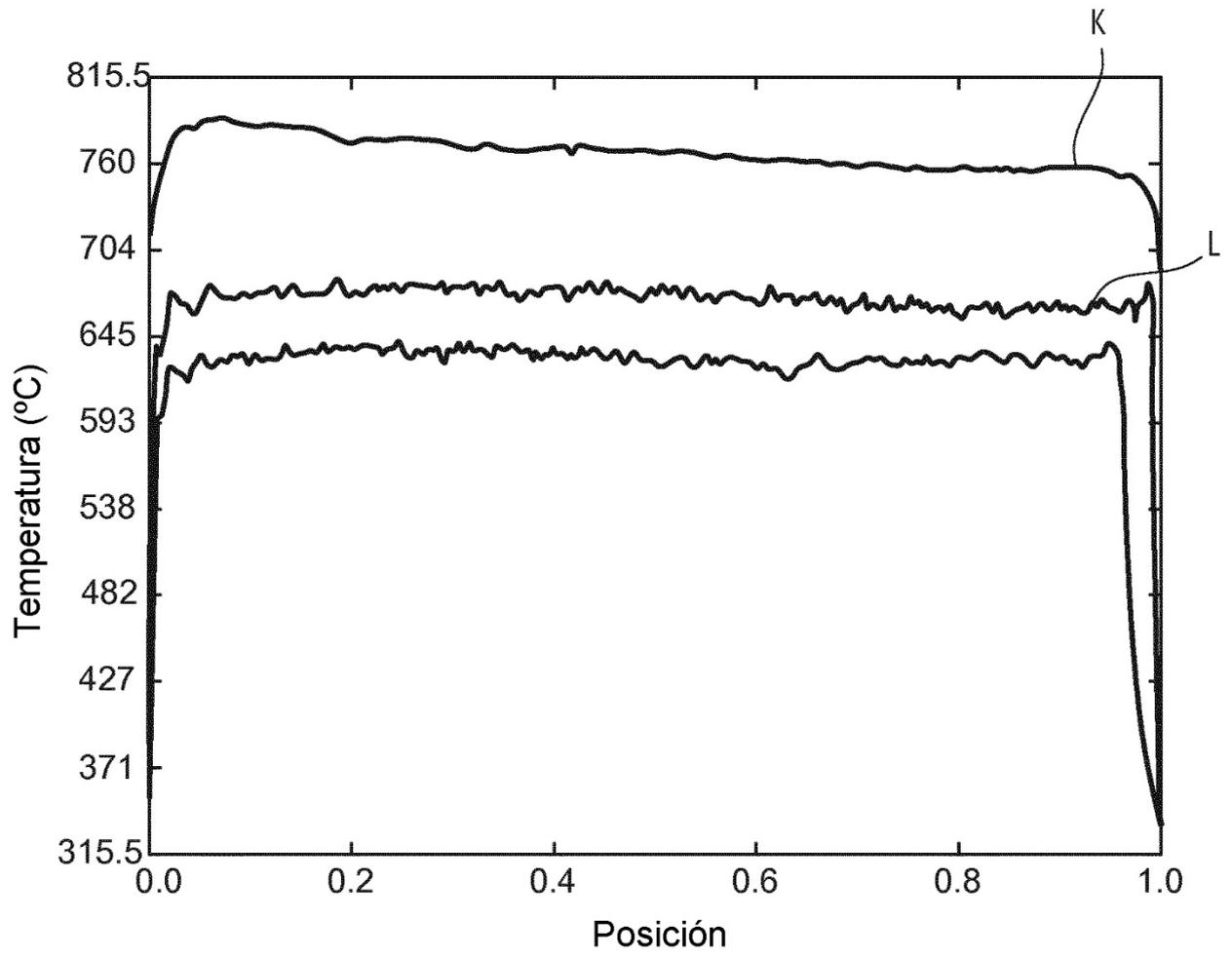


FIG.9

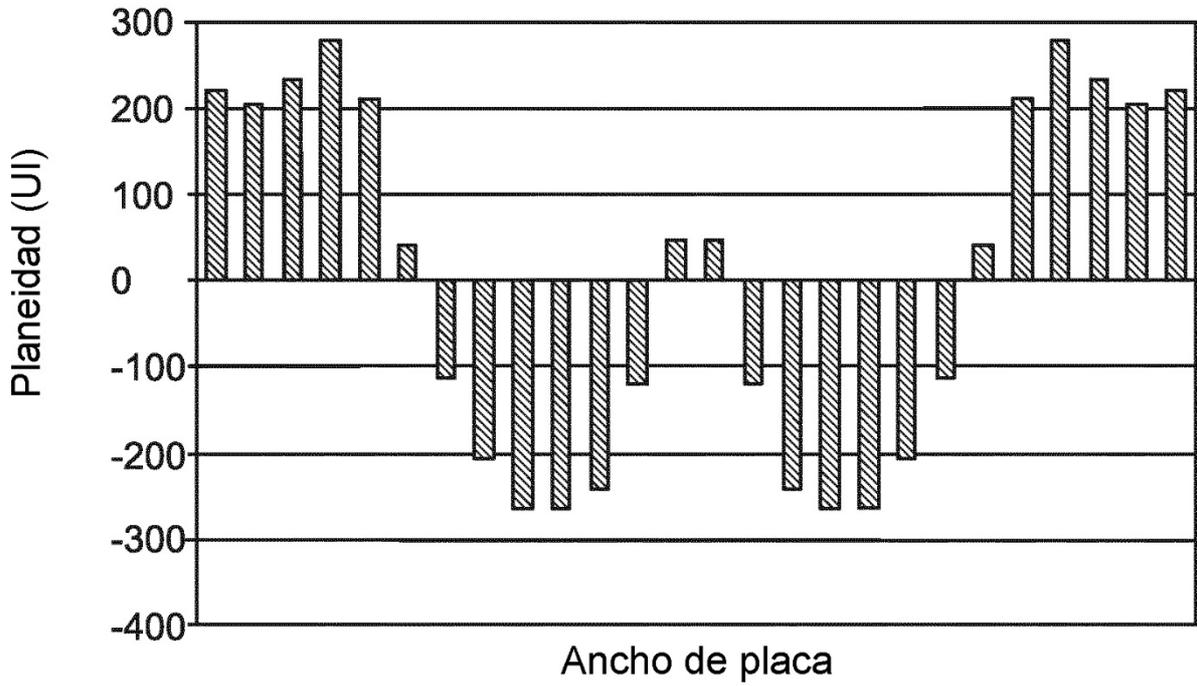


FIG.10

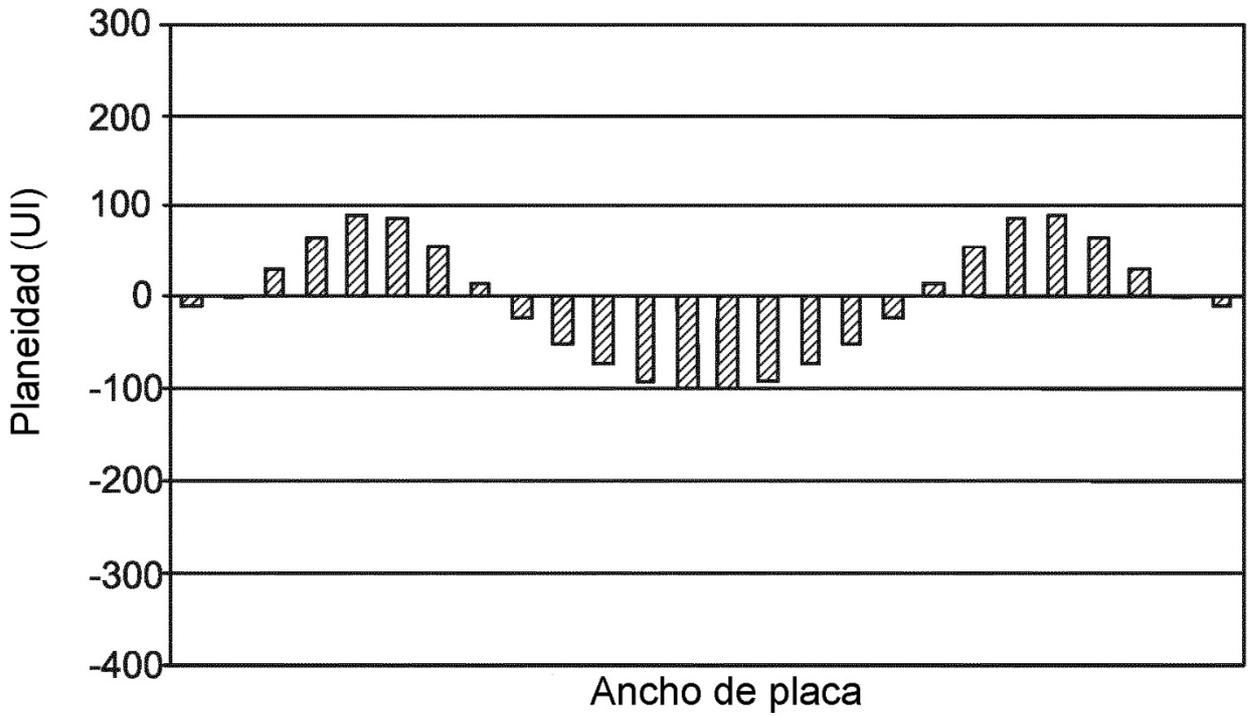


FIG.11

