

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 696 753**

51 Int. Cl.:

B22D 11/10 (2006.01)

B22D 41/50 (2006.01)

B22D 11/04 (2006.01)

B22D 11/041 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2015 PCT/IB2015/054197**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2015 WO15189742**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2015 E 15728644 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 3154726**

54 Título: **Boquilla de losa delgada para la distribución de altos caudales de masa**

30 Prioridad:

11.06.2014 EP 14171989

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.01.2019

73 Titular/es:

**ARVEDI STEEL ENGINEERING S.P.A. (50.0%)
Piazza Lodi 7**

**26100 Cremona (CR), IT y
VESUVIUS U S A CORPORATION (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ARVEDI, GIOVANNI;
BIANCHI, ANDREA TEODORO y
RICHAUD, JOHAN**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 696 753 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

Boquilla de losa delgada para la distribución de altos caudales de masa

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a boquillas de entrada sumergidas para la fundición continua de losas delgadas de metal o de aleaciones metálicas, denominadas en lo sucesivo "boquillas de losa delgada". En particular, se trata de boquillas de losa delgada con una geometría particular que permite un mejor control de los caudales muy altos de metal derretido en una boquilla de losa delgada. La presente invención también se refiere a una instalación de fundición de metal, con o sin laminación posterior, que comprende tal boquilla de losa delgada.

Antecedentes de la invención

En los procesos continuos de formación de metales, la masa de metal derretido se transfiere de un recipiente metalúrgico a otro, a un molde o a una herramienta. Por ejemplo, como se muestra en la figura 1, una cuchara (11) se llena con metal derretido fuera de un horno y se transfiere a una artesa (10) a través de una boquilla cubierta de la cuchara (111). El metal derretido puede ser entonces fundido a través de una boquilla de vertido (1) desde la artesa hasta un molde para formar losas, palanquillas, vigas, losas delgadas o lingotes. El flujo de metal derretido fuera de la artesa es accionado por la gravedad a través de la boquilla de vertido (1) y el caudal es controlado por un tapón (7). Un tapón (7) es una barra montada de manera móvil por encima y que se extiende coaxialmente (es decir, verticalmente) al orificio de entrada de la boquilla de vertido. El extremo del tapón adyacente al orificio de entrada de la boquilla es el cabezal del tapón y tiene una geometría que coincide con la geometría de dicho orificio de entrada, de manera que cuando los dos están en contacto entre sí, el orificio de entrada de la boquilla está sellado. El caudal del metal derretido fuera de la artesa y dentro del molde se controla moviendo continuamente hacia arriba y hacia abajo el tapón para controlar el espacio entre el cabezal del tapón y el orificio de la boquilla.

El control del caudal Q del metal derretido a través de la boquilla es muy importante porque cualquier variación del mismo provoca variaciones correspondientes del nivel del menisco (200m) del metal derretido formado en el molde (100). Debe obtenerse un nivel de menisco estacionario por los siguientes motivos. Una escoria lubricante líquida se produce, artificialmente, mediante el derretido de un polvo especial en el menisco de la losa del edificio, que se distribuye a lo largo de las paredes del molde a medida que avanza el flujo. Si el nivel de menisco varía excesivamente, la escoria lubricante tiende a acumularse en las partes más deprimidas del menisco ondulado, dejando así expuestos sus picos, con una distribución resultante nula o pobre del lubricante, que es perjudicial para el desgaste del molde y para la superficie de la parte metálica así producida. Además, un nivel de menisco que varía demasiado aumenta también los riesgos de que la escoria lubricante quede atrapada dentro de la parte metálica que se está moldeando, lo que, de hecho, es perjudicial para la calidad del producto. Finalmente, cualquier variación en el nivel del menisco aumenta la tasa de desgaste de las paredes exteriores refractarias de la boquilla, reduciendo de este modo el tiempo de servicio de la misma.

Un campo particular de la metalurgia es la producción de tiras de metal delgadas. Tradicionalmente, el calibre final de una tira se obtiene mediante laminación en frío, que es un proceso costoso, ya que los productos semiacabados producidos a partir de una máquina de fundición deben ser enfriados, almacenados, a menudo transportados a una nueva planta y recalentados laminados en caliente más gruesos, para ser las tiras finalmente laminadas en frío y recocidas. Se han propuesto diversos métodos para unir una máquina de fundición continua a una estación de laminación en caliente, de tal manera que se produzcan tiras de calibre delgado del orden de menos de 1,5 mm en un proceso continuo o semi-continuo desde la etapa de fundición a la etapa de laminación en caliente, reduciendo de este modo el consumo de energía y agua por mucho más de la mitad. Tales procesos se describen, por ejemplo, en los documentos WO 92/00815, WO 00/50189, WO 00/59650, WO 2004/026497 y WO 2006/106376. En particular, el documento WO 2004/026497 divulga un proceso denominado "ininterrumpido", en el que la materia metálica está, siempre, conectada sin ninguna interrupción desde la etapa de fundición a la etapa de laminación, cortándose la tira a su longitud cuando alcanza ya el espesor final y delante de los rebobinadores. En esas líneas se pueden alcanzar productividades sin precedentes para una sola línea de fundición de hasta 4 millones de toneladas por año. La etapa de fundición continua debe permitir, en tales procesos, la producción de losas delgadas sin tratamientos intermedios de la losa que salgan de un molde de losa delgada. Las losas finas son productos semiacabados que tienen una anchura sustancialmente mayor que su espesor, que habitualmente es del orden de 30 a 120 mm. Para tales aplicaciones, con el fin de garantizar las operaciones de laminación posteriores y la temperatura más allá de la productividad, es fundamental fundir, por ejemplo, losas de acero delgadas con un alto caudal, hasta 5 Kg/min por mm de ancho, lo que significa, por ejemplo, con una losa de acero de 2,1 m de ancho para poder fundir hasta 10 toneladas/min. Se deben usar boquillas muy específicas, a menudo llamadas y denominadas en el presente documento "boquillas de losa delgada". Como se ilustra en las figuras 1 y 2, una boquilla de losa (1) delgada comprende una parte aguas arriba del tubo que se extiende a lo largo de un eje longitudinal X1, generalmente pero no necesariamente cilíndrica con sección circular, unida de manera conocida a un vaso superior tal como una artesa (10). Generalmente se usa en combinación con un tapón (7) para controlar el caudal de metal (200) derretido a través de la boquilla de losa delgada. En una parte aguas abajo, opuesta a dicha parte aguas arriba, una boquilla de losa delgada se vuelve más delgada a lo largo de un primer eje transversal X2

normal al eje longitudinal X1 y más amplia a lo largo de una segunda dirección transversal X3 normal a ambas direcciones longitudinales y primeras transversales X1 y X2, de tal manera que pueda ajustarse en la cavidad del molde, manteniendo al mismo tiempo un espacio libre necesario de las paredes del molde. La parte aguas abajo a menudo se denomina "difusor" o "parte difusora de salida", y está provista de dos puertos (51) frontales que se abren en las salidas del puerto (51d). El difusor permite alimentar el metal (200) derretido a la boquilla de losa (100) delgada a medida que se forma la losa; y comienza a solidificarse en un armazón (200s) cuando entra en contacto con las paredes frías del molde.

La parte aguas arriba y la parte aguas abajo de una boquilla de losa delgada están conectadas entre sí por una parte de conexión, dando a las boquillas de losa delgada su forma típica de pala integral. Como se ilustra en la figura 2, el orificio de una boquilla de losa delgada comprende un agujero cilíndrico (50) central que comprende el orificio de entrada y que termina al nivel de un divisor (10), más visible en la figura 3(a), que define dos puertos (51) que incluyen los orificios de puertos de salida de la boquilla de losa delgada. El agujero cilíndrico (50) central comprende una parte de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba y una parte de agujero cilíndrico (50e) convergente. El papel de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente es muy crítico, ya que la geometría del agujero cilíndrico (50a) central, esencialmente simétrico al eje con respecto al eje longitudinal X1, cambia radicalmente a nivel de los puertos (51) que se extienden en la parte de difusión de salida plana y ancha con una simetría plana con respecto a un plano $\Pi 2$ definido por el eje longitudinal X1, y el segundo eje transversal X3, perturbando de este modo considerablemente el patrón de flujo del metal derretido que pasa desde las partes aguas arriba a las partes aguas abajo de la boquilla. Por lo tanto, la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente de una boquilla de losa delgada debe asegurar que el metal derretido fluya lo más suavemente posible desde la parte aguas arriba de una boquilla de losa delgada a la parte de difusión de salida situada en un extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada. El metal derretido debe entrar en los puertos (51) frontales en un estado lo más apropiado posible, con bajos niveles de turbulencia (es decir, remolinos a pequeña escala o sin grandes turbulencias), velocidades mínimas y variaciones de presión, por lo tanto, sin desprendimiento de flujo a lo largo de las paredes del puerto y, en consecuencia, con una velocidad lo más uniforme posible a lo largo de los puertos (51d). El término "boquilla de losa delgada" se usa en el presente documento para referirse exclusivamente a las boquillas como se ha descrito anteriormente y es adecuado para transferir metal derretido desde un recipiente metalúrgico tal como una artesa a una boquilla de losa delgada. Esto excluye explícitamente de la definición de "boquilla de losa delgada" cualquier boquilla que tenga una geometría, sustancialmente, simétrica del eje de las paredes exteriores de la parte aguas abajo de las mismas.

El control del nivel del menisco (200m) formado por metal derretido y escoria en una boquilla de losa delgada se logra principalmente modificando la distancia entre el cabezal de tapón de un tapón (7) y el orificio de entrada de la boquilla de losa delgada (1) como se ha indicado anteriormente con respecto a las boquillas en general (véase la figura 2). Como se ha mencionado anteriormente, este control es muy importante para garantizar una buena calidad de una parte de metal derretido. Sin embargo, es particularmente delicado y difícil para la fundición de losas delgadas, debido a la anchura o el espesor L muy delgado de los moldes de losas delgadas. De hecho, debido a la reducción del área de sección transversal $L \times W$ de tales moldes normales al eje longitudinal X1 (área = anchura o espesor L \times ancho W), cualquier variación en el caudal Q del metal derretido provoca una variación sustancial en el nivel del menisco con amplitudes de variaciones que son considerablemente más altas que con otros tipos de moldes, tales como aquellos para vigas más gruesas, perfiles, etc. que tienen secciones transversales más grandes.

El documento EP 925132 propone una boquilla de losa delgada que mejora el control del flujo de metal derretido desde un recipiente de metal, como una artesa a un molde de losa delgada, y que tiene una geometría particular de la cavidad de la boquilla de losa delgada al nivel del difusor. Por ejemplo, el área de la sección transversal combinada de los dos puertos frontales al nivel del extremo de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente es inferior al área de la sección transversal correspondiente en el límite entre las partes de agujero cilíndrico (50a, 50e) aguas arriba y convergente de la boquilla. Aunque las paredes laterales de los puertos divergen hacia abajo en un plano $\Pi 2$ definido por el eje longitudinal X1 y el segundo eje transversal X3, son convergentes en los planos $\Pi 1$ y $\Pi 3$, respectivamente definidos por los ejes (X1, X2) y (X2, X3), dando así lugar a una reducción de la sección transversal en dirección descendente. Las paredes de la cavidad en la parte de conexión de la boquilla de losa delgada representada en la figura 2 del documento EP 925132 están claramente convergiendo linealmente.

El documento EP 1854571 divulga una boquilla de losa delgada, centrada en la geometría de un divisor ojival, que tiene contornos continuos y un ángulo en el vértice comprendido entre 30° y 60° . El divisor en su parte inferior está, simétricamente, afilado con sus lados hacia el eje vertical medio. Este diseño resuelve los inconvenientes que aparecen en las boquillas de losa delgada del tipo divulgado en el documento EP 925132 indicado anteriormente. En particular, evita que se produzca inestabilidad y el desprendimiento del flujo a lo largo de los contornos del divisor de flujo. Los desprendimientos de flujo están causando vórtices a medida que el metal fluye a lo largo de los contornos del divisor de flujo, provocando fenómenos de partición de las vetas (separación de flujo). Estos vórtices tienen la tendencia a ser arrastrados por la corriente hacia el molde y se combinan con las estructuras de flujo turbulento causadas por una fricción excesiva del fluido (interacción turbulenta) entre las superficies estrechas opuestas de ambos flujos de salida obtenidos lo que lleva a la inestabilidad, asimetría y oscilación del patrón de flujo del molde, así como a una circulación excesivamente rápida de los flujos hacia el menisco (superficie del baño) sin la penetración adecuada de la masa líquida.

Cada uno de los documentos US 7757747, WO 9529025, WO 9814292, WO 02081128 y DE 4319195 divulgan

boquillas de losa delgada que tienen un divisor de altura sustancialmente más pequeño que los separadores de las boquillas de losa delgada descritas anteriormente, produciendo un par de puertos muy cortos. Se cree que permitir que el metal derretido fluya fuera de los orificios del puerto de salida tan pronto después de que el flujo se divida en dos corrientes distintas no permite la formación de líneas de corriente cercanas paralelas que no se vean afectadas por remolinos a gran escala, semejantes a un flujo laminar en un molde de losa delgada. Con tal geometría, ya no es posible una distinción clara en el agujero cilíndrico central entre una pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba y una pared de agujero cilíndrico (50e) convergente.

El documento US 7757747 divulga una boquilla de losa delgada que comprende un primer divisor central que divide la trayectoria de flujo definida por una parte de agujero cilíndrico central en dos subflujos, y que comprende además dos divisores cortos que separan cada subflujo en dos subflujos adicionales, produciendo una boquilla que comprende cuatro puertos de salida. A lo largo de una primera dirección, el agujero cilíndrico central disminuye continuamente desde el orificio de entrada hasta el primer divisor (véase la figura 2 del documento US 7757747) y, por lo tanto, no se puede dividir en una pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba y un orificio de agujero cilíndrico (50e) convergente, ya que el agujero cilíndrico central entero converge continuamente. De manera similar, los documentos WO 9814292 y WO 9529025 muestran una sección transversal del agujero cilíndrico central que se hace continuamente más delgada a lo largo de una primera dirección y se amplía a lo largo de una segunda dirección normal a la primera dirección hasta que alcanza un divisor (véase la figura 15 del documento WO 9814292). En todos los casos, los puertos frontales son extremadamente cortos.

En el documento WO 02081128, la parte aguas arriba del agujero cilíndrico central evoluciona continuamente de una sección transversal circular a una elíptica, y si una pared de agujero cilíndrico (50e) convergente puede identificarse como referencia número 3, ésta no termina el agujero cilíndrico central sino que simplemente se vuelve más delgada a lo largo de una primera dirección y más amplia a lo largo de una segunda dirección normal a la primera dirección, hasta que finalmente alcanza un divisor para dividir el flujo a lo largo de dos puertos extremadamente cortos. El documento DE 4319195 divulga una boquilla de losa delgada que comprende una parte de agujero cilíndrico convergente transparente que converge linealmente sobre un primer plano de simetría de la boquilla, y diverge linealmente en un segundo plano de simetría, normal al primer plano de simetría. Nuevamente, la parte de agujero cilíndrico convergente no termina el agujero cilíndrico central, que continúa como un canal delgado y ancho hasta que se junta con un divisor que forma dos puertos.

Las diversas soluciones propuestas en la técnica para boquillas de losa delgada aún no satisfacen de manera satisfactoria todos los estrictos requisitos de flujo para una boquilla de losa delgada y para unir continuamente la etapa de fundición a la etapa de laminación en caliente en un proceso como se ha indicado anteriormente.

Los principales requisitos se pueden enumerar de la siguiente manera:

- a) la posibilidad de suministrar metal derretido a caudales de masa muy altas en el molde;
- b) una distribución adecuada de la velocidad del flujo en los puertos de salida;
- c) la recirculación fluye en el molde con un patrón de flujo estable y controlado (el mismo tipo de flujo de recirculación)
- d) la necesidad de una estabilidad excelente de la interfaz de metal líquido y polvo de molde derretido denominada "menisco".

La presente invención propone una boquilla de losa delgada que ofrece un excelente control del flujo de metal derretido en un molde de losa delgada, en el que la losa delgada se puede conducir directamente a una etapa de laminación en caliente para producir una tira delgada del calibre deseado (por ejemplo, <10 mm). Ésta y otras ventajas se indican en las siguientes secciones.

Sumario de la invención

La presente invención se define en las reivindicaciones independientes adjuntas. Las realizaciones preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes. En particular, la presente invención se refiere a una boquilla de losa delgada para la fundición de losas delgadas hechas de metal, teniendo dicha boquilla de losa delgada una geometría simétrica con respecto a un primer plano de simetría Π_1 definido por un eje longitudinal X1 y un primer eje transversal X2 normal a X1 y simétrico con respecto a un segundo plano de simetría Π_2 , definido por el eje longitudinal X1 y un segundo eje transversal X3 normal a ambos X1 y X2, extendiéndose dicha boquilla de losa delgada a lo largo de dicho eje longitudinal X1 desde:

- una parte de entrada, situada en un extremo aguas arriba de la boquilla de losa delgada y que comprende un orificio de entrada orientado paralelo a dicho eje longitudinal X1 a
- una parte difusora de salida situada en un extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada y que comprende un primer y segundo orificios de puerto de salida, teniendo dicha parte difusora de salida una anchura medida a lo largo del segundo eje transversal X3, que es al menos tres (3) veces mayor que el espesor del mismo medido a lo largo del primer eje transversal X2 y
- una parte de conexión que conecta la parte de entrada y la parte difusora de salida, comprendiendo además dicha boquilla de losa delgada:
- un agujero cilíndrico central definido por una pared de agujero cilíndrico y que se abre en dicho orificio de entrada y que se extiende desde el mismo a lo largo del eje longitudinal X1 hasta que se cierra en un extremo aguas arriba de

un divisor, comprendiendo dicho agujero cilíndrico central:

- una parte de agujero cilíndrico aguas arriba que comprende el orificio de entrada y se extiende sobre una altura H_a y, adyacente a la misma, forma un límite aguas arriba con

- una parte de agujero cilíndrico convergente de altura H_e situada en la parte de conexión de la boquilla de losa delgada, y adyacente a la misma.

- una parte de agujero cilíndrico delgado de altura H_f situada en la parte difusora de la boquilla de losa delgada y que termina al nivel del extremo aguas arriba del divisor,

- un primer y segundo puertos frontales separados entre sí por dicho divisor y que se extienden paralelos a dicho segundo plano de simetría Π_2 , extendiéndose dichos primer y segundo puertos frontales desde una primera y segunda entradas de puerto que se abren al menos parcialmente en dos paredes opuestas de la parte de agujero cilíndrico convergente, a dichos primer y segundo orificios de puerto de salida, teniendo dichos primer y segundo puertos frontales una anchura W_{51} , medida a lo largo del primer eje transversal X_2 , que siempre es menor que la anchura $D_2(X_1)$ de la parte de agujero cilíndrico aguas arriba medida a lo largo del primer eje transversal X_2 ,

caracterizado por que, en una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría Π_1 , la geometría de la pared del agujero cilíndrico central se caracteriza de la siguiente manera:

- el radio de curvatura ρ_{a1} en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico sobre al menos el 90 % de la altura H_a de la pared de agujero cilíndrico aguas arriba tiende hacia el infinito,

- el radio de curvatura en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la pared de agujero cilíndrico convergente es finito, y

- la relación entre la altura H_f de la parte de agujero cilíndrico delgado y la altura H_e de la parte convergente no es mayor que 1, $H_f/H_e \leq 1$.

Preferentemente, el radio de curvatura en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico convergente no es constante a lo largo de la altura H_e de la parte de agujero cilíndrico convergente (excluyendo, de este modo, una parte hemisférica de agujero cilíndrico convergente).

En el presente contexto, los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" se definen con respecto a la dirección del flujo de metal derretido cuando una boquilla de losa delgada está operativa y se acopla al fondo de una artesa o cualquier otro recipiente metalúrgico (en las figuras 1 a 6, dicha dirección es vertical desde arriba (hacia arriba) hasta abajo (hacia abajo)).

Con el fin de mantener las líneas de corriente lo más paralelas posible y evitar el desprendimiento de flujo, se prefiere que el área total de la sección transversal del orificio permanezca relativamente constante desde la parte de entrada hacia abajo hasta una parte aguas arriba de la parte de conexión que incluye tanto el agujero cilíndrico central, como los puertos frontales. En particular, el área de sección transversal total $A(X_1)$ medida en los planos Π_3 normal al eje longitudinal X_1 , tanto del agujero cilíndrico central como del primer y segundo puertos frontales, está caracterizada por que la variación relativa, $\Delta A(X_1)/A_a = |A_a - A(X_1)|/A_a$, del área de sección transversal total $A(X_1)$ con respecto al área de sección transversal total A_a en el límite aguas arriba no es superior al 15 %, para cualquier plano Π_3 que se interseca con el eje longitudinal X_1 , desde el límite aguas arriba hasta el 70 % de la altura H_e de la parte de agujero cilíndrico convergente. En una realización todavía preferente, se prefiere que la sección transversal total del agujero cilíndrico central y los puertos frontales nunca aumenten a lo largo de la altura del agujero cilíndrico central de manera que la derivada dA/dX_1 en la parte de agujero cilíndrico convergente del área total en sección transversal A en cualquier plano Π_3 normal al eje longitudinal X_1 , con respecto a la posición de dicho plano Π_3 en el eje longitudinal X_1 , nunca es superior a 0, $dA/dX_1 \leq 0$.

En una realización preferente, la parte de agujero cilíndrico convergente se divide adicionalmente en dos partes de agujero cilíndrico:

- una parte de agujero cilíndrico de extremo de altura H_c y

- una parte de agujero cilíndrico de transición de altura H_b comprendida entre y adyacente a la parte de agujero cilíndrico aguas arriba y la parte de agujero cilíndrico de extremo, formando de este modo en un extremo un límite de transición con la parte de agujero cilíndrico de extremo y, en el otro extremo, el límite hacia arriba con la pared de agujero cilíndrico aguas arriba,

y en el que en una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría Π_1 , la geometría de la pared de la pared de agujero cilíndrico convergente está caracterizada de la siguiente manera:

- el radio de curvatura ρ_{c1} en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de extremo no es mayor que $\frac{1}{2} D_{2a}$, donde D_{2a} es la anchura del agujero cilíndrico central en el límite aguas arriba, $\rho_{c1} \leq \frac{1}{2} D_{2a}$;

- el radio de curvatura ρ_{p1} en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de transición es mayor que $\frac{1}{2} D_{2a}$ y está comprendido entre $5 \times \rho_{c1}$ y $50 \times D_{2a}$; y

- la relación de altura H_b/H_c de la parte de agujero cilíndrico de transición a la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) está comprendida entre 3 y 12.

En particular, se prefiere que las secciones a lo largo del plano Π_1 de al menos una de la parte de agujero cilíndrico de extremo y la parte de agujero cilíndrico de transición formen un arco de un círculo. En otras palabras, el radio de curvatura ρ_{b1} medido en una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del plano Π_1 es constante en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de transición y/o el radio de curvatura ρ_{c1} medido en una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del plano Π_1 es constante en

cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de extremo.

En una realización preferente, la geometría de una sección del agujero cilíndrico central de la boquilla de losa delgada a lo largo del plano de simetría Π , definida anteriormente, se aplica también a una sección a lo largo del plano de simetría Π_2 y, más preferentemente, se aplica también a cualquier sección a lo largo de un plano Π_i que comprende el eje longitudinal X_1 . En particular, excluyendo la primera y segunda entradas de puerto, los radios de curvatura y las relaciones de altura de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico convergente, la parte de orificio de transición y la parte de agujero cilíndrico de extremo definidas anteriormente con respecto a una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría Π_1 se aplica también a una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del plano de simetría Π_2 y, preferentemente, a lo largo de cualquier plano Π_i que comprenda el primer eje longitudinal X_1 . En una realización más preferente, la parte de agujero cilíndrico convergente tiene una sección transversal elíptica o incluso circular a lo largo de cualquier plano Π_3 normal al eje longitudinal X_1 . En el caso de una sección transversal circular, la parte del agujero cilíndrico central (excluyendo las entradas de puerto) tiene una geometría de revolución. En otras palabras, el agujero cilíndrico central, excluyendo la primera y segunda entradas del puerto, puede tener una sección transversal circular o elíptica a lo largo de un plano Π_3 normal al eje longitudinal X_1 , que tiene diámetros principales $D_2(X_1)$, $D_3(X_1)$ a lo largo del primer eje transversal X_2 y segundo eje transversal X_3 , respectivamente, cuyas dimensiones evolucionan a lo largo del eje longitudinal X_1 , de modo que la relación $D_2(X_1)/D_3(X_1)$ permanezca constante, con $D_2(X_1) \leq D_3(X_1)$. Esto significa que un círculo sigue siendo un círculo, y una elipse sigue siendo una elipse de las mismas proporciones a lo largo del eje longitudinal X_1 (homotecia).

Es preferente que las entradas de puertos laterales se sitúen principalmente en la parte de agujero cilíndrico convergente. Los extremos en sentido aguas arriba de las entradas de puertos laterales se sitúan, preferentemente, cerca del límite en sentido aguas arriba. De manera similar, se prefiere que los extremos en sentido aguas abajo de las entradas de puerto lateral estén cerca del extremo aguas abajo de la pared de agujero cilíndrico convergente. La distancia entre los extremos aguas abajo de las entradas del puerto lateral y el extremo aguas abajo de la pared de agujero cilíndrico convergente se define por la altura H_f de la parte de agujero cilíndrico delgado que, por lo tanto, debe ser relativamente pequeña. En particular, la distancia entre el extremo aguas arriba de la boquilla de losa delgada y el extremo aguas arriba de la primera y segunda entradas de puerto está comprendida dentro de $H_a (1 \pm 7 \%)$ y/o dentro de $H_a (1 \pm 0,07)$ y/o dentro de $(H_a \pm 30 \text{ mm})$. Con respecto a la altura H_f , se prefiere que la relación de la altura H_f de la parte de agujero cilíndrico delgada a la altura H_e de la parte convergente no sea superior al 50 %, preferentemente no superior al 25 %, más preferentemente no superior al 15 %. Tomando una referencia alternativa, se prefiere que la relación de la altura H_f de la parte del agujero cilíndrico delgada a la altura del agujero cilíndrico central ($= H_a + H_e + H_f$) sea inferior al 15 %, preferentemente no superior al 10 %, más preferentemente no superior al 7 %, más preferentemente no superior al 3 %.

Como se ha indicado anteriormente, los puertos frontales se encuentran, preferentemente, con la parte de agujero cilíndrico central al nivel de la parte de agujero cilíndrico convergente (puede extenderse un poco hacia arriba y hacia abajo de la parte de agujero cilíndrico convergente). En el plano Π_2 definido por el eje (X_1 , X_3), el primer y segundo puertos frontales coinciden, preferentemente, con el agujero cilíndrico central en un ángulo α con respecto al eje longitudinal X_1 , comprendido entre 5° y 45° , más preferentemente entre 15° y 40° , más preferentemente entre 20° y 30° . La relación W_{51}/D_{2a} , de la anchura W_{51} del primer y segundo puertos frontales a lo largo del primer eje transversal X_2 a la anchura D_{2a} a lo largo del primer eje transversal X_2 del agujero cilíndrico central en el límite aguas arriba está comprendido, preferentemente, entre el 15 % y 40 %, más preferentemente entre 24 % y 32 %.

La geometría del divisor que separa un puerto frontal del otro es importante. En una sección a lo largo del segundo plano de simetría Π_2 , el divisor (10) en contacto con el primer y segundo puertos (51) se caracteriza por sus dos paredes que se extienden desde el extremo (10u) aguas arriba del divisor hasta el extremo corriente debajo de la boquilla de losa delgada a lo largo del eje longitudinal X_1 , divergiendo primero hasta que el divisor (10) alcance su anchura máximo y luego converja hasta que llegue al extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada. La altura H_d del divisor (10) es, preferentemente, al menos dos veces más grande que la altura H_e de la parte de agujero cilíndrico convergente, $H_d \geq 2 H_e$. Esto asegura que los puertos frontales sean lo suficientemente largos para permitir la racionalización del flujo de metal derretido después de desviarlo del agujero cilíndrico central a los puertos frontales.

En una realización preferente, la relación D_{2b}/D_{2a} , de la anchura D_{2b} a lo largo del primer eje transversal X_2 del agujero cilíndrico central en el límite de transición a la anchura D_{2a} a lo largo del primer eje transversal X_2 del agujero cilíndrico central en el límite aguas arriba está comprendido entre 65 % y 85 %, preferentemente entre 70 % y 80 %.

La presente invención también se refiere a una instalación de fundición de metal para fundir losas delgadas que comprenden un recipiente metalúrgico, tal como una artesa, provista de al menos una salida en comunicación fluida con una boquilla de losa delgada como se ha definido anteriormente, cuya parte difusora de salida se inserta en un molde de losa delgada. En particular, la instalación de fundición de metal es del tipo descrito en cualquiera de los documentos WO 92/00815, WO 00/50189, WO 00/59650, WO 2004/026497 y WO 2006/106376.

Breve descripción de las figuras

Para una mayor comprensión de la naturaleza de la presente invención, se hace referencia a la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 5 **La figura 1:** representa una vista general de una instalación de fundición para la fundición de losas delgadas.
- La figura 2:** muestra una vista en sección lateral de la parte inferior de una artesa con una boquilla de cuchara cubierta según la presente invención.
- La figura 3:** muestra vistas en sección sobre tres planos perpendiculares, $\Pi 1$, $\Pi 2$, $\Pi 3$, de una boquilla de losa delgada según una primera realización de la presente invención.
- 10 **La figura 4:** muestra una ampliación de una parte de las vistas en sección sobre los planos $\Pi 1$, $\Pi 2$, incluida la parte de agujero cilíndrico convergente de la boquilla de losa delgada representada en la figura 3.
- La figura 5:** muestra vistas en sección sobre tres planos perpendiculares, $\Pi 1$, $\Pi 2$, $\Pi 3$, de una boquilla de losa delgada según una segunda realización de la presente invención.
- 15 **La figura 6:** muestra una ampliación de una parte de las vistas en sección sobre los planos $\Pi 1$, $\Pi 2$, que incluye la parte de agujero cilíndrico convergente de la boquilla de losa delgada representada en la figura 5.
- La figura 7:** es un gráfico que compara las áreas de la sección transversal del agujero cilíndrico central y los puertos laterales de una boquilla de losa delgada según la presente invención (como se ilustra en las figuras 5 y 6) con las de las boquillas de losa delgada de la técnica anterior.
- 20 **La figura 8:** muestra una ampliación de la gráfica de la figura 7 centrándose en la parte de agujero cilíndrico convergente de las diversas boquillas de losa delgada.

Descripción detallada de la invención

25 Como se ilustra en la figura 1, una boquilla de losa delgada (1) según la presente invención es adecuada para acoplarse al fondo de una artesa (10) para transferir metal (200) derretido desde dicha artesa a un molde de losa (100) delgada. Como se muestra en la figura 2, un molde de losa delgada se caracteriza por una pequeña dimensión L en una primera dirección transversal X2. Por consiguiente, la parte de una boquilla de losa delgada que se inserta en la boquilla de losa delgada también debe ser bastante delgada en dicha primera dirección transversal X2. El caudal de metal derretido a través de la boquilla de losa delgada se controla, generalmente, mediante un tapón (7) 30 cuya función se indica en la parte introductoria de la presente memoria descriptiva.

Una boquilla de losa delgada según la presente invención comprende tres partes principales ilustradas en las figuras 3 y 5:

- 35 - una parte de entrada, situada en un extremo aguas arriba de la boquilla de losa delgada y que comprende un orificio de entrada (50u) orientado perpendicular al eje longitudinal X1; la parte de entrada es adecuada para acoplarse al fondo de una artesa;
- una parte difusora de salida situada en un extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada y que comprende un primer y segundo orificio de puerto de salida (51d), teniendo dicha parte difusora de salida una anchura medida a lo largo del segundo eje transversal X3, que es al menos tres (3) veces mayor que el espesor del mismo medido a lo 40 largo del primer eje transversal X2; la parte difusora es adecuada para ser insertada en un molde de losa delgada; y
- una parte de conexión que forma la transición entre la parte de entrada y la parte de difusión de salida.

La boquilla de losa delgada comprende un sistema de agujero cilíndrico que conecta de manera fluida el orificio de entrada (50u) a los orificios del puerto de salida (51d). Como se ilustra en las figuras 2, 3 y 5, el sistema de agujero 45 cilíndrico comprende:

- un agujero cilíndrico (50) central definido por una pared de agujero cilíndrico y que se abre en dicho orificio de entrada (50u) y se extiende a lo largo del eje longitudinal X1 hasta que se cierra en un extremo (10u) aguas arriba de un divisor (10), comprendiendo dicho agujero cilíndrico central:
- 50 - una parte de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba que comprende el orificio de entrada y se extiende sobre una altura H_a y, adyacente a la misma, forma un límite (5a) aguas arriba con,
- una parte de agujero cilíndrico (50e) convergente de altura H_e situada en la parte de conexión de la boquilla de losa delgada, y adyacente a la misma
- una parte de agujero cilíndrico (50f) delgada de altura H_f situada en la parte difusora de la boquilla de losa delgada y que termina en el nivel del extremo (10u) aguas arriba del divisor (10),
- 55 - un primer y un segundo puertos (51) frontales separados entre sí por dicho divisor (10) y que se extienden en paralelo al segundo plano de simetría $\Pi 2$, extendiéndose dicho primer y segundo puertos frontales desde la primera y la segunda entradas de puerto (51u), abriendo al menos parcialmente en dos paredes opuestas de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente, a dichos primer y segundo orificios de puerto de salida (51d), teniendo dichos primer y segundo puertos (51) frontales una anchura W_{51} , medida a lo largo del primer eje transversal X2, que 60 siempre es menor que la anchura $D_2(X1)$ de la parte de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba medida a lo largo del primer eje transversal X2.

Las geometrías de la parte aguas arriba y la parte difusora de salida son tan diferentes, siendo la primera, sustancialmente, cilíndrica y la última delgada, plana y ensanchada, por lo que las geometrías del sistema de agujero cilíndrico en dichas partes también deben diferir sustancialmente. La pared de agujero cilíndrico aguas arriba es generalmente sustancialmente prismática, elíptica, a menudo, pero no necesariamente cilíndrica, o homotética, 65

con paredes laterales que convergen lentamente hacia abajo con un ángulo moderado de no más de 5°. En todos los casos, aparte del orificio (50u) aguas arriba cuya geometría debe coincidir con la forma del cabezal de tapón (7), las paredes de la parte de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba son sustancialmente rectas, es decir, el radio de curvatura ρ_{c1} en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico sobre al menos el 90 % de la altura H_a (excluyendo la región del orificio de entrada) de la pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba tiende hacia el infinito. Por otro lado, los puertos (51) frontales son estrechos a lo largo de la primera dirección transversal X_2 , de modo que puedan ajustarse en un molde de losa delgada, y se ensanchan a lo largo de la segunda dirección transversal X_3 para mantener un área en sección transversal suficiente (a lo largo de cualquier plano Π_3 normal al eje longitudinal X_1).

Con tales geometrías de agujero cilíndrico diferentes entre la parte de agujero cilíndrico aguas arriba y los puertos frontales, está claro que la geometría de la parte de agujero cilíndrico de conexión, definida como la sección del sistema de agujero cilíndrico correspondiente a la parte de conexión de la boquilla de losa delgada y que comprende la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente, la parte de agujero cilíndrico (50f) delgado, así como la parte aguas arriba de los puertos (51) frontales, es la más crítica para garantizar que el metal derretido fluya suavemente en un estado llamado "régimen establecido totalmente turbulento" (no perturbado por remolinos a gran escala) similar a un laminar para lo que concierne a las líneas de corriente desde el orificio (50u) aguas arriba de la boquilla de losa delgada hasta los orificios de puerto (51d) aguas abajo. En una sección de la boquilla de losa delgada según la presente invención a lo largo del primer plano de simetría Π_1 , la geometría de la pared del agujero cilíndrico (50) central en la parte de agujero cilíndrico de conexión (50e) se caracteriza de la siguiente manera:

- el radio de curvatura en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente es finito, y
- la relación entre la altura H_f de la parte de agujero cilíndrico (50f) delgado y la altura H_e de la pared (50e) convergente no es mayor a 1, $H_f/H_e \leq 1$.

Las figuras 3 y 4 muestran una primera realización de la presente invención. Las figuras 3(b) y 4(b) muestran una sección a lo largo del primer plano de simetría Π_1 definido por el eje (X_1 , X_2). Al comparar las vistas (a) y (b) de las figuras 3 y 4, se puede ver muy claramente que en la presente realización, la pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba es cilíndrica con paredes rectas, mientras que las paredes de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente están curvadas. Asimismo es importante que el agujero cilíndrico (50) central no penetre demasiado en la parte difusora de salida de la boquilla de losa delgada. Es decir, la altura H_f de la parte del agujero cilíndrico (50f) delgado no puede ser mayor que la altura H_e de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente, $H_f/H_e \leq 1$. Preferentemente, $H_f/H_e \leq 0,5$ más preferentemente $\leq 0,25$, lo más preferentemente $\leq 0,15$. Esto es importante para garantizar que el flujo del metal derretido en los puertos frontales sea lo suficientemente largo para agilizarlo en la dirección correcta antes de que alcance las salidas del puerto (51d) frontal. La parte del agujero cilíndrico (50f) delgado tiene, preferentemente, una altura H_f que no es superior al 15 %, preferentemente no superior al 10 %, más preferentemente no superior al 7 %, lo más preferentemente no superior al 3 % de la altura total ($H_a + H_e + H_f$) del agujero cilíndrico (50) central. En una realización particular, $H_f = 0$.

Además, es ventajoso que la altura H_d de la parte del sistema de agujero cilíndrico aguas abajo del agujero cilíndrico (50) central, es decir, situado aguas abajo del extremo (10u) aguas arriba del divisor (10) y correspondiente a la altura H_d de dicho divisor, sea lo suficientemente grande para la racionalización del flujo dentro del primer y segundo puertos (51) frontales. En particular, la altura H_d del divisor (10) es, preferentemente, al menos dos veces más grande que la altura H_e de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente, $H_d \geq 2 H_e$. La mejor racionalización del flujo a lo largo del primer y segundo puertos (51) frontales se obtiene con un divisor (10) caracterizado por dos paredes en una sección a lo largo del segundo plano de simetría Π_2 que se extiende desde el extremo (10u) aguas arriba del divisor hasta el extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada a lo largo del eje longitudinal X_1 , divergiendo primero hasta que el divisor alcance su anchura máxima y luego converja hasta que alcance el extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada.

Las figuras 5 y 6 ilustran una realización preferente de la presente invención en la que la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente se divide adicionalmente en dos partes de agujero cilíndrico:

- una parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) de altura H_c y
 - una parte de agujero cilíndrico de transición (50b) de altura H_b comprendida entre y adyacente a la pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba y la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c), formando de este modo en un extremo un límite de transición (5b) con la parte de agujero cilíndrico de extremo y, en el otro extremo del límite (5a) aguas arriba con la parte de agujero cilíndrico aguas arriba,
- y en el que en una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría Π_1 , la geometría de la pared de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente se caracteriza de la siguiente manera:
- el radio de curvatura ρ_{c1} en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) no es mayor que $\frac{1}{2} D_{2a}$, donde D_{2a} es la anchura del agujero cilíndrico (50) central en el límite (5a) aguas arriba, $\rho_{c1} \leq \frac{1}{2} D_{2a}$;
 - el radio de curvatura ρ_{c1} en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de transición (50b) es mayor que $\frac{1}{2} D_{2a}$ y está comprendido entre $5 \times \rho_{c1}$ y $50 \times D_{2a}$.

En esta realización, la altura H_b de la parte de agujero cilíndrico de transición (50b) debe ser sustancialmente mayor que la altura H_c de la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c). En particular, la relación de altura H_b/H_c debe

estar comprendida entre 3 y 12.

En una realización preferente, el radio de curvatura pb_1 , pc_1 de al menos una o ambas partes de la agujero cilíndrico de transición (50b) y la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) es constante en toda la altura H_b , H_c de la parte de agujero cilíndrico (50 b, 50c) correspondiente, definiendo de este modo un arco correspondiente de un círculo, como se ilustra en la figura 6(b).

Se prefiere que, excluyendo la presencia de la primera y la segunda entradas de puerto (51u), la geometría del agujero cilíndrico (50) central definido anteriormente con respecto a una sección a lo largo del plano de simetría Π_1 definido por el eje (X1, X2) se aplique *mutatis mutandis* a una sección a lo largo del plano de simetría Π_2 definido por el eje (X1, X3) (como se ilustra en la figura 6(a) donde los radios de curvatura en el plano Π_2 están referenciados por pb_2 y pc_2) e incluso más preferentemente a una sección a lo largo de cualquier plano Π_i incluyendo el eje longitudinal X1. Por ejemplo, la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente del agujero cilíndrico (50) central, excluyendo la primera y segunda entradas de puerto (51u), puede tener una sección transversal circular o elíptica a lo largo de un plano Π_3 normal al eje longitudinal X1, teniendo diámetros principales $D_2(X_1)$, $D_3(X_1)$, a lo largo del primer eje transversal X2, y el segundo eje transversal X3, respectivamente, cuyas dimensiones evolucionan a lo largo del eje longitudinal X1, de modo que la relación $D_2(X_1)/D_3(X_1)$ permanece constante, con $D_2(X_1) \leq D_3(X_1)$. Si $D_2(X_1) = D_3(X_1)$, la sección transversal de la pared (50e) convergente es circular. Si la pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba es cilíndrica, la geometría del agujero cilíndrico (50) central (excluyendo las entradas de puerto (51u)) es una geometría de revolución.

La parte de agujero cilíndrico de conexión, que comprende las partes de agujero cilíndrico (50e, 50f) delgado y convergente debe permitir una transición de flujo suave desde un agujero cilíndrico (o similar) de anchura D_{2a} en el límite (5a) aguas arriba a los puertos frontales de anchura W_{51} , sustancialmente menor que la anchura D_{2a} . Por ejemplo, medida a lo largo del primer eje transversal X2, la relación W_{51}/D_{2a} de la anchura W_{51} del primero y segundo puertos frontales a lo largo del primer eje transversal X2 y la anchura D_{2a} a lo largo del primer eje transversal X2 del agujero cilíndrico (50) central en el límite (5a) aguas arriba está comprendido habitualmente entre el 15 % y el 40 %, preferentemente entre el 24 % y el 32 %. En el caso de una boquilla como se ilustra en las figuras 5 y 6, en la que la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente comprende una parte de agujero cilíndrico de transición (50b) y una parte de agujero cilíndrico de extremo (50c), se prefiere que la relación D_{2b}/D_{2a} , de la anchura D_{2b} a lo largo del primer eje transversal X2 del agujero cilíndrico (50) central en el límite de transición (5b) a la anchura D_{2a} a lo largo del primer eje transversal X2 del agujero cilíndrico (50) central en el límite (5a) aguas arriba está comprendido entre el 65 % y 85 %, preferentemente entre el 70 % y 80 %. A medida que el primer y segundo puertos (51) frontales están conectados al agujero cilíndrico (50) central en el nivel de la parte de agujero cilíndrico convergente, tal geometría permite que el área del agujero cilíndrico total (que se indica con más detalle a continuación) permanezca relativamente constante a lo largo del eje longitudinal X1 en la parte de agujero cilíndrico de transición (50b) y luego disminuir rápidamente en la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) para formar un campo de presión homogéneo antes de desviar el flujo desde el agujero cilíndrico (50a) central hacia los puertos (51) frontales.

Dado que la presión en el metal derretido a lo largo del eje longitudinal X1 es proporcional al área de la sección transversal del sistema de agujero cilíndrico, es importante que el área de la sección transversal total del sistema de agujero cilíndrico permanezca sustancialmente constante dentro del agujero cilíndrico (50) central hasta cerca de su extremo (10u), en el que el flujo de metal derretido debe desviarse hacia el primer y el segundo puertos (51) frontales. Esto es sencillo en la pared de agujero cilíndrico aguas arriba, ya que es prismático o ligeramente cónico, pero es más problemático mantener el área de la sección transversal sustancialmente constante lo más abajo posible de la pared de agujero cilíndrico (50e) convergente. Por "sustancialmente constante" y "lo más abajo posible", se entiende en el presente documento que la variación relativa, $\Delta A(X_1)/A_a = |A_a - A(X_1)|/A_a$, del área de sección transversal total $A(X_1)$ con respecto al área en sección transversal total A_a en el límite (5a) aguas arriba no debe ser mayor al 15 %, para cualquier plano Π_3 que interseca el eje longitudinal X1 desde el límite (5a) aguas arriba hasta el 70 % de la altura H_e de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente. Esto significa que la presión puede acumularse en el metal derretido dentro de una distancia muy corta, que corresponde, como máximo, a aproximadamente el 30 % de H_e para desviar el flujo de metal hacia el primer y segundo puertos (51) frontales. En particular, es ventajoso que el área de la sección transversal nunca aumente hasta que el metal derretido alcance el extremo de la parte de agujero cilíndrico (10u) central (10u correspondiente al extremo aguas arriba del divisor 10) y fluya exclusivamente en los puertos frontales. De hecho, un aumento en el área de la sección transversal en la parte de conexión crearía un desprendimiento de flujo que conduce a turbulencias y la formación de grandes remolinos. Tal requisito puede expresarse en términos de la derivada dA/dX_1 en la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente del área de sección transversal total A en cualquier plano Π_3 normal al eje longitudinal X1 con respecto a la posición de dicho plano Π_3 sobre el eje longitudinal X1; siendo dicha derivada ventajosamente nunca superior a 0, $dA/dX_1 \leq 0$.

La evolución del área del agujero cilíndrico de la sección transversal total en un plano Π_3 normal al eje longitudinal X1, que es la suma del área de la sección transversal del agujero cilíndrico (50) central y del primer y segundo puertos (51) frontales, como una función de la posición a lo largo del eje longitudinal X1 depende de la ubicación donde el primer y segundo puertos (51) frontales están conectados al agujero cilíndrico (50) central. Como se ha

mencionado anteriormente, las entradas de puertos (51u) del primer y segundo puertos frontales deben abrirse al menos parcialmente en dos paredes opuestas de la pared de agujero cilíndrico (50e) convergente. Es preferente que el extremo aguas arriba de la primera y la segunda entradas de puerto (51u) se sitúen bastante cerca del límite (5a) aguas arriba. Por "bastante cerca" se entiende en el presente documento, que el extremo aguas arriba de la primera y segunda entradas de puerto (51u) se separe del límite aguas arriba en no más del 7 % de la altura H_a de la pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba. En la práctica, esto no debe representar más de 30 mm, ya sea aguas arriba o aguas abajo del límite (5a) aguas arriba. El extremo aguas abajo de la primera y segunda entradas de puerto (51u) depende de la altura H_f de la parte de agujero cilíndrico delgado, que se ha indicado anteriormente. La altura H_f también es, preferentemente, bastante pequeña, y se prefiere que al menos el 80 % de la altura de las entradas de puertos (51u) frontales del primer y segundo puertos frontales, preferentemente al menos el 90 %, más preferentemente al menos el 95 %, está comprendido dentro de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente.

En el plano Π_2 definido por el eje (X_1 , X_3) (véase la vista (a) de las figuras 3-6), el primer y segundo puertos (51) frontales coinciden preferentemente con el agujero cilíndrico (50) central en un ángulo α , con respecto al eje longitudinal X_1 , comprendido entre 5° y 45° , más preferentemente entre 15° y 40° , lo más preferentemente entre 20° y 30° . Cada una de la primera y segunda salidas de los puertos (51d), por otro lado, definen un plano, sustancialmente, normal al eje longitudinal X_1 , en el que "sustancialmente normal" significa en el presente documento $90^\circ \pm 5^\circ$. Esto significa que el metal derretido debe salir por la boquilla de losa delgada en una dirección, sustancialmente, paralela al eje longitudinal X_1 .

Las figuras 7 y 8 comparan la evolución del área total del agujero cilíndrico (el área del agujero cilíndrico (50) central + los puertos (51) frontales) en función de la posición a lo largo del eje longitudinal X_1 para diversas boquillas de losa delgada que difieren en la geometría de la parte del agujero cilíndrico convergente, en la que:

- **los círculos negros** representan una boquilla de losa delgada según la presente invención como se ilustra en las figuras 5 y 6;
- **los círculos blancos** representan una parte de agujero cilíndrico convergente que tiene una geometría hemisférica;
- **los círculos grises** representan una parte de agujero cilíndrico convergente que tiene una geometría cónica; y
- **los triángulos blancos** representan una parte de agujero cilíndrico convergente que tiene una geometría de "destornillador plano", con dos paredes planas convergentes que se unen en el extremo de la parte convergente.

Puede verse en la figura 7 el modo en que el área de sección transversal del agujero cilíndrico evoluciona desde el límite (5a) aguas arriba hasta la primera y segunda salidas de los puertos (51d). Dado que únicamente la geometría de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente de las diversas boquillas trazadas en las figuras 7 y 8 fue variada, el área de la sección transversal de agujero cilíndrico del agujero cilíndrico en la parte difusora de salida es común a todas las boquillas y, por lo tanto, las curvas están superpuestas. En aras de la claridad, solo los círculos negros de la boquilla según la presente invención están representados en dicha parte difusora. Dado que la anchura W_{51} medida a lo largo del primer eje transversal X_2 es constante tanto sobre el eje longitudinal X_1 como el segundo eje transversal X_3 , la forma de la curva aguas abajo del agujero cilíndrico (50) central es representativa de la geometría de la pared del divisor (10) en una sección a lo largo del plano Π_2 . Es importante tener en cuenta que la altura H_d del divisor (10) es mayor que la altura H_e de la parte convergente, lo que permite que el flujo de metal derretido cambie de dirección a medida que pasa del agujero cilíndrico (50) central al primero y segundo puertos (51) frontales y realinearse a lo largo de la dirección de flujo requerida por la orientación de la primera y segunda salidas de los puertos (51d).

Se puede ver que el área de la sección transversal del sistema de agujero cilíndrico varía de manera muy diferente de un tipo de boquilla a otro en la parte de agujero cilíndrico de conexión. La figura 8 es una ampliación de la gráfica de la figura 7, ampliada en la parte del agujero cilíndrico de conexión entre el límite (5a) aguas arriba hasta el extremo (10u) aguas arriba del divisor (10). Se puede ver que con una parte de agujero cilíndrico convergente hemisférico (círculos blancos), el área de la sección transversal del agujero cilíndrico A aumenta primero, antes de caer rápidamente hasta alcanzar el extremo del agujero cilíndrico (10u) central. Como se ha mencionado anteriormente, un aumento en el área de la sección transversal crea un desprendimiento de flujo y una recirculación de flujo que genera grandes remolinos e inestabilidades de flujo, lo que puede resultar en la formación de burbujas y turbulencias al desviar la dirección del flujo hacia los puertos (51) frontales. Por lo tanto, tal solución no es conveniente para un buen control del flujo a través de la boquilla de losa delgada. Por el contrario, el área de sección transversal del agujero cilíndrico de una parte de agujero cilíndrico convergente cónico (círculos grises) cae primero muy rápidamente para luego aumentar antes de alcanzar el extremo del agujero cilíndrico (50) central. Nuevamente, tal caída y aumento repentinos en el área de la sección transversal del agujero cilíndrico crean turbulencia y, por lo tanto, no son satisfactorios. Una boquilla de losa delgada que comprende una parte convergente que tiene una geometría de "destornillador plano" (triángulos blancos) produce un realce sobre las geometrías hemisférica y cónica, porque el área de la sección transversal del agujero cilíndrico disminuye continuamente sin aumentar nunca hasta que alcanza el extremo del agujero cilíndrico (50) central. Como cabría esperar de una geometría que comprende dos paredes planas decrecientes, el área de la sección transversal del agujero cilíndrico disminuye sustancialmente de manera lineal en toda la altura H_e de la parte del agujero cilíndrico de conexión. Aunque es una mejora sobre las dos geometrías anteriores, al disminuir el área de la sección transversal del agujero cilíndrico regularmente en toda la altura H_e de la parte convergente, la presión se distribuye de manera uniforme y el flujo

desde el agujero cilíndrico (50a) central de lado hacia el primer y segundo puertos (51) frontales, por lo tanto, no pueden ser accionados lo suficientemente fuerte.

5 El área de la sección transversal del agujero cilíndrico en una boquilla según la presente invención (**círculos negros**) disminuye muy lentamente en más de la mitad, preferentemente en más del 70 % de la altura He de la parte convergente, y luego disminuye más rápidamente, creando de este modo un campo de presión sobre un pequeño volumen al extremo del agujero cilíndrico (50) central para redirigir (distribuir) el flujo de metal derretido hacia el primer y segundo puertos (51) frontales con un campo de presión homogéneo. Esto favorece la formación de un flujo racionalizado a lo largo del primer y segundo puertos frontales con sustancialmente menos riesgos de desprendimiento de flujo y formación de turbulencia aguas abajo del agujero cilíndrico central.

15 Desde luego, es importante mejorar la racionalización del flujo para evitar la formación de turbulencias, pero también permite un control mucho más preciso del caudal mediante el tapón. El caudal en el orificio de entrada de una boquilla de losa delgada se controla variando la distancia que separa el cabezal de tapón (7) y el asiento del orificio de entrada (50u). Si la evolución del área de sección transversal del agujero cilíndrico a lo largo del eje longitudinal X1 de la boquilla crea una falta de homogeneidad en el perfil de flujo con variaciones locales de los campos de presión, la precisión del control del caudal con el tapón se vuelve extremadamente difícil, y el caudal es probable que fluctúe con el tiempo. Como se ha indicado en la sección de introducción, tales fluctuaciones en el caudal crean, inevitablemente, fluctuaciones en el nivel del menisco en el molde de losa delgada con todas las consecuencias indicadas anteriormente. Por lo tanto, la presente invención permite un mejor control del flujo y el caudal de un metal derretido a través de una boquilla de losa delgada que lo que se ha alcanzado hasta ahora. Esto es particularmente interesante para la instalación de fundición a alta velocidad en la que el metal, como el acero, se moldea a altas velocidades de fundición del orden de 5 Kg/min por mm de anchura (W), lo que significa para una losa de 1500 mm una velocidad de aproximadamente 6-7 toneladas por minuto. En particular, la boquilla de la invención es adecuada para nuevas instalaciones adaptadas para la fundición de losas más gruesas y anchas de hasta 10 toneladas por minuto. La boquilla según la invención permite fundir a gran velocidad losas delgadas grandes que tienen una anchura (W) de 1600 mm hasta 2000 mm o más en instalaciones de fundición como se ha descrito anteriormente en el párrafo [0004].

30 La boquilla de losa delgada de la presente invención es, particularmente, adecuada para su uso en una instalación de fundición de metal para la fundición de losas delgadas que comprenden una artesa provista de al menos una salida en comunicación fluida con tal boquilla de losa delgada. El buen control del flujo de metal derretido a través de una boquilla de losa delgada según la presente invención lo hace ideal para su uso en instalaciones de fundición que se acoplan a una unidad de laminación en caliente para la producción continua de tiras metálicas de calibre delgado con un alto grado de precisión. Las boquillas de losa delgada según la presente invención fueron probadas por Acciaieria Arvedi SpA en un mini molino para productos laminados planos utilizando la Arvedi Technology in Cremona (Italia) equipada con una única línea de fundición y una unidad de laminación en caliente denominada Endless Strip Production (ESP). Las tiras con un calibre comprendido entre 0,8 mm y 12,7 mm se produjeron con éxito de manera continua a velocidades constantes con un alto grado de precisión. Las variaciones de nivel del menisco en la boquilla de losa delgada se supervisaron y se mantuvieron muy moderadas, sin causar problemas durante los ensayos de producción.

45 La producción de tiras "sin fin" de tiras delgadas permite ahorros sustanciales en los costos de energía, agua y equipos en comparación con las técnicas tradicionales de producción de tiras. Sin embargo, los requisitos sobre el flujo de metal que sale de la boquilla de losa delgada y, por lo tanto, sobre el control de flujo que sale de la boquilla de losa delgada son mucho más altos que en procesos discontinuos, en los que los productos semiacabados pueden tratarse de alguna manera antes de ser laminados en frío para reducir los defectos. El excelente control de flujo obtenido con una boquilla de losa delgada según la presente invención permite la producción continua de tiras delgadas con propiedades homogéneas y es óptima para su uso en una unidad ESP.

50

REIVINDICACIONES

1. Boquilla de losa delgada (1) para la fundición de losas delgadas hechas de metal, teniendo dicha boquilla de losa delgada una geometría simétrica con respecto a un primer plano de simetría $\Pi 1$ definido por un eje longitudinal X1 y un primer eje transversal X2 normal a dicho eje longitudinal X1, y simétrico con respecto a un segundo plano de simetría $\Pi 2$ definido por el eje longitudinal X1, y un segundo eje transversal X3 normal tanto para el eje longitudinal X1 como para dicho primer eje transversal X2, extendiéndose dicha boquilla de losa delgada (1) a lo largo de dicho eje longitudinal X1 desde:
- 5
- 10 - una parte de entrada, situada en un extremo aguas arriba de la boquilla de losa delgada y que comprende un orificio de entrada (50u) orientado perpendicularmente al eje longitudinal X1 hacia
- una parte difusora de salida situada en un extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada y que comprende un primer y segundo orificios de puerto de salida (51d), teniendo dicha parte difusora de salida una anchura, medida a lo largo del segundo eje transversal X3, la cual es al menos tres veces más grande que el grosor de la misma
- 15 medida a lo largo del primer eje transversal X2, y que comprende una parte de conexión que conecta la parte de entrada y la parte difusora de salida, comprendiendo dicha boquilla de losa delgada además:
- un agujero cilíndrico (50) central definido por una pared de agujero cilíndrico y que se abre a dicho orificio de entrada (50u) y que se extiende desde ahí a lo largo del eje longitudinal X1 hasta que se cierra en un extremo (10u) aguas arriba de un divisor (10), comprendiendo dicho agujero cilíndrico (50) central:
- 20 - una parte de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba que comprende el orificio de entrada y se extiende sobre una altura H_a y, adyacente a la misma, formando un límite (5a) aguas arriba con
- una parte de agujero cilíndrico (50e) convergente de altura H_e situada en la parte de conexión de la boquilla de losa delgada, y adyacente a la misma
- una parte de agujero cilíndrico (50f) delgado de altura H_f situada en la parte difusora de la boquilla de losa delgada y que termina al nivel del extremo (10u) aguas arriba de dicho divisor (10),
- 25 - el primer y segundo puertos (51) frontales separados entre sí por el divisor (10) y que se extienden en paralelo a dicho segundo plano de simetría $\Pi 2$, extendiéndose dichos primer y segundo puertos frontales desde la primera y segunda entradas de puertos (51u) que se abren al menos, parcialmente, en dos paredes opuestas de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente, a dichos primer y segundo orificios de puertos de salida (51d), teniendo dichos primer y segundo puertos (51) frontales una anchura W_{51} , medida a lo largo del primer eje transversal X2, que siempre es menor que la anchura $D_2(X1)$, de la parte de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba medida a lo largo del primer eje transversal X2,
- 30 teniendo el agujero cilíndrico (50) central un radio de curvatura pa_1 en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico sobre al menos el 90 % de la altura H_a de la pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba que tiende hacia el infinito,
- 35 **caracterizada por que**, en una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría $\Pi 1$, la geometría de la pared del agujero cilíndrico (50) central se caracteriza de la siguiente manera:
- el radio de curvatura en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la pared de agujero cilíndrico (50e) convergente es finito, y
- 40 - la relación de la altura H_f de la parte de agujero cilíndrico (50f) delgado con la altura H_e de la pared (50e) convergente no es mayor que 1, $H_f/H_e \leq 1$.
2. Boquilla de losa delgada según la reivindicación 1, en la que el área de sección transversal total $A(X1)$ medida en planos $\Pi 3$ normal al eje longitudinal X1 tanto del agujero cilíndrico (50) central como del primer y segundo puertos (51) frontales **caracterizada por que** la variación relativa, $\Delta A(X1)/A_a = |A_a - A(X1)|/A_a$, del área de sección transversal total $A(X1)$ con respecto al área de sección transversal total A_a en el límite (5a) aguas arriba no es superior al 15 %, para cualquier plano $\Pi 3$ que intersecte el eje longitudinal X1, desde el límite (5a) aguas arriba hasta el 70 % de la altura H_e de la pared de agujero cilíndrico convergente (50e).
- 45
- 50 3. Boquilla de losa delgada según la reivindicación 1 o 2, en la que la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente se divide además en dos partes de agujero cilíndrico:
- una parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) de altura H_c y
- una parte de agujero cilíndrico de transición (50b) de altura H_b comprendida entre y adyacente a la pared de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba y la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c), formando de este modo en un extremo un límite de transición (5b) con la parte de agujero cilíndrico de extremo y, en el otro extremo, el límite (5a) aguas arriba con la parte de agujero cilíndrico aguas arriba,
- 55 y en la que en una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría $\Pi 1$, la geometría de la pared de agujero cilíndrico (50e) convergente está caracterizada de la siguiente manera:
- el radio de curvatura pc_1 en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) no es mayor a la mitad de la anchura D_{2a} del agujero cilíndrico (50) central en el límite (5a) aguas arriba, $pc_1 \leq \frac{1}{2} D_{2a}$;
- 60 - el radio de curvatura pb_1 en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de transición (50b) es mayor que la mitad de dicha anchura D_{2a} y está comprendida entre $5 \times pc_1$ y $50 \times D_{2a}$; y,
- 65 - la relación de altura, H_b/H_c , de la parte de agujero cilíndrico de transición (50b) a la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) está comprendida entre 3 y 12.

4. Boquilla de losa delgada según la reivindicación 3, en la que el radio de curvatura pb_1 , medido en una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría Π_1 , es constante en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de transición (50b) y/o en la que el radio de curvatura pc_1 , medido en un corte de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría Π_1 , es constante en cualquier punto de la pared de agujero cilíndrico de la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c).
5. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que, excluyendo la primera y segunda entradas de puerto (51u), los radios de curvatura y las relaciones de altura de la pared de agujero cilíndrico de la pared de agujero cilíndrico (50e) convergente, la parte de agujero cilíndrico de transición (50b) y la parte de agujero cilíndrico de extremo (50c) definidas en las reivindicaciones 1, 3 y 4 con respecto a una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del primer plano de simetría Π_1 , se aplican también a una sección de la boquilla de losa delgada a lo largo del segundo plano de simetría Π_2 y, preferentemente, a lo largo de cualquier plano Π_i , que comprende el primer eje longitudinal X_1 .
6. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente del agujero cilíndrico (50) central, excluyendo la primera y segunda entradas de puerto (51u), tiene una sección transversal elíptica o circular a lo largo de un plano Π_3 , normal al eje longitudinal X_1 , que tiene los diámetros principales, $D_2(X_1)$, $D_3(X_1)$, a lo largo del primer eje transversal X_2 y el segundo eje transversal X_3 respectivamente, cuyas dimensiones evolucionan a lo largo del eje longitudinal X_1 , de manera que la relación $D_2(X_1)/D_3(X_1)$ permanece constante, con $D_2(X_1) \leq D_3(X_1)$.
7. Boquilla de losa delgada según la reivindicación 5, en la que la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente tiene una geometría de revolución alrededor del eje longitudinal X_1 , excluyendo la primera y segunda entradas de puerto (51u).
8. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la distancia entre el extremo aguas arriba de la boquilla de losa delgada y el extremo aguas arriba de la primera y segunda entradas de puerto (51u) está comprendida dentro de la altura H_a de la parte de agujero cilíndrico (50a) aguas arriba $\pm 7\%$ y/o dentro de dicha altura $H_a \pm 30$ mm y en la que en el segundo plano de simetría Π_2 , el primer y segundo puertos (51) frontales se juntan con el agujero cilíndrico (50) central en un ángulo α , con respecto al eje longitudinal X_1 , comprendido entre 5° y 45° , más preferentemente entre 15° y 40° , más preferentemente entre 20° y 30° .
9. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la geometría en una sección a lo largo del segundo plano de simetría Π_2 , de las paredes del divisor (10) en contacto con el primer y segundo puertos (51) frontales está caracterizada por ambas paredes que se extienden desde el extremo (10u) aguas arriba del divisor al extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada a lo largo del eje longitudinal X_1 , primero divergiendo hasta que el divisor (10) alcance su anchura máxima y luego converjan hasta que alcancen el extremo aguas abajo de la boquilla de losa delgada.
10. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la altura H_d del divisor (10) es al menos el doble que la altura H_e de la pared de agujero cilíndrico (50e) convergente, $H_d \geq 2 H_e$.
11. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la relación W_{51}/D_{2a} , de la anchura W_{51} del primer y segundo puertos frontales a lo largo del primer eje transversal X_2 , a la anchura D_{2a} a lo largo del primer eje transversal X_2 del agujero cilíndrico (50) central en el límite (5a) aguas arriba está comprendida entre el 15 % y el 40 %, preferentemente entre el 24 % y el 32 %.
12. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones de 3 a 11, en la que la relación D_{2b}/D_{2a} , de la anchura D_{2b} , a lo largo del primer eje transversal X_2 , del agujero cilíndrico (50) central en el límite de transición (5b) a la anchura D_{2a} , a lo largo del primer eje transversal X_2 del agujero cilíndrico (50) central en el límite (5a) aguas arriba está comprendida entre el 65 % y el 85 %, preferentemente entre el 70 % y el 80 %.
13. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la derivada dA/dX_1 en la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente del área de la sección transversal total A sobre cualquier plano Π_3 normal al eje longitudinal X_1 con respecto a la posición de dicho plano Π_3 sobre el eje longitudinal X_1 nunca es superior a 0, $dA/dX_1 \leq 0$.
14. Boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que
 - la relación de la altura H_f de la parte de agujero cilíndrico (50f) delgado a la altura H_e de la parte de agujero cilíndrico (50e) convergente no es superior al 50 %, preferentemente no más que 25 %, más preferentemente no más que 15 %, y/o
 - la relación de la altura H_f de la parte de agujero cilíndrico (50f) delgado a la altura total del agujero cilíndrico (50) central no es superior al 15 %, preferentemente no más que 10 %, más preferentemente no más que 7 %, más preferentemente no más que 3 %.
15. Instalación de fundición de metal para la fundición de losas delgadas que comprenden una artesa provista de al

menos una salida en comunicación fluídica con una boquilla de losa delgada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, cuya parte difusora de salida es insertada en un molde de losa delgada.

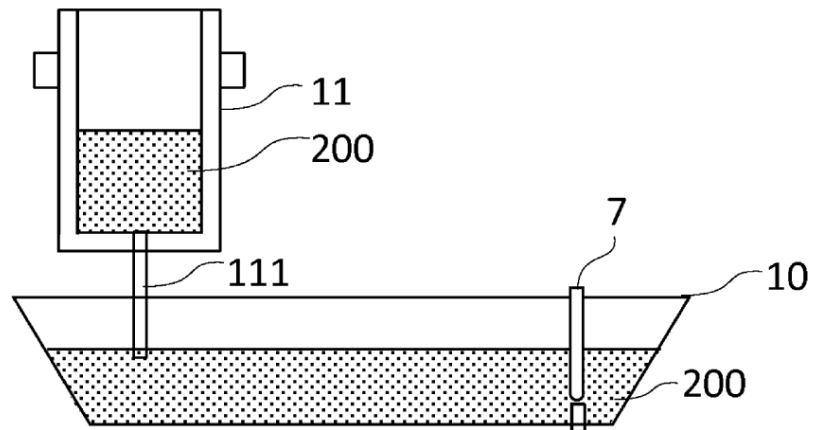


FIG.1

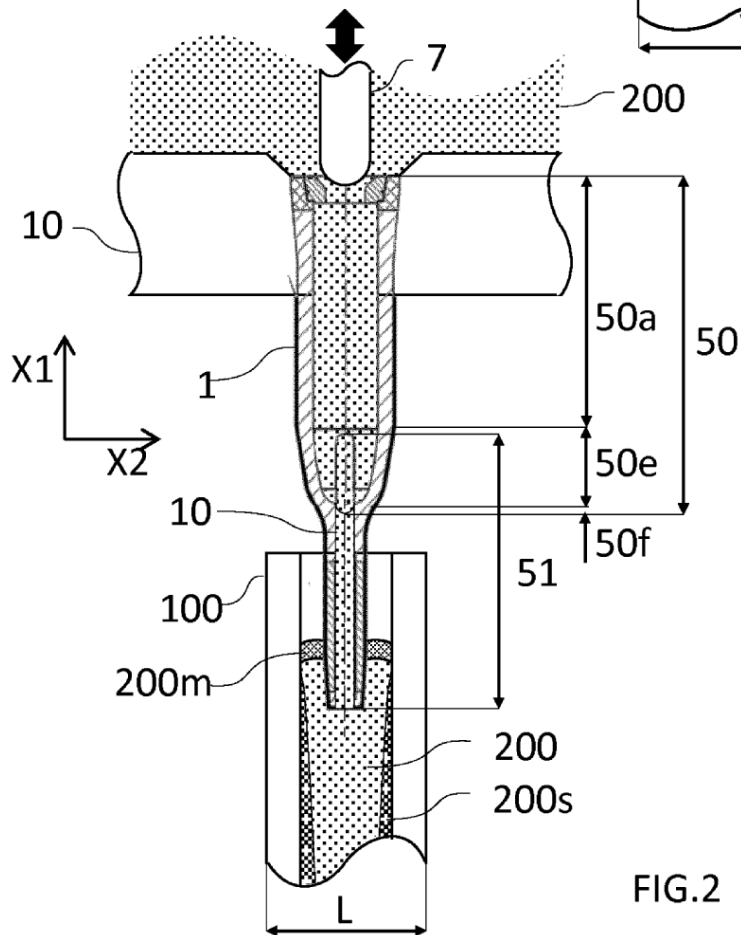
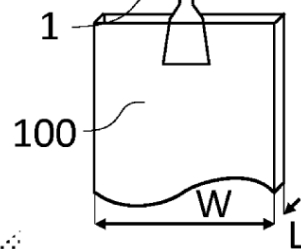


FIG.2

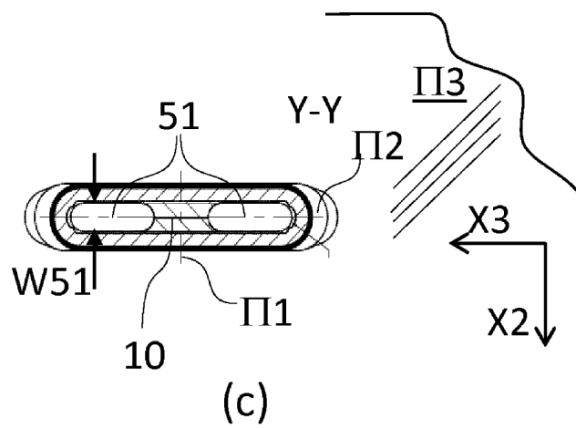
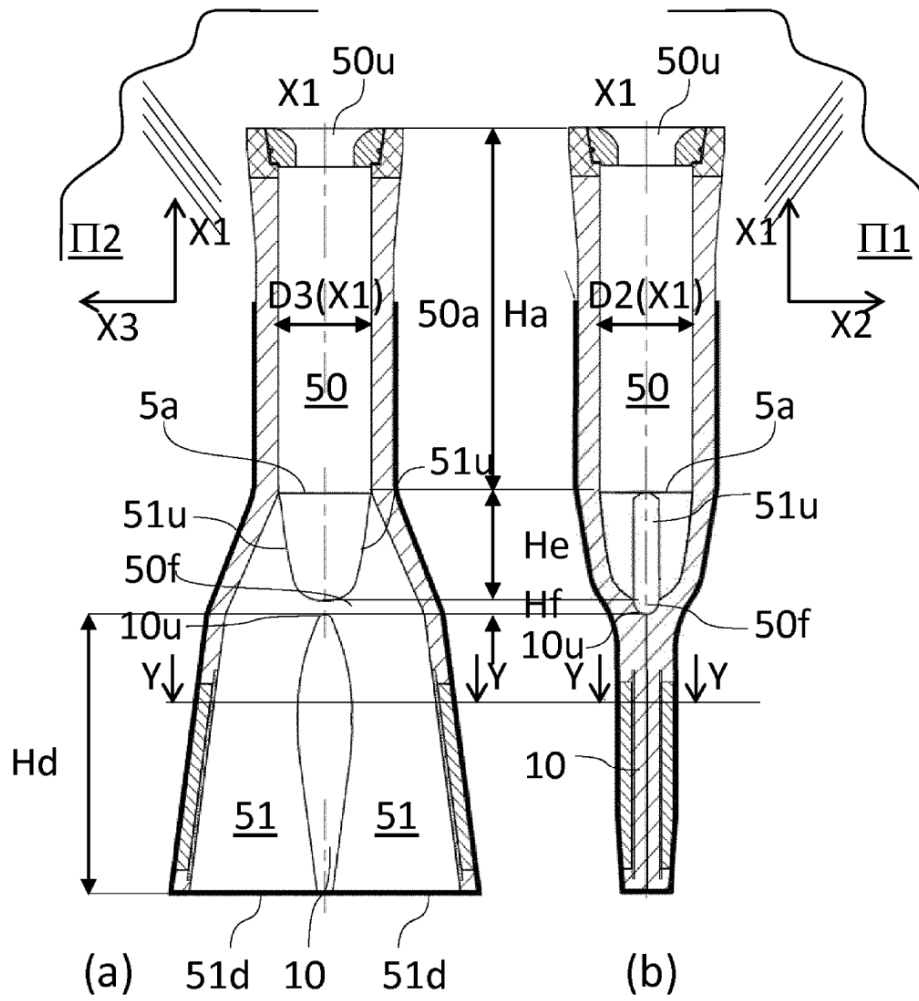


FIG.3

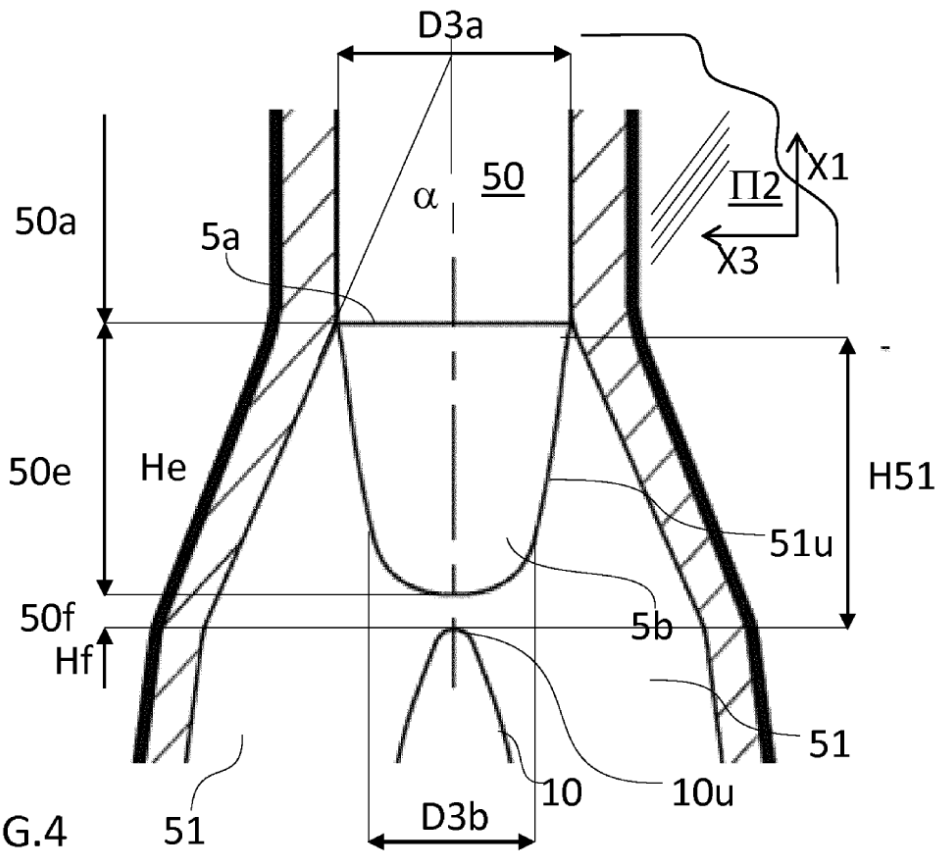


FIG. 4
(a)

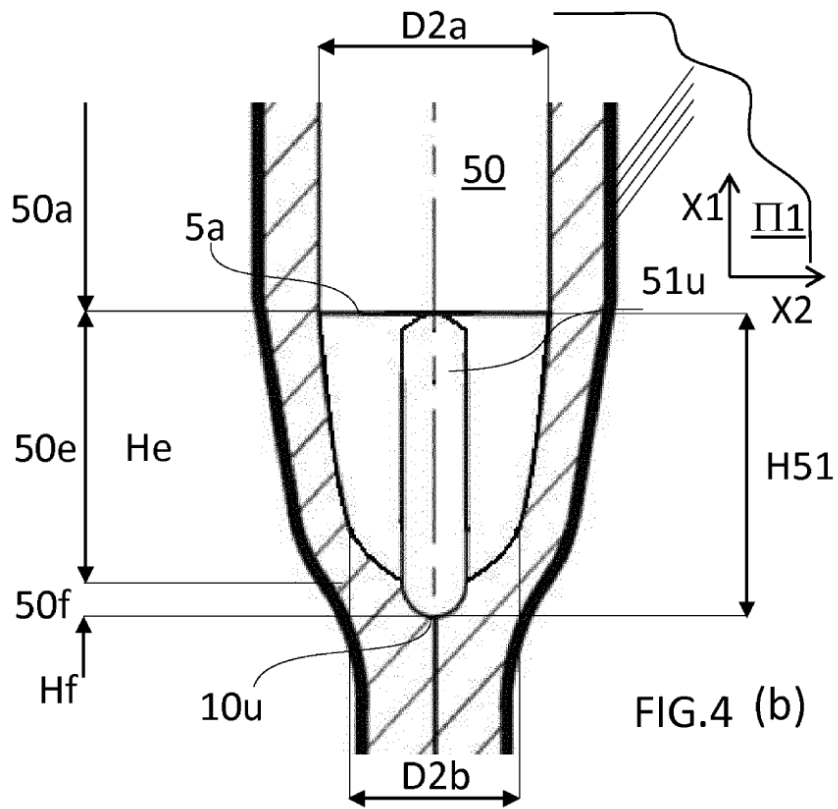


FIG. 4 (b)

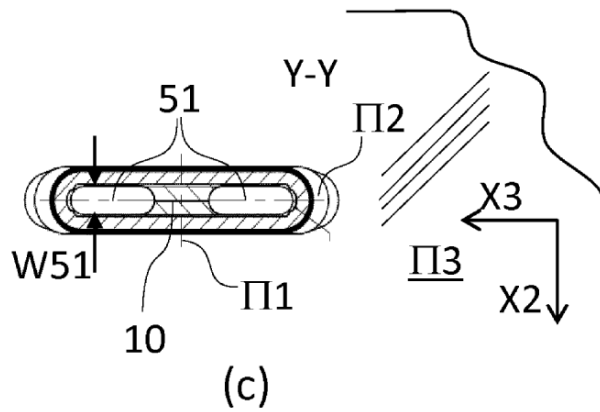
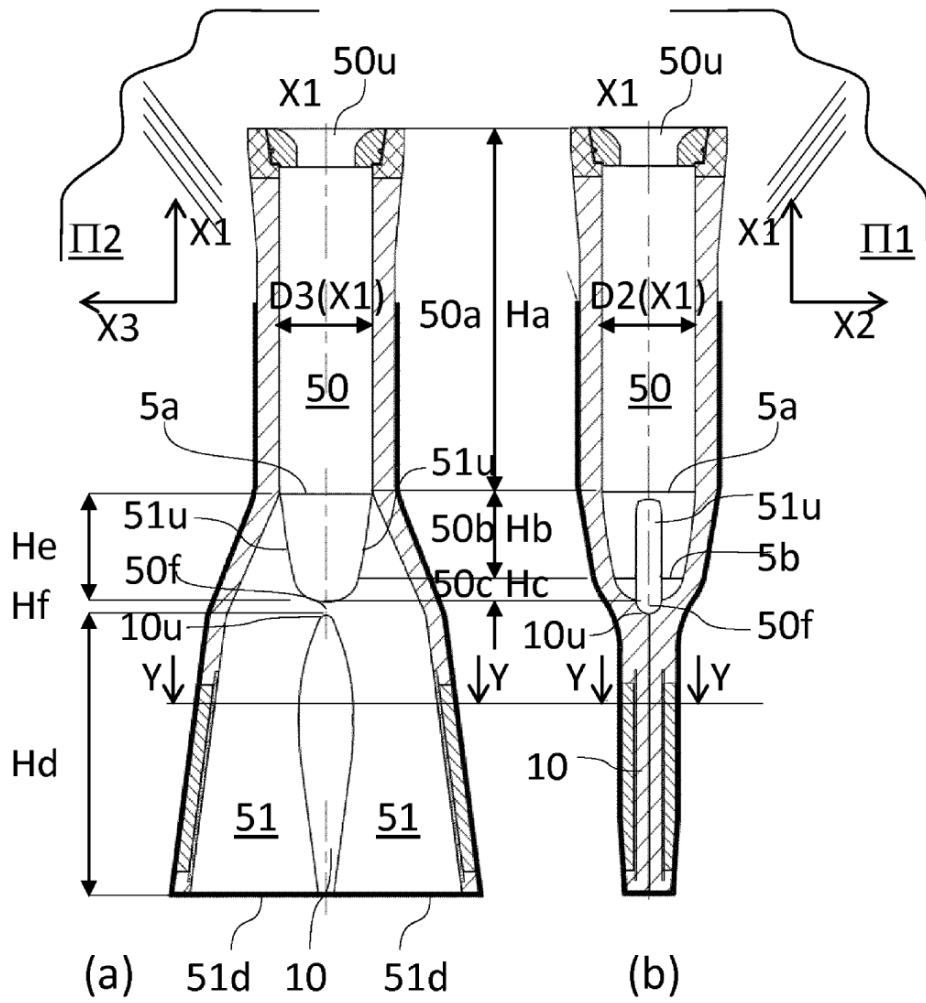


FIG.5

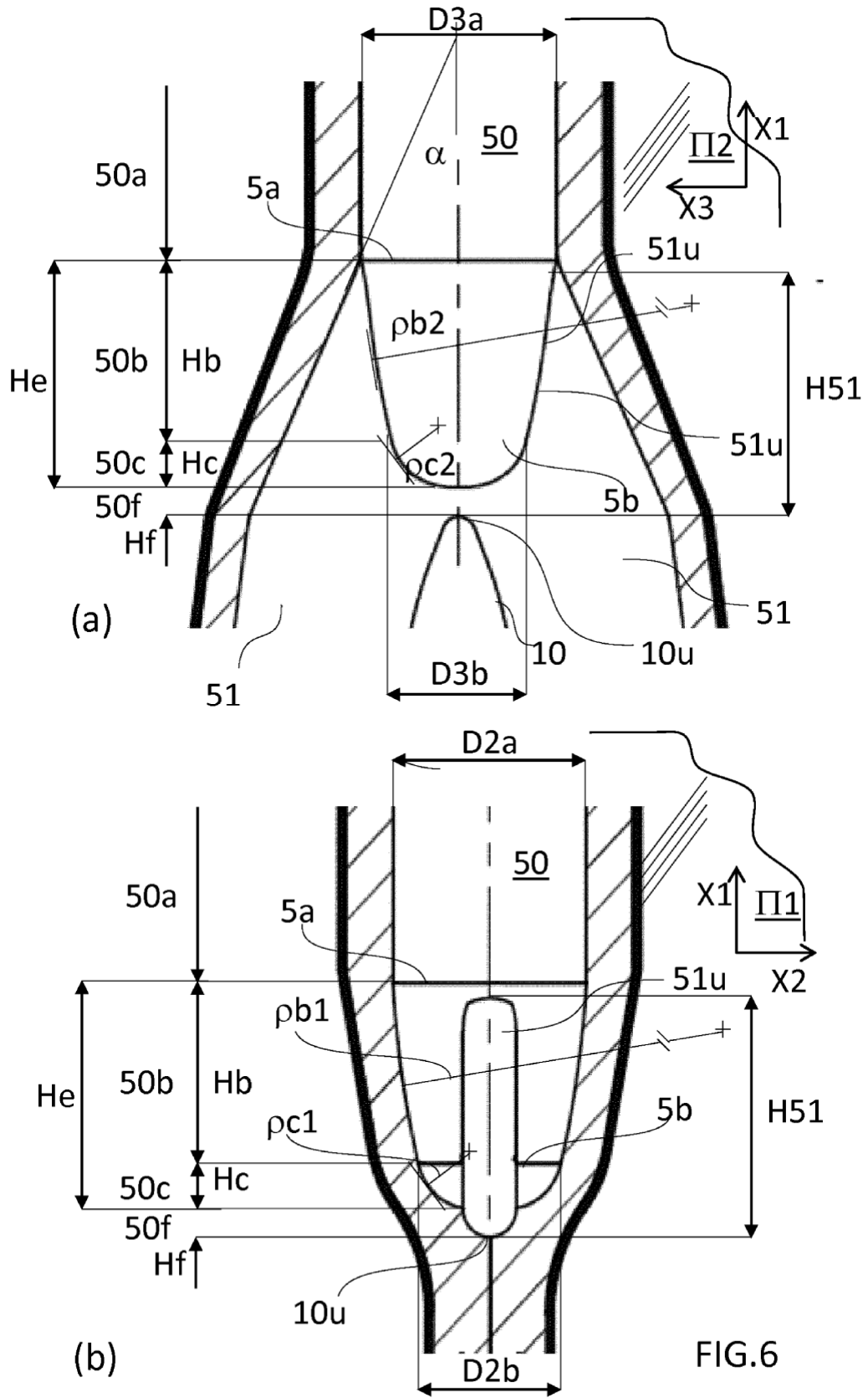


FIG.6

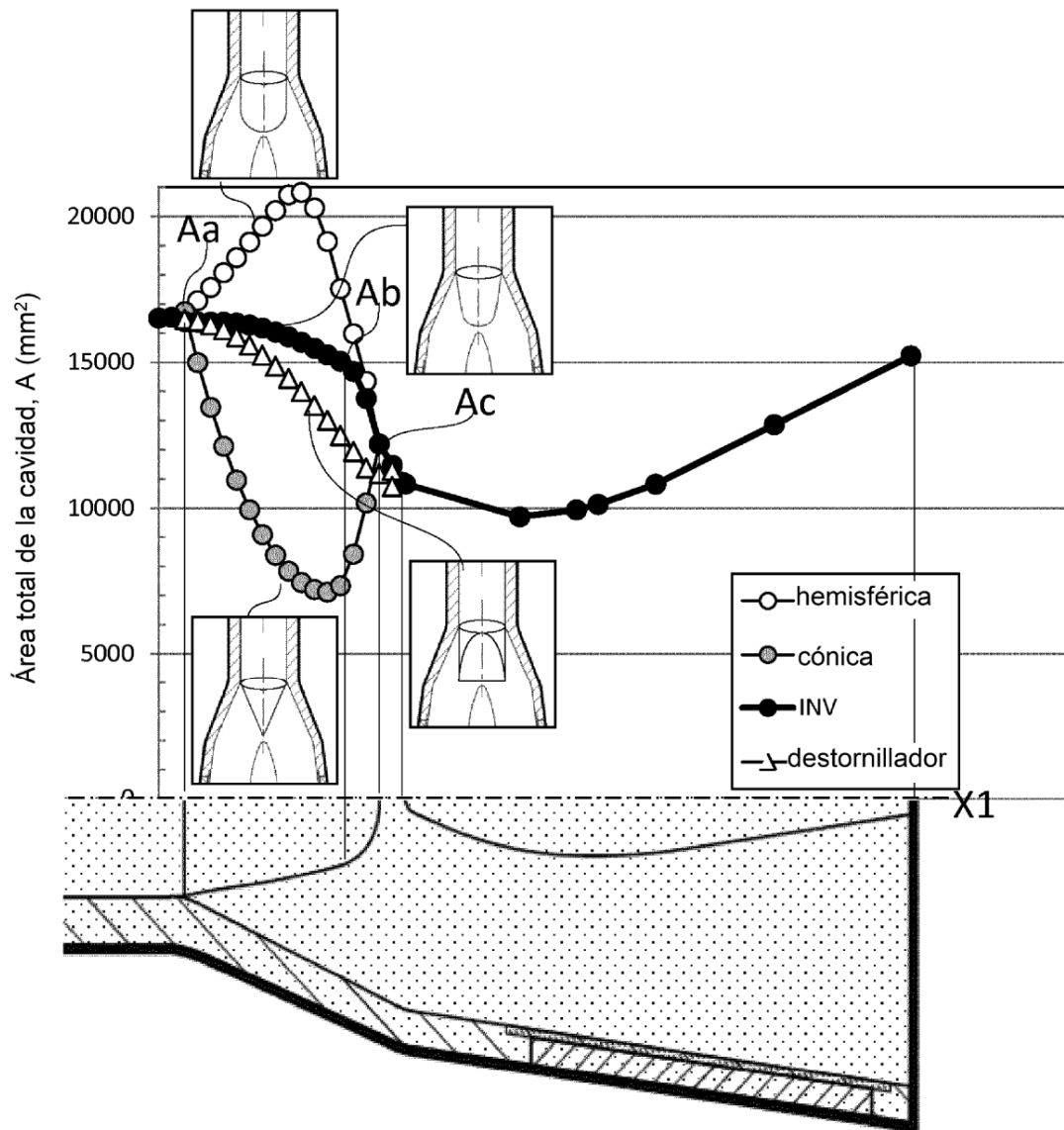


FIG.7

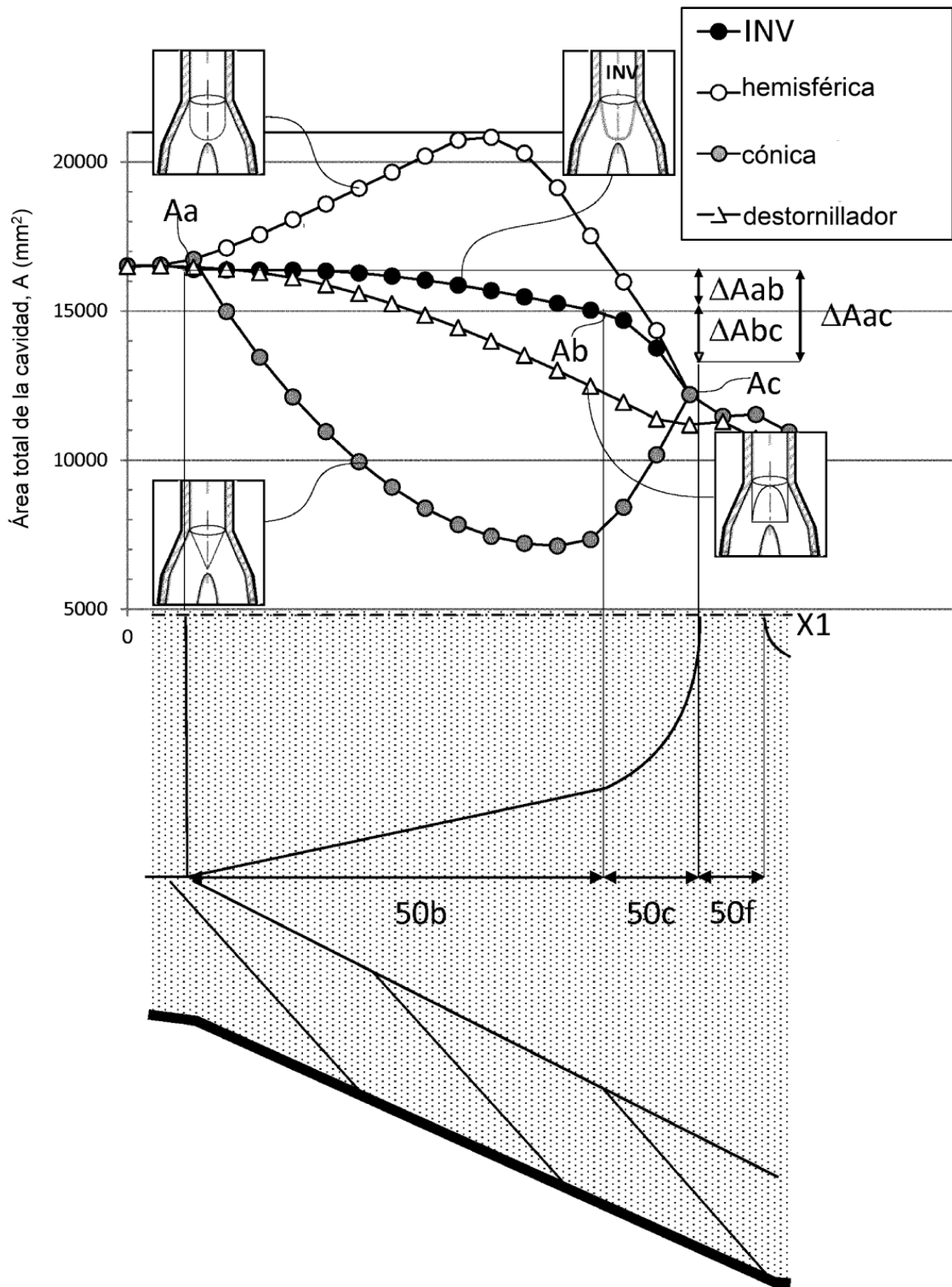


FIG.8