

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 031**

51 Int. Cl.:

**B22D 41/58** (2006.01)

**B22D 11/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2009 PCT/GB2009/000143**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.07.2010 WO10084295**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2009 E 09784522 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2382062**

54 Título: **Tobera de entrada sumergida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.04.2020**

73 Titular/es:  
**REFRACTORY INTELLECTUAL PROPERTY  
GMBH & CO. KG (100.0%)  
Wienerbergstrasse 11  
1100 Wien, AT**

72 Inventor/es:  
**NITZL, GERALD y  
DAVIES, JOHN**

74 Agente/Representante:  
**RIZZO , Sergio**

ES 2 754 031 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

Tobera de entrada sumergida

Campo de la invención

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una tobera para guiar metal fundido, por ejemplo, acero fundido. Más en concreto, la invención se refiere a una denominada tobera de entrada sumergida (SEN, por sus siglas en inglés), también conocida como tobera de fundición, utilizada en un proceso continuo de fundición para producir acero. La invención se refiere también a un sistema para controlar un flujo de metal fundido, por ejemplo, al fundir acero.

Antecedentes de la invención

10 **[0002]** En un proceso continuo de fabricación de acero fundido, el acero fundido se vierte desde un caldero a un recipiente grande conocido como artesa. La artesa posee una o varias salidas a través de las cuales fluye el acero fundido a uno o varios moldes respectivos. El acero fundido se enfría y solidifica en los moldes para formar continuamente longitudes sólidas fundidas de metal. Una tobera de entrada sumergida se sitúa entre la artesa y cada molde, y guía el acero fundido que fluye a través de la misma desde la artesa al molde. La tobera de  
15 entrada sumergida presenta la forma de un conducto alargado y generalmente posee el aspecto de un tubo o caño rígido.

**[0003]** Una tobera de entrada sumergida ideal presenta las siguientes funciones principales. En primer lugar, la tobera sirve para impedir que el acero fundido que fluye desde la artesa al molde entre en contacto con el aire, ya que su exposición al aire provocaría la oxidación del acero, lo cual afectaría negativamente a su calidad. En  
20 segundo lugar, resulta muy deseable que la tobera introduzca el acero fundido en el molde de forma tan suave y no agitada como sea posible. Esto se debe a que la perturbación en el molde provoca que el flujo en la superficie del acero fundido se arrastre hacia abajo en el molde (conocido como «arrastre»), produciendo así impurezas en el acero fundido. Una tercera función principal de una tobera de entrada sumergida es introducir el acero fundido en el molde de manera controlada para lograr una formación de carcasa solidificada de manera uniforme y con  
25 una calidad y composición uniformes del acero fundido, a pesar del hecho de que el acero se solidifica más rápidamente en las zonas más cercanas a las paredes del molde.

**[0004]** Se podrá observar que diseñar y fabricar una tobera de entrada sumergida que realice todas las funciones anteriores hasta un punto aceptable es una tarea extremadamente exigente. La tobera no solo debe diseñarse y fabricarse para soportar las fuerzas y temperaturas asociadas al acero fundido de fluido rápido, aunque la  
30 necesidad de la supresión de perturbaciones, junto con la necesidad de una distribución uniforme del acero fundido en el molde, crea problemas extremadamente complejos en la dinámica de fluidos.

**[0005]** Además, resulta habitual introducir aluminio en el proceso de fundición para combinarse y, por lo tanto, suprimir el oxígeno del acero fundido, ya que el oxígeno puede formar burbujas o vacíos indeseados en el interior del metal fundido. Sin embargo, resulta conocido que la alúmina resultante tiende a acumularse en la superficie interior de las toberas de entrada sumergida empleadas durante el proceso de fundición. Esta acumulación limita el flujo de metal a través de la tobera, lo cual, a su vez, afecta a la calidad y el flujo del metal que sale de la tobera. Con el tiempo, la acumulación de alúmina puede bloquear finalmente por completo el flujo de metal, provocando así que la tobera resulte inutilizable.

**[0006]** El documento GB 1270024 describe un método y aparato para fundir un lingote en el que se inyecta oxígeno en el acero aproximadamente un tercio del camino a lo largo del paso conjunto de la tobera desde el extremo de salida, inyectándose el oxígeno en una región cilíndrica ampliada de la tobera.

**[0007]** En el documento WO 02/081123 se describe un artículo refractario para su uso en el control de un chorro de metal fundido durante la fundición continua, en el cual se proporciona una o varias perturbaciones en una superficie de trabajo para alterar el flujo laminar en una capa limítrofe adyacente a la superficie. En una forma de  
45 realización, la perturbación adopta la forma de una ranura cercana a la entrada de la tobera. Se sugiere que, conforme se incrementa la velocidad en torno a la perturbación, la presión decrece, y dicho descenso puede aprovecharse para la inyección de un gas inerte.

**[0008]** El documento GB 201,853 da a conocer una tobera para un caldero de fundición en la que se forma una ranura anular en una zona superior de la misma. El propósito de la ranura es recibir metal fundido conforme el metal se refleja en el interior del orificio de la tobera, a través de la cual se reduce la energía cinética del metal fundido.

**[0009]** Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar una tobera de entrada sumergida mejorada.

Sumario de la invención

55 **[0010]** De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una tobera para guiar metal fundido que comprende: una entrada en un primer extremo ascendente; al menos una salida hacia un segundo

extremo descendente; una superficie interior entre dicha entrada y dicha al menos una salida que define un orificio a través de la tobera; presentando el orificio una región de cuello adyacente a la entrada; proporcionándose un canal anular en la superficie interior de la tobera; y disponiéndose un medio de suministro de fluido para introducir fluido en el orificio por medio del canal anular; donde la región de cuello presenta una superficie curvada de forma convexa y el canal anular se sitúa en la superficie curvada de forma convexa de la región de cuello o adyacente a esta, de tal manera que la superficie interior de la tobera inmediatamente ascendente del canal anular está curvada; y donde la superficie curvada de la región de cuello proporciona una superficie de ascenso tangencial que favorece el desprendimiento del metal fundido de la superficie interior de la tobera antes de la introducción del fluido a través del canal anular, permaneciendo el metal fundido considerablemente en fluido laminar y continuando en una dirección generalmente curvada de forma descendente al desprenderse de la superficie interior.

**[0011]** Se podrá observar que, debido a que el canal anular se sitúa en la superficie curvada de forma convexa de la región de cuello o adyacente a esta (es decir, la superficie de contacto entre la superficie curvada de forma convexa y el resto del orificio), la superficie interior de la tobera inmediatamente ascendente respecto al canal anular será curva.

**[0012]** Los solicitantes han observado que la presente invención permite la introducción de un fluido, como argón, en el orificio de la tobera con una alteración mínima en el metal fundido que fluye a través de la tobera. Los solicitantes consideran que esto se debe a la superficie curvada de la región de cuello proporciona una superficie de ascenso tangencial, que favorece que el metal fundido se desprenda de la superficie interior de la tobera antes de la introducción del fluido a través del canal anular. No obstante, al contrario de lo que sucede en el caso de una región de cuello frustocónica, en la que el metal fundido se conduce a través del centro de la tobera y crea perturbaciones en el orificio, en el presente caso, el metal fundido permanece sustancialmente en flujo laminar y continua en una dirección descendente generalmente curvada al desprenderse de la superficie interior. En consecuencia, la geometría de la tobera antes del canal anular afecta al flujo de metal y, por lo tanto, a la eficacia del fluido que se introduce mediante el canal anular. Con la presente invención, el fluido se puede introducir para formar una cortina (esto es, una capa) entre la superficie interior de la tobera y el metal fundido que fluye a través de la misma, según se describe con más detalle más adelante. Esto ayuda a impedir que se depositen incorporaciones a lo largo del orificio, lo cual puede afectar, a su vez, a las características del flujo del metal fundido que sale por la tobera.

**[0013]** Durante su uso, esta configuración concreta de la tobera permite, por lo tanto, que el metal fundido fluya a la región de cuello hasta que se desprende de la superficie interior de la tobera debido a la presencia del canal anular, que puede considerarse como una discontinuidad en la superficie interior. Esto crea un «ángulo muerto» en la zona del canal anular en el que prácticamente no fluye nada de metal. Bajo el «ángulo muerto», el flujo de metal tiende naturalmente a expandirse y se volvería a adherir a la superficie interior de la tobera si no existiera el fluido introducido mediante el medio de suministro de fluido. Por consiguiente, se podrá observar que el medio de suministro de fluido está situado para introducir fluido en este «ángulo muerto» antes de que el metal se vuelva a adherir a la superficie interior de la tobera. El fluido introducido por el orificio en la zona del «ángulo muerto» baja por la superficie interior del orificio por la acción del flujo de metal fundido que lo atraviesa. Por consiguiente, el fluido forma una funda o cortina entre el orificio y el flujo de metal, que ayuda a prevenir que el metal se vuelva a adherir a la superficie interior de la tobera y reduce así la acumulación de incorporaciones, como alúmina, en la superficie interior de la tobera. En algunas formas de realización, la longitud de la cortina puede realizarse para oscilar con el fin de proporcionar un efecto de depuración para minimizar la acumulación de incorporaciones. Como el fluido se introduce en el «ángulo muerto», se puede introducir con un ritmo y presión menores que se se introdujera directamente en el chorro de metal. Por consiguiente, se puede ahorrar considerablemente en la cantidad necesaria de fluido.

**[0014]** Los solicitantes han desarrollado modelos de dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés) para estudiar el efecto de poseer una región de cuello 10 con forma frustocónica en una tobera 12 que se encuadraría de otro modo en la definición anterior de la presente invención. Los resultados de estos estudios se muestran en la figura 1 en forma de mapas de distribución de fase secuencial para los primeros segundos después de introducir un gas 14 por medio de un canal anular 16 (que se dispone en la región de cuello 10), mientras que el metal fundido 18 fluye a través de la tobera 12. Más en concreto, la figura 1 muestra veintitrés vistas de la distribución de fases en la tobera 12, representando cada vista consecutiva (cuando se observa de izquierda a derecha) la distribución de fases 1 segundo después de la vista previa. Cabe destacar que la figura 1A muestra una vista ampliada de la región de cuello de la primera vista en la figura 1, que representa la distribución de fases cuando el gas 14 se introduce primero en el orificio (es decir, cuando el tiempo transcurrido es de efectivamente 0 segundos).

**[0015]** En este estudio concreto (en relación con los estudios comparativos descritos más adelante), se empleó una tobera simple de extremo abierto 12 (es decir, que presenta una salida axial de diámetro equivalente al orificio). Por lo tanto, en la tobera 12, se permitió que el metal fundido 18 descendiera libremente por efecto de la gravedad; lográndose únicamente el control del flujo a través de la tobera 12 por el grado de cierre de la varilla de tope 20. Por consiguiente, los resultados del modelo se podrían aplicar del mismo modo a otras disposiciones de puertos de salida, que se podrían elegir en función de las características de flujo deseadas en el molde.

**[0016]** En relación con la figura 1, se puede observar que el gas argón 14 inyectado a través del canal anular 16 no forma una cortina protectora bajo los lados de la tobera 12, sino que forma bolsas discretas de gas 14 a lo largo de la longitud del orificio. En consecuencia, con un cuello frustocónico 10, no se tiende a formar una cortina de gas en la superficie interior de la tobera 12, y los solicitantes creen que esto se debe a que los lados rectos de la región de cuello 10 dirigen el metal fundido 18 hacia el centro de la tobera 12, y esto provoca un grado de perturbación en el metal fundido 18 que, a su vez, altera el gas 14 que fluye hacia el orificio.

**[0017]** De nuevo en referencia a la presente invención, se pretende que la tobera se utilice en un sistema que incorpora una varilla de tope para controlar el flujo de metal fundido (conforme a lo anteriormente descrito). La región de cuello de la tobera posee una superficie de apoyo que recibe la varilla de tope durante el uso. La distancia entre la varilla de tope y la superficie de apoyo puede variar para controlar el flujo de metal fundido a través de la tobera. El canal anular se puede situar a continuación de la superficie de apoyo.

**[0018]** La tobera puede ser del tipo conocido como tobera de entrada sumergida. Por lo tanto, la tobera puede estar formada a partir de una única pieza de refractario monolítico.

**[0019]** De manera alternativa, la tobera puede estar formada a partir de dos o más componentes discretos. Por ejemplo, una denominada tobera interior o una tobera de artesa puede formar una porción superior de la tobera, durante el uso, y una denominada cubierta de entrada sumergida (SES, por sus siglas en inglés) o una tobera de tubo único puede formar una porción inferior de la tobera, durante el uso. En algunas formas de realización, la porción superior puede incluir la región de cuello curvada de manera convexa en un extremo ascendente de la misma y la porción superior puede terminar con una placa anular rebordeada transversalmente proporcionada a una distancia relativamente corta desde el extremo descendente de la región de cuello. La porción inferior puede incluir una placa anular correspondiente rebordeada transversalmente en un extremo ascendente de la misma, que se dispone para estar sujeta a la placa anular de la porción superior para asegurar entre sí las dos porciones. La mayor parte del orificio de la tobera puede proporcionarse mediante la porción inferior. La forma de realización superior se puede emplear en un sistema cambiador de tubos con tope controlado o en el caso en que el SES o tubo único se cambia manualmente. Una ventaja concreta de dicha forma de realización es que el fluido introducido en el orificio a través del canal anular puede formar una barrera para impedir la introducción de aire en el orificio en la unión entre los dos componentes.

**[0020]** En algunas formas de realización, la tobera se dispone para transportar metal fundido desde una artesa a un molde.

**[0021]** El canal se puede proporcionar por completo en la región de cuello (en cuyo caso, la superficie inferior de la tobera inmediatamente descendente del canal estará curvado) o bien proporcionarse en la superficie de contacto de la región de cuello y el resto de orificio.

**[0022]** La anchura del canal (es decir, su dimensión a lo largo de la longitud del orificio) puede ser corta o se puede extender tanto como la al menos una salida o el segundo extremo de la tobera (es decir, el diámetro del orificio en todas las posiciones descendentes de la pared ascendente del canal es superior al diámetro del orificio inmediatamente ascendente del canal). Más en concreto, la anchura del canal puede estar comprendida en un rango de aproximadamente el 0,5 % al 95 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera. En algunas formas de realización, la anchura del canal no es superior al 60 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera. En otras formas de realización, la anchura del canal no es superior al 30 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera. En otras formas de realización adicionales, la anchura del canal no es superior al 10 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera. En otras formas de realización adicionales, la anchura del canal no es superior al 5 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera. Se podrá apreciar que la anchura máxima del canal estará determinada por la posición del canal en la tobera. Por ejemplo, si el canal se sitúa a un 10 % de la distancia desde el primer extremo al segundo extremo, la extensión máxima del canal será del 90 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo.

**[0023]** La profundidad del canal (es decir, su extensión radial) puede encontrarse comprendida en un rango de aproximadamente un 0,1 % a un 50 % del grosor de la tobera en el punto inmediatamente ascendente del canal.

**[0024]** El perfil transversal del canal no está especialmente limitado y puede ser, por ejemplo, semiesférico, cuadrado, triangular (p. ej., en forma de V), en forma de U o en cualquier otra forma poligonal. Por consiguiente, el canal puede estar definido por porciones de pared del orificio que están curvadas o rectas, o una combinación de las mismas. Además, la porción de pared en el extremo ascendente del canal puede extenderse generalmente hacia el segundo extremo de la tobera, hacia el primer extremo de la tobera o en paralelo al primer y el segundo extremo.

**[0025]** Aunque el canal puede ser completamente anular (es decir, extenderse completamente a lo largo de la superficie interior del orificio), el efecto funcional necesario de elevar el metal desde la superficie interior de la tobera se podría lograr aun así o al menos lograrse parcialmente con una o varias discontinuidades en el canal (esto es, se contempla una forma de realización en la que el canal está constituido por un número de canales parcialmente anulares separados entre sí). En dichos casos, la suma de las separaciones entre canales será

inferior al 50 %, preferiblemente inferior al 35 %, más preferiblemente inferior al 20 % y más preferiblemente inferior al 15 % de la suma de las longitudes de canal.

**[0026]** El medio de suministro de fluido puede comprender al menos un paso (preferiblemente una pluralidad de pasos) extendiéndose a través de un lado de la tobera al canal. El medio de suministro de fluido puede comprender un bloque poroso que constituya al menos una porción de pared del canal y que esté configurado para esparcir el fluido que pasa a través del mismo.

**[0027]** En formas de realización específicas, el medio de suministro de fluido está configurado para suministrar un gas, tal como argón, en el orificio.

**[0028]** La región de cuello puede presentar, por ejemplo, una extensión axial del 3 al 10 % (por ejemplo, aproximadamente el 5 %) de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera.

**[0029]** La al menos una salida puede estar alineada axialmente o inclinada al eje longitudinal del orificio.

**[0030]** El diámetro del orificio de la tobera descendente del canal puede ser superior, equivalente o inferior al diámetro del orificio en la zona del canal. En una forma de realización, el diámetro del orificio bajo el canal es inferior al diámetro del orificio en la zona del canal, pero superior al diámetro del orificio inmediatamente ascendente en el canal.

**[0031]** Se puede proporcionar al menos una cavidad en el orificio. La al menos una cavidad puede presentar un (segundo) medio de suministro de fluido asociado dispuesto para permitir la introducción de un fluido en el orificio en la cavidad o bajo la misma. La cavidad puede adoptar la forma de un canal anular o un canal o canales parcialmente anular(es). El fluido introducido por el segundo medio de suministro de fluido puede ser equivalente o distinto al introducido por el primer medio de suministro de fluido, aunque, de manera conveniente, es equivalente.

**[0032]** De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para controlar el flujo de metal fundido, comprendiendo el sistema una tobera conforme a cualquiera de las formas de realización anteriores del primer aspecto de la presente invención y una varilla de tope configurada para ser recibida en la región de cuello de la tobera para controlar el flujo de metal fundido a través de la tobera.

**[0033]** La varilla de tope puede comprender un cuerpo alargado sustancialmente cilíndrico con una punta redondeada o frustocónica configurada para cerrar la entrada de la tobera al entrar en contacto con la superficie de apoyo de la región de cuello. La varilla de tope puede incluir un canal longitudinal a través de su centro para el suministro de un fluido al exterior de su punta. El fluido puede ser un gas, como argón. El suministro de dicho fluido al exterior de la varilla de tope ayuda a impedir, durante el uso, la acumulación de introducciones, como alúmina, en la punta de la varilla de tope y también en la tobera.

**[0034]** Los solicitantes han observado que pueden lograr características de flujo mejoradas reduciendo la cantidad de fluido suministrado a través de la propia varilla de tope, en ciertos casos incluso a cero, y utilizando en su lugar una menor cantidad de fluido del que se suministraría habitualmente a través de la varilla de tope, en la tobera de la presente invención. Por lo tanto, el consumo global de fluido del sistema se puede reducir mediante la presente invención.

**[0035]** De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para controlar el flujo de metal fundido a través de la tobera del primer aspecto, comprendiendo el método conducir el flujo de metal fundido a la tobera; desprender el flujo de metal fundido de la superficie interior de la tobera en el canal para crear un ángulo muerto; introducir un fluido en el ángulo muerto y permitir que el flujo de metal fundido reduzca el fluido que desciende por la tobera para crear una barrera entre el flujo de metal fundido y la tobera.

Breve descripción de los dibujos

**[0036]** A continuación se describirán formas de realización concretas de la presente invención, únicamente a título ilustrativo, en relación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 representa los resultados del modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) para la distribución de fases secuencial de metal fundido que fluye a través de una tobera que presenta un cuello con forma frustocónica, en los primeros segundos tras la introducción de gas;

La figura 1A muestra una vista ampliada de la región de cuello de la tobera modelada en la primera vista de la figura 1, cuando se introduce primero gas en la tobera;

La figura 2A representa, en sección transversal, un conjunto conocido de fundición, en uso, en el que se sitúa una varilla de tope en una artesa, de tal manera que la punta se dispone en el cuello de una tobera de entrada sumergida;

La figura 2B representa una vista ampliada de parte del conjunto de la figura 2A, mostrando la entrada y porción superior de la tobera y la punta adyacente y la porción inferior de la varilla de tope;

- La figura 3 representa el perfil transversal de una entrada y porción superior de una tobera conforme a una forma de realización A de la presente invención y una punta adyacente y porción inferior de la varilla de tope conocida de la figura 2A;
- 5 La figura 4 representa el perfil transversal de una entrada y porción superior de una tobera conforme a una forma de realización B de la presente invención y una punta adyacente y porción inferior de la varilla de tope conocida de la figura 2A;
- La figura 5 representa el perfil transversal de una entrada y porción superior de una tobera conforme a una forma de realización C de la presente invención y una punta adyacente y porción inferior de la varilla de tope conocida de la figura 2A;
- 10 La figura 6 representa el perfil transversal de una entrada y porción superior de una tobera conforme a una forma de realización D de la presente invención y una punta adyacente y porción inferior de la varilla de tope conocida de la figura 2A;
- La figura 7 representa el perfil transversal de un lado de una entrada y porción superior de una tobera según una forma de realización A' de la presente invención;
- 15 La figura 8 representa el perfil transversal de un lado de una entrada y porción superior de una tobera según una forma de realización B' de la presente invención;
- La figura 9 representa el perfil transversal de un lado de una entrada y porción superior de una tobera según una forma de realización C' de la presente invención;
- 20 Las figuras 10A, B y C representan, respectivamente, los resultados del modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) para la distribución de fases secuencial, la velocidad y la presión del metal fundido que fluye a través de una tobera según una forma de realización B de la presente invención, en los primeros 20 segundos tras la introducción de gas;
- 25 Las figuras 11A, B y C representan, respectivamente, los resultados del modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) para la distribución de fases secuencial, la velocidad y la presión del metal fundido que fluye a través de una tobera según una forma de realización D de la presente invención, en los primeros 20 segundos tras la introducción de gas;
- La figura 12 representa una vista transversal longitudinal de una tobera según una forma de realización A" de la presente invención; también se representa una región de cuello similar en las figuras 3 y 7;
- 30 La figura 12A muestra una vista ampliada de una porción de la región de cuello de la figura 12, que representa el medio de suministro de fluido al canal anular; y
- La figura 12B muestra una vista ampliada de una porción del orificio de la figura 12 que representa la entrada para que el fluido se introduzca en el medio de suministro de fluido.

Descripción detallada de algunas formas de realización

35 **[0037]** Como se ha descrito anteriormente, las figuras 1 y 1A muestran los resultados del modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) para la distribución de fases secuencial de metal fundido que fluye a través de una tobera 12 que presenta una región de cuello con forma frustocónica 10, en los primeros segundos tras la introducción de gas. Esto muestra claramente que el gas 14 introducido en el orificio de la tobera 12 no forma una capa protectora continua entre la superficie interior de la tobera 12 y el metal fundido 18 que fluye a través de la misma. En cambio, la figura 1 muestra que el gas 14 tiende a dispersarse en bolsas de gas discretas como resultado de la perturbación provocada por el metal fundido 18 suministrándose desde el cuello frustocónico 10 hacia el centro de la tobera 12.

40 **[0038]** Con respecto a las figuras 2A y B, se representa de manera esquemática un conjunto de fundición conocido en el que una varilla de tope 100 se sitúa en una artesa 102, de tal manera que su punta 104 se dispone en una entrada 106 de una tobera de entrada sumergida (SEN) 108. La varilla de tope 100 se suspende desde un mecanismo de control 110 de modo que se puede situar verticalmente para controlar el flujo de metal fundido desde la artesa 102 a través de la tobera 108 y hacia un molde situado debajo (que no se muestra).

45 **[0039]** En el conjunto representado, la tobera 108 tiene, por lo general, la forma de un tubo alargado con una pared lateral hueca sustancialmente cilíndrica 116, con una superficie interior 117 que define un orificio 118 a través del mismo. Hacia la parte superior (primer extremo) de la tobera 108, la pared lateral 116 se inclina hacia el exterior para formar una región de cuello 200 de curvatura convexa. Se podrá apreciar que la entrada 106 conforma el plano horizontal a través del extremo libre de la región de cuello 200. Además, una porción anular de la región de cuello 200 constituye una superficie de apoyo 220 que, durante el uso, sirve para apoyar la varilla de tope 100. En el (segundo) extremo inferior de la tobera 108 se disponen dos puertos de salida radiales opuestos 210, presentando cada uno una sección transversal sustancialmente circular a través de la pared lateral 116. La base 240 de la tobera 108 está cerrada.

**[0040]** Según se muestra en la figura 2B, una varilla de tope conocida 100 se recibe en la región de cuello 200. La varilla de tope 100 comprende un cuerpo 260 alargado, generalmente cilíndrico, con una punta redondeada 104 en su extremo inferior. La punta redondeada 104 está configurada para ser recibida en la entrada 106, de la manera que, cuando la varilla de tope 100 desciende en relación con la tobera 108, la punta 104 acabará entrando en contacto con la región de cuello 200 en la superficie de apoyo anular 220. Esto forma una junta que impide que el flujo de metal pase desde la entrada 106 hacia el orificio 118. El hecho de elevar la varilla de tope 100 en relación con la tobera 108 (según se muestra en la figura 1B) crea un hueco entre estas, a través del cual puede fluir metal hacia el interior de la tobera 108. Por lo tanto, mediante la alteración del desplazamiento vertical de la varilla de tope 100 con respecto a la tobera 108, es posible controlar el volumen de flujo que atraviesa la tobera 108.

**[0041]** La varilla de tope 100, que se muestra en las figuras 2A y B, incluye también un orificio cilíndrico relativamente grande 300 a través del cuerpo 260 y un orificio cilíndrico relativamente pequeño 320 que se extiende desde el orificio 300 a través de la punta 104 hasta un cabezal 340 de la varilla de tope 100. Estos orificios 300, 320 están configurados para permitir el suministro de un fluido, normalmente gas argón, a través de la varilla de tope 100. Durante el uso, este suministro de gas ayuda a impedir que las incorporaciones, cuya presencia puede afectar al flujo de metal que entra y atraviesa la tobera 108, se acumulen en la superficie de la punta 104 y en la propia tobera 108.

**[0042]** Resulta un problema conocido que, durante el uso (en un proceso de fundición de acero), se acumulen incorporaciones, como alúmina, en la superficie interior de las toberas según se ha descrito anteriormente en referencia a las figuras 2A y B. Esta acumulación altera el flujo de metal fundido que atraviesa la tobera y entra en un molde situado debajo, lo cual puede degradar, a su vez, la calidad del acero fundido.

**[0043]** Un intento conocido de minimizar la acumulación de incorporaciones en el interior de la tobera comprende proporcionar un anillo poroso (que no se muestra) en el interior de la pared lateral 116 y obligar al gas argón a que lo atraviese. La eficacia de este enfoque depende de la distribución de gas que brota hacia el orificio 118. No obstante, resulta habitual que los poros en este tipo de anillo se obstruyan y se derive en una distribución de gas desigual y poco efectiva. Asimismo, es necesario que el gas se introduzca en el orificio 118 con una presión relativamente alta para poder obligar al flujo de acero a apartarse para que quepa aquel. Esto deriva en un alto rendimiento del gas, que es un recurso costoso.

**[0044]** La figura 3 representa una forma de realización A de la presente invención, que tiene como objetivo solventar los problemas anteriormente expuestos. Como se puede observar, la figura 3 muestra la misma disposición general de tobera y varilla de tope descrita anteriormente en relación con la figura 2B y, por lo tanto, se utilizarán los mismos números de referencia cuando resulte apropiado. La principal diferencia entre la tobera 108 de la técnica anterior de la figura 2B y la tobera 350 de la forma de realización A de la figura 3 es que se proporciona un canal anular 360 en la superficie de contacto de la región de cuello 200 y el orificio 118. El canal 360 está formado en esta forma de realización por un socavado 380 radial relativamente corto y una porción de pared 400 relativamente larga hacia abajo e inclinada hacia dentro. El diámetro del orificio 118 bajo el canal 360 es igual al que resultaría si la curvatura de la región de cuello 200 continuara en lugar del canal 360 y terminara en el mismo punto que la porción de pared 400. Aunque no se muestra en la figura 3, se proporciona un paso a través de un lado de la tobera 350 para suministrar, durante el uso, un fluido, esto es, gas (como argón) al canal 360. Como se describirá con más detalle más adelante, las figuras 12, 12A y 12B representan una disposición específica para suministrar fluido al canal 360.

**[0045]** La figura 4 representa una forma de realización B de la presente invención, que muestra la misma disposición general de tobera y varilla de tope descrita anteriormente en relación con la figura 3 y, por lo tanto, se utilizarán los mismos números de referencia cuando resulte apropiado. La principal diferencia entre la tobera 350 de la figura 3 y la tobera 410 de la forma de realización B de la figura 4 radica en las dimensiones relativas de los canales anulares. En concreto, el canal 420 de esta forma de realización está formado mediante un socavado radial relativamente largo 440 (aproximadamente tres veces más largo que el de la forma de realización A). De nuevo, se proporciona una porción de pared 460 inclinada hacia abajo y hacia dentro desde el extremo del socavado 44 hasta el punto en el que la curvatura de la región de cuello 20 se encontraría con el orificio 118 si no se proporcionara ningún canal 420.

**[0046]** La figura 5 representa una forma de realización C de la presente invención, que muestra la misma disposición general de tobera y varilla de tope descrita anteriormente en relación con la figura 4 y, por lo tanto, se utilizarán los mismos números de referencia cuando resulte apropiado. La principal diferencia entre la tobera 410 de la figura 4 y la tobera 480 de la forma de realización C de la figura 5 radica en la forma del canal anular 500. En concreto, el canal 500 de esta forma de realización presenta una sección transversal rectangular. Por lo tanto, el canal 500 está formado por un socavado radial 520 (aproximadamente la mitad de largo que el de la forma de realización B), una porción de pared 540 que se extiende verticalmente y hacia abajo y una porción de pared 560 que se extiende radialmente hacia dentro.

**[0047]** La figura 6 representa una forma de realización D de la presente invención, que muestra la misma disposición general de tobera y varilla de tope descrita anteriormente en relación con la figura 4 y, por lo tanto, se utilizarán los mismos números de referencia cuando resulte apropiado. La principal diferencia entre la tobera 410

de la figura 4 y la tobera 660 de la forma de realización D de la figura 6 radica en la posición del canal anular 680. En concreto, en esta forma de realización, el canal 680 se proporciona aproximadamente a mitad de camino entre la superficie de apoyo 220 y el extremo inferior de la región de cuello 200. La forma general del canal 680 es igual que la del canal 420 de la figura 4; sin embargo, como el canal 680 se proporciona ahora en una porción curvada de la tobera 660, el socavado 700 se extiende hacia fuera y ligeramente hacia abajo y la porción de pared 720 se extiende más hacia dentro que hacia abajo.

**[0048]** La figura 7 representa una vista transversal de un lado de una tobera que muestra una disposición particular para conseguir el canal 360 de la forma de realización A (figura 3). Como se puede observar, se crea al principio una ranura de lados rectos 740 en la superficie interior 117 de la tobera, en la posición del canal deseado 360. La ranura 740 está configurada para presentar la misma anchura que el canal deseado 360, pero una profundidad (esto es, extensión radial) significativamente mayor. Se coloca una pieza de cerámica porosa de anillo 760 en la base de la ranura 740 y se presiona en la tobera. La pieza de anillo porosa 760 adopta la forma para ajustarse cómodamente a la base de la ranura 740, constituyendo su superficie expuesta hacia dentro una porción de pared del canal deseado. En esta forma de realización concreta, la pieza porosa de anillo 760 constituye la porción de pared inclinada hacia abajo y hacia dentro 400 del canal 360, constituyendo una parte expuesta del lado superior de la ranura el socavado 380. La pieza porosa de anillo 760 está configurada para difundir gas suministrado a esta desde un canal de suministro de gas (que no se muestra en la figura 7) hacia el canal 360.

**[0049]** La figura 8 representa una vista transversal de un lado de una tobera que muestra una disposición particular para conseguir el canal 420 de la forma de realización B (figura 4). Se emplea la misma disposición general de un canal y una pieza porosa de anillo según lo descrito anteriormente en relación con la figura 7 y, por lo tanto, se utilizarán los mismos números de referencia cuando resulte apropiado. La principal diferencia entre la disposición de la figura 7 y la de la figura 8 radica en el ángulo de la superficie expuesta de la pieza de anillo porosa 780. En concreto, la pieza porosa de anillo 780 posee una superficie expuesta inclinada de manera menos abrupta con respecto a la superficie horizontal, que constituye la porción de pared inclinada hacia abajo y hacia dentro 460 del canal 420 de la forma de realización B. Según se ha descrito anteriormente, una parte expuesta del lado superior de la ranura 740 conforma el socavado 440. Sin embargo, en esta forma de realización, el socavado 440 es significativamente más grande que el de la forma de realización A.

**[0050]** La figura 9 representa una vista transversal de un lado de una tobera que muestra una disposición particular para conseguir el canal 500 de la forma de realización C (figura 5). Se emplea la misma disposición general de un canal y una pieza porosa de anillo según lo descrito anteriormente en relación con la figura 8 y, por lo tanto, se utilizarán los mismos números de referencia cuando resulte apropiado. La principal diferencia entre la disposición de la figura 8 y la de la figura 9 radica en la forma del canal creado por la superficie expuesta de la pieza de anillo porosa 800. En concreto, la pieza porosa de anillo 800 posee una superficie vertical expuesta retraída en la cavidad 740 para constituir la porción de pared vertical 540 del canal 500 de la forma de realización C. Según se ha descrito anteriormente, una parte expuesta del lado superior de la cavidad 740 conforma el socavado 520. Además, una parte expuesta del lado inferior de la cavidad 740 constituye la porción de pared que se extiende radialmente hacia dentro 560. Por lo tanto, en esta forma de realización, el canal tiene una forma sustancialmente rectangular, en comparación con la forma triangular (correspondiente a las formas de realización A y B).

**[0051]** En uso, las formas de realización anteriormente expuestas permiten que el metal fundido fluya a lo largo de la región de cuello de la tobera hasta que sale de la superficie curvada del cuello debido a la presencia del canal y la superficie curvada. Esto crea un «ángulo muerto» en la zona del canal en el que prácticamente no fluye nada de metal. Bajo el «ángulo muerto», el flujo de metal tiende naturalmente a expandirse para llenar el orificio y se volvería a adherir a la superficie interior de la tobera si no se hubiera introducido un gas (argón) a través del paso al canal. El argón introducido en el orificio en la zona del «ángulo muerto» baja por la superficie interior del orificio por la acción del flujo de metal fundido que lo atraviesa. Por consiguiente, el argón forma una funda o cortina entre el orificio y el flujo de metal, que ayuda a prevenir que el metal se vuelva a adherir a la superficie de la tobera y reduce así la acumulación de incorporaciones, como alúmina, en la superficie de la tobera. En algunas formas de realización, la longitud de la cortina puede realizarse para oscilar con el fin de proporcionar un efecto de depuración para minimizar la acumulación de incorporaciones. Como el argón se introduce en el «ángulo muerto», se puede introducir con un ritmo y presión menores que se se introdujera directamente en el chorro de metal. Por lo tanto, se puede ahorrar considerablemente en la cantidad necesaria de argón.

**[0052]** Las figuras 10A, B y C representan, respectivamente, los resultados del modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) para la distribución de fases secuencial, la velocidad y la presión del metal fundido que fluye a través de una tobera 410 según una forma de realización B (representada en las figuras 4 y 8) de la presente invención en los primeros 20 segundos tras la introducción de gas argón;

**[0053]** En este estudio concreto, se empleó una tobera simple de extremo abierto (es decir, que presenta una salida axial de diámetro equivalente al orificio). Por lo tanto, en la tobera, se permitió que el metal fundido descendiera libremente por efecto de la gravedad; lográndose únicamente el control del flujo a través de la

tobera por el grado de cierre de la varilla de tope. Por consiguiente, los resultados del modelo se aplicarían del mismo modo a otras disposiciones de puertos de salida, que se podrían elegir en función de las características de flujo deseadas en el molde.

5 **[0054]** Con referencia a la figura 10A, se puede observar que el gas argón inyectado a través del canal 420 desciende por los lados de la tobera 410 mediante el flujo de metal fundido 840 para formar una cortina protectora 820. Conforme la cortina 820 se acerca al extremo de la tobera 410, la presión del metal fundido 840 tiende a aumentar y esto provoca que la cortina se disperse. Esto resulta deseable debido a que ayuda a impedir que las columnas grandes de gas, que pueden provocar perturbaciones en el molde, salgan por la tobera.

10 **[0055]** También se puede observar a partir de las figuras 10A, B y C que la cortina 820 puede no ser estable en algunas formas de realización y, de hecho, una cortina inestable 820 (es decir, una que haga oscilar la tobera 410 hacia arriba y hacia abajo) puede dar como resultado una superficie de tobera más limpia, ya que la oscilación producirá un efecto de depuración en la superficie interior de la tobera 410.

15 **[0056]** Para reducir las perturbaciones en el molde, resulta deseable que parte de la energía en el flujo de metal 840 se disipe antes de salir por la tobera 410. Esto se puede conseguir asegurando que el flujo 840 no sale por la tobera 410 en su velocidad de pico. Como se muestra en la figura 10B, la zona de mayor velocidad se encuentra generalmente hacia el centro del orificio y no cerca del extremo de la tobera 410.

20 **[0057]** Al comparar las figuras 10B (velocidad) y 10C (presión), se puede observar que, en esta forma de realización, la zona de mayor presión en el flujo aparece generalmente debajo de la zona de mayor velocidad, pero, aun así, se debería destacar que la zona de mayor presión no es generalmente adyacente al extremo de la tobera 410.

**[0058]** Las figuras 11A, B y C representan, respectivamente, los resultados del modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) para la distribución de fases secuencial, la velocidad y la presión del metal fundido que fluye a través de una tobera 660 según una forma de realización D (representada en la figura 6) de la presente invención en los primeros 20 segundos tras la introducción de gas argón;

25 **[0059]** Los resultados que se muestran son considerablemente similares a los descritos anteriormente en relación con las figuras 10A, B y C, pero, como el canal 680 en este caso está montado más arriba en el cuello 200 de la tobera 660, la cortina 820 comienza en una posición relativa más alta y tiende a romperse en una posición relativa más alta.

30 **[0060]** Los resultados del modelo expuestos anteriormente se obtuvieron basándose en un ritmo de suministro de gas de 4 litros por minuto a través de la tobera y nada de suministro de gas a través de la varilla de tope. Esto representa una reducción significativa en el consumo de gas durante la práctica actual, que normalmente precisa 8 litros por minuto a través de la varilla de tope.

35 **[0061]** La figura 12 representa una vista transversal longitudinal de una tobera según una forma de realización A" de la presente invención, que posee la misma forma general de la tobera descrita anteriormente en relación con las figuras 3 y 7 y, por lo tanto, se utilizarán los mismos números de referencia cuando resulte apropiado. La principal diferencia entre la tobera 350 que se muestra en la figura 3 y la que se muestra en las figuras 12, 12A y 12B es que el medio de suministro de fluido 900 al canal anular 360 ahora sí se representa. El medio de suministro de fluido 900 comprende una entrada 902 en la superficie exterior de la tobera 350 (configurada para la introducción de fluido en la tobera 350), un paso vertical 904 que se extiende hacia arriba desde la entrada 902, a través de la pared lateral 116, a un paso anular 906 dispuesto en torno al borde exterior de la pieza de cerámica porosa de anillo 760 que forma la pared exterior del canal anular 360, según se ha descrito en relación con la figura 7. Por lo tanto, durante el uso, se puede suministrar un fluido (normalmente gas argón) en el orificio 118 haciéndolo fluir a través de la entrada 902, a lo largo del paso vertical 904, alrededor del paso anular 906, y a través del anillo poroso 760 hacia el interior del canal anular 360.

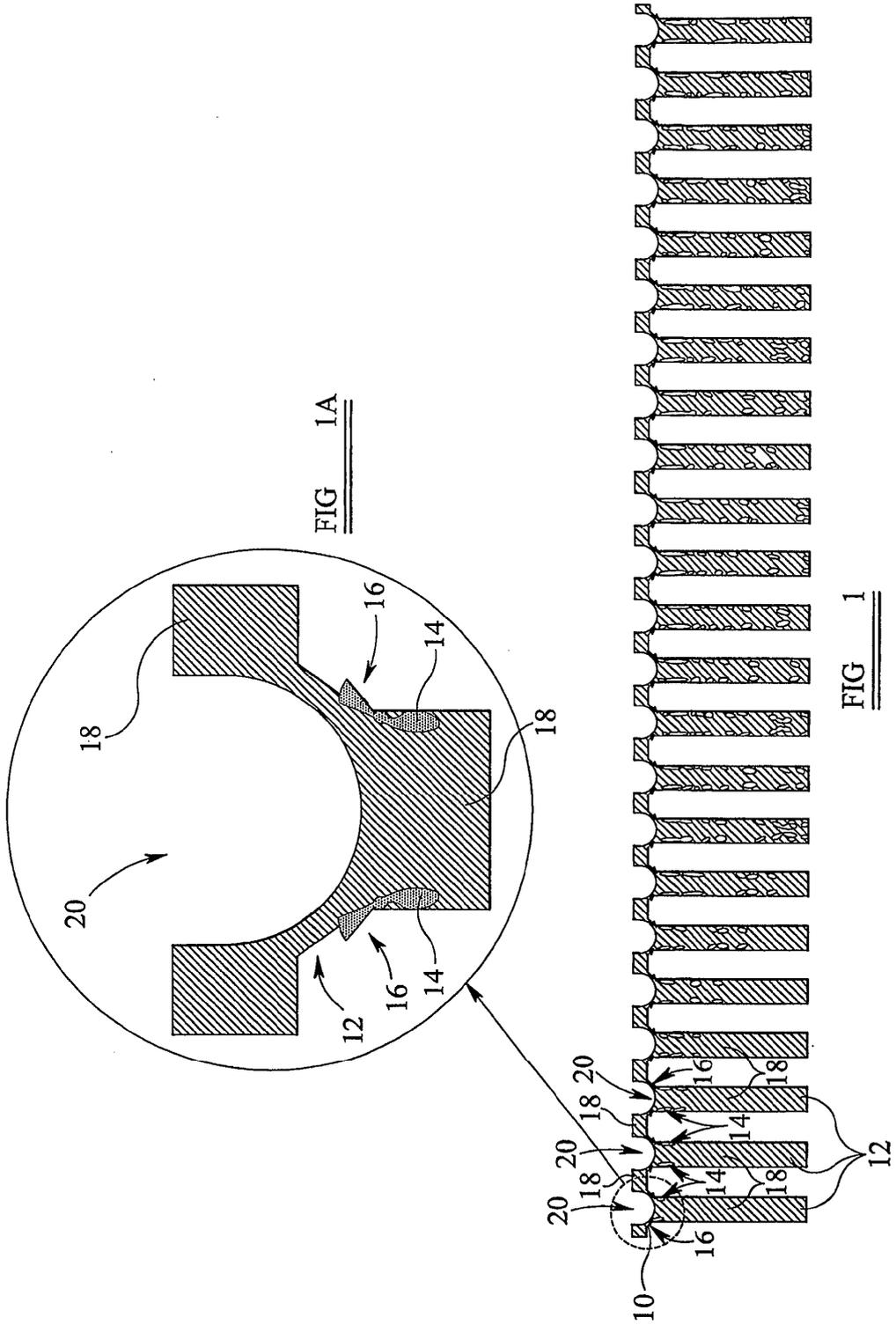
45 **[0062]** Una forma de realización adicional de la presente invención (que no se muestra) comprende un canal que está formado por un socavado que se extiende generalmente hacia el exterior y una porción de pared que se extiende generalmente hacia abajo que continúa hasta el final de la tobera. Por lo tanto, la anchura del orificio bajo el socavado permanece sustancialmente constante y es mayor que la anchura del orificio inmediatamente arriba en el socavado. De manera alternativa, la anchura del orificio bajo el socavado puede incrementarse o puede reducirse hasta un punto que siga siendo mayor que el que se encuentra inmediatamente arriba en el socavado. La principal ventaja de estas formas de realización concretas es que el chorro de metal fundido debe expandirse más de lo normal para volver a adherirse a la superficie interior de la tobera. Lograr este hecho llevará más tiempo que anteriormente y, por lo tanto, es más probable que la cortina de argón formada permanezca intacta más abajo en la tobera.

55 **[0063]** Las diversas formas de realización de la presente invención presentan varias ventajas. En concreto, permiten un flujo constante de metal hacia el molde, una vida útil prolongada de la tobera, una calidad mejorada del acero, mayor productividad y menor consumo de argón.

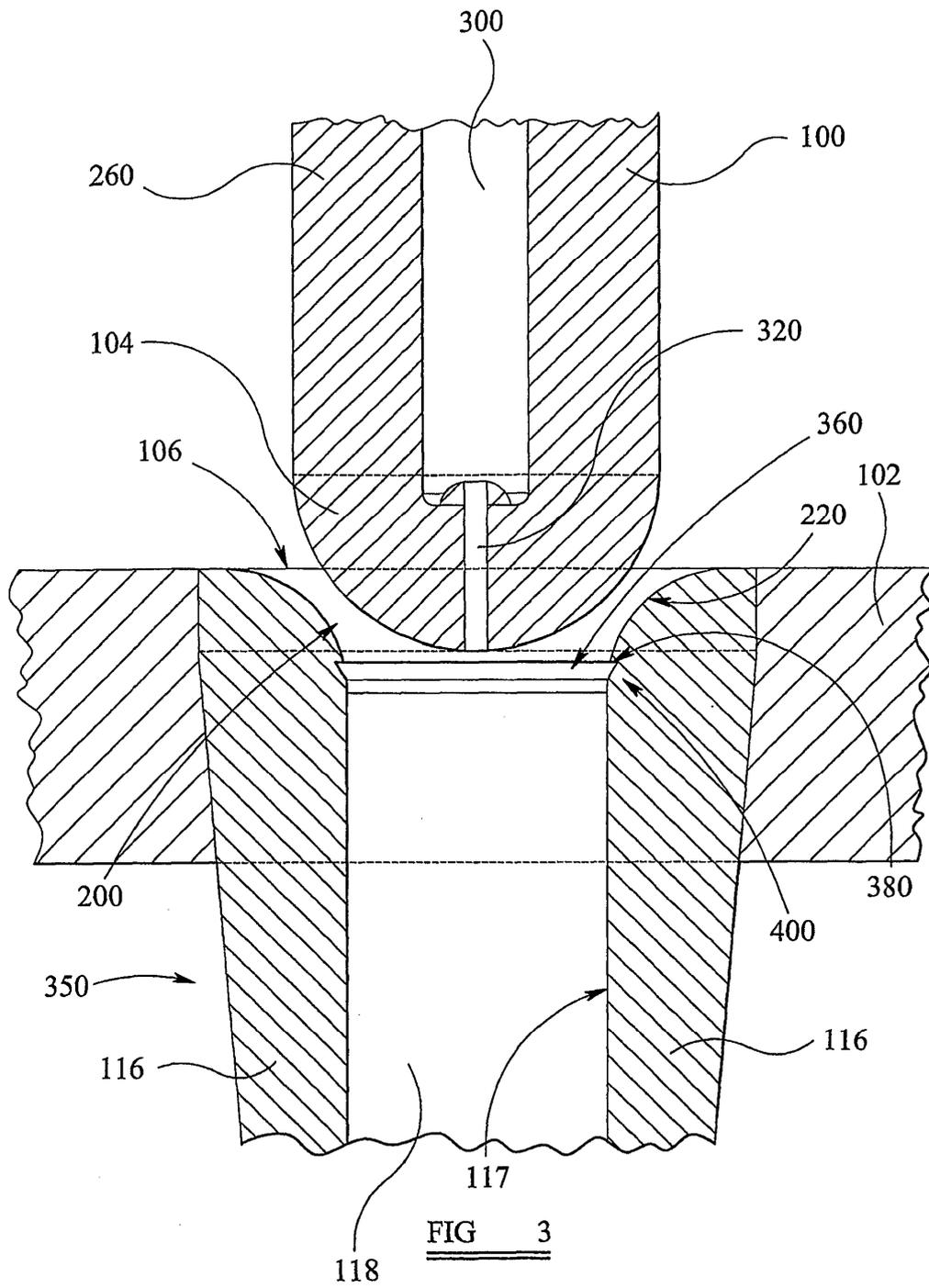
**[0064]** Los expertos en la materia podrán apreciar que se pueden realizar diversas modificaciones en las formas de realización descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención. En concreto, se pueden combinar características de dos o más formas de realización descritas en una única forma de realización.

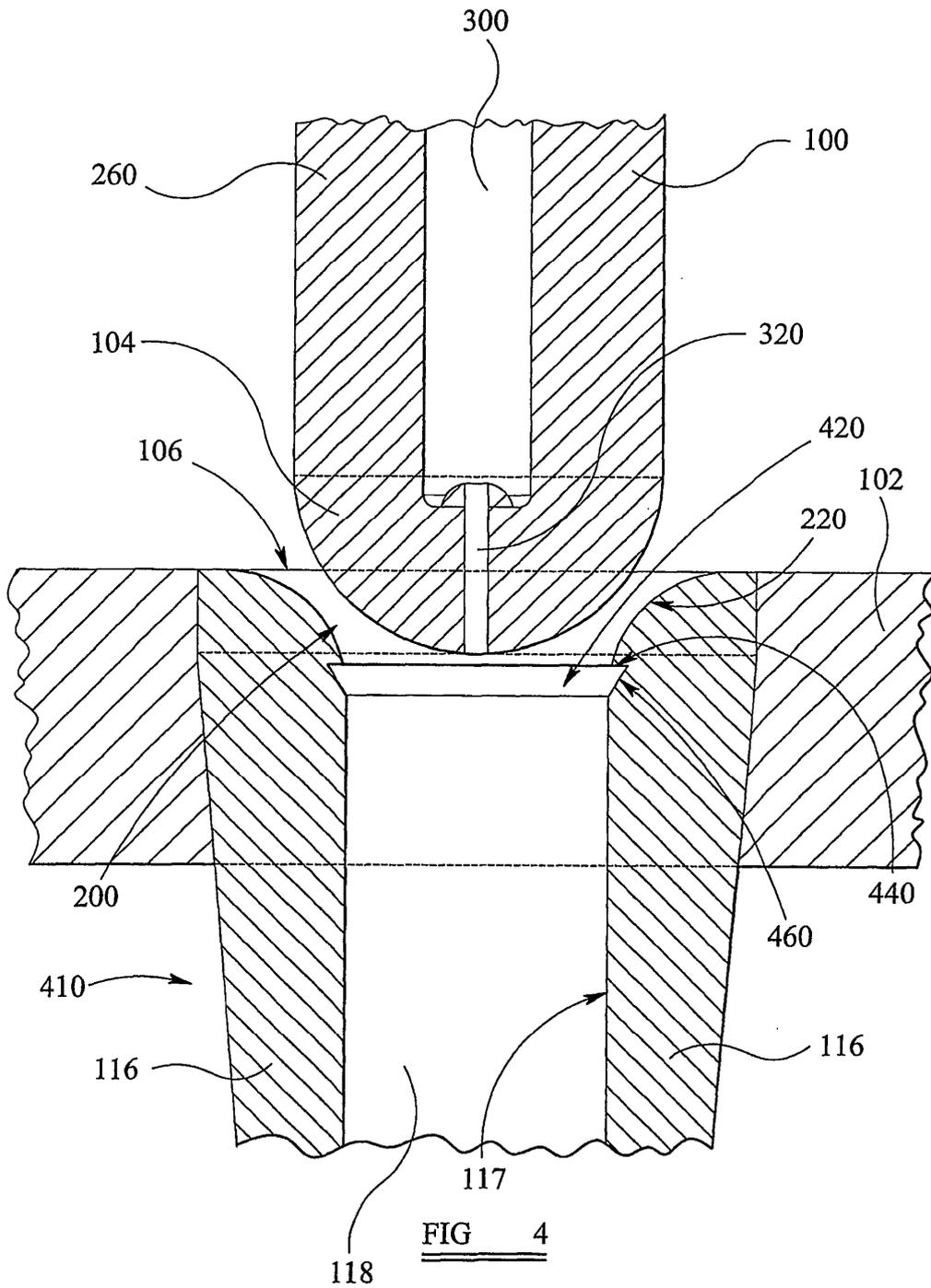
## REIVINDICACIONES

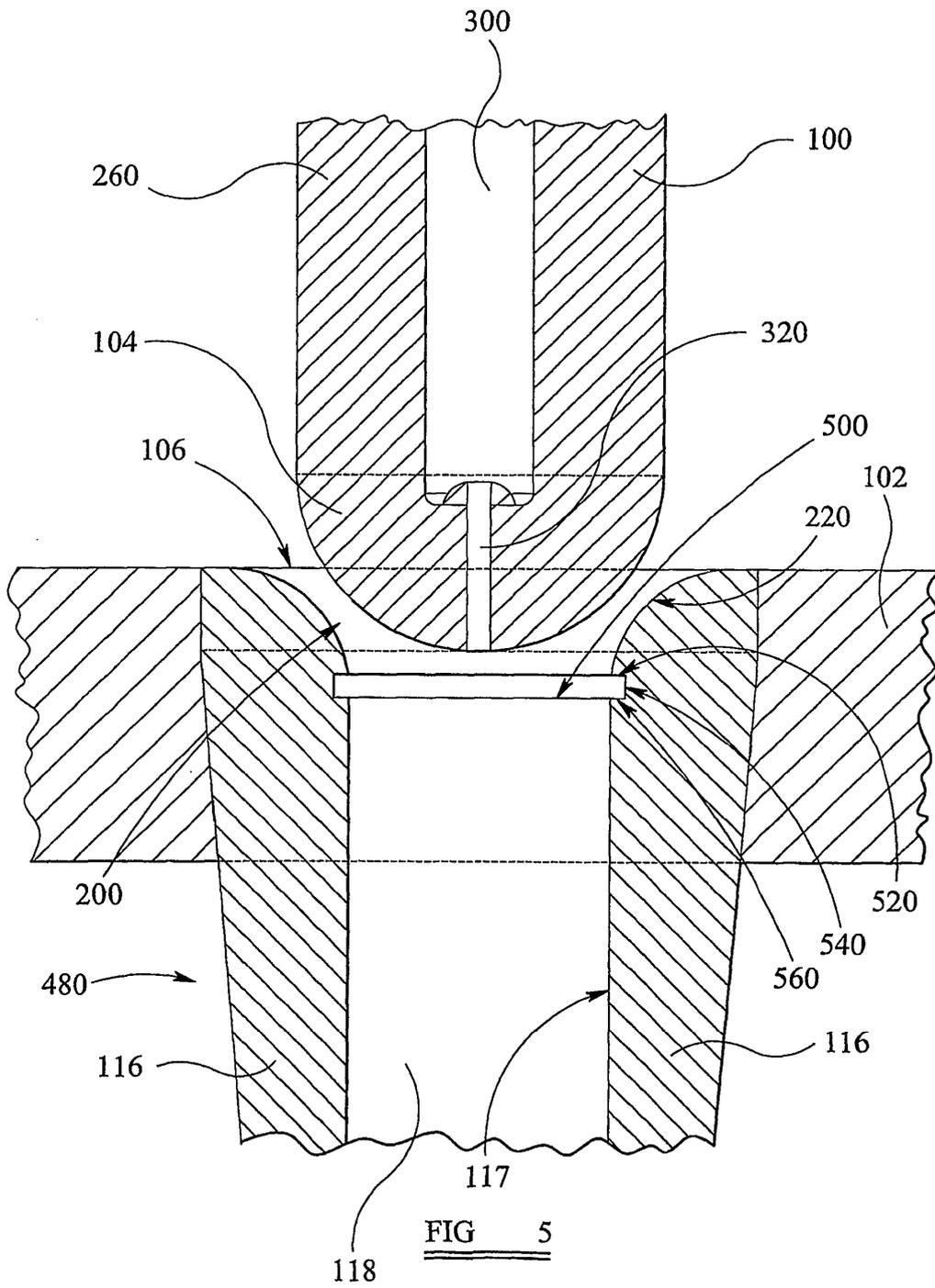
- 5 **1.** Tobera (410) para guiar metal fundido comprendiendo: una entrada (106) en un primer extremo ascendente; al menos una salida (210) hacia un segundo extremo descendente; una superficie interior (117) entre dicha entrada (106) y dicha al menos una salida (210) definiendo un orificio (118) entre la tobera (410); presentando el orificio (118) una región de cuello (200) adyacente a la entrada (106); proporcionándose un canal anular (420) en la superficie interior (117) de la tobera (410); y disponiéndose un medio de suministro de fluido (900) para introducir fluido en el orificio (118) por medio del canal anular (420); donde la región de cuello (200) presenta una superficie curvada de forma convexa y el canal anular (420) se sitúa en la superficie curvada de forma convexa de la región de cuello (420) o adyacente a esta, de tal manera que la superficie interior de la tobera inmediatamente ascendente del canal anular está curvada; y donde la superficie curvada de la región de cuello proporciona una superficie de ascenso tangencial que favorece el desprendimiento del metal fundido de la superficie interior de la tobera antes de la introducción del fluido a través del canal anular, permaneciendo el metal fundido sustancialmente en fluido laminar y continuando en una dirección generalmente curvada de forma descendente al desprenderse de la superficie interior.
- 10 **2.** Tobera (410) según la reivindicación 1 donde el canal (420) se sitúa en la superficie curvada de forma convexa de la región de cuello (200).
- 15 **3.** Tobera (410) según cualquier reivindicación anterior donde la región de cuello (200) presenta una superficie de apoyo (220), que está en contacto con una varilla de tope (100) en uso para detener el flujo de metal fundido a través de la tobera (410), y donde el canal (420) se sitúa descendente con respecto a la superficie de apoyo (220).
- 20 **4.** Tobera (410) según cualquier reivindicación anterior donde la anchura del canal (420) se encuentra comprendida en un rango de aproximadamente el 0,5 % al 95 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera (410).
- 25 **5.** Tobera (410) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde la anchura del canal (420) no es superior al 5 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera (410).
- 30 **6.** Tobera (410) según cualquier reivindicación anterior donde la profundidad del canal (420) se encuentra comprendida en un rango de aproximadamente el 0,1 % al 50 % del grosor de la tobera (410) en el punto inmediatamente ascendente del canal (420).
- 35 **7.** Tobera (410) según cualquier reivindicación anterior donde el medio de suministro de fluido (900) comprende un bloque poroso que constituye al menos una porción de pared (460) del canal (420) y que está configurado para esparcir el fluido que pasa a través del mismo.
- 40 **8.** Tobera (410) según cualquier reivindicación anterior donde el diámetro del orificio (118) de la tobera (410) descendente respecto al canal (420) es equivalente o mayor que el diámetro del orificio (118) inmediatamente ascendente del canal (420).
- 45 **9.** Tobera (410) según cualquier reivindicación anterior donde el canal (420) está constituido por un número de canales parcialmente anulares separados entre sí, donde la suma de las separaciones entre los canales parcialmente anulares es menor que el 50 % de la suma de las longitudes de los canales parcialmente anulares.
- 10.** Tobera (410) según cualquier reivindicación anterior donde la región de cuello (200) presenta una extensión axial del 3 al 10 % de la distancia entre el primer y el segundo extremo de la tobera (410).
- 11.** Sistema para controlar el flujo de metal fundido, comprendiendo el sistema una tobera (410) según cualquier reivindicación anterior y una varilla de tope (100) configurada para ser recibida en la región de cuello (200) de la tobera (410) para controlar el flujo de metal fundido a través de la tobera (410).
- 12.** Método de control del flujo de metal fundido a través de una tobera (410) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo el método conducir el flujo de metal a la tobera (410); desprender el flujo de metal de la superficie interior (117) de la tobera (410) en el canal (420) para crear un ángulo muerto; introducir un fluido en el ángulo muerto y permitir que el flujo de metal reduzca el fluido que desciende por la tobera (410) para crear una barrera entre el flujo de metal y la tobera (410).
- 13.** Método según la reivindicación 12 donde el fluido es gas argón.











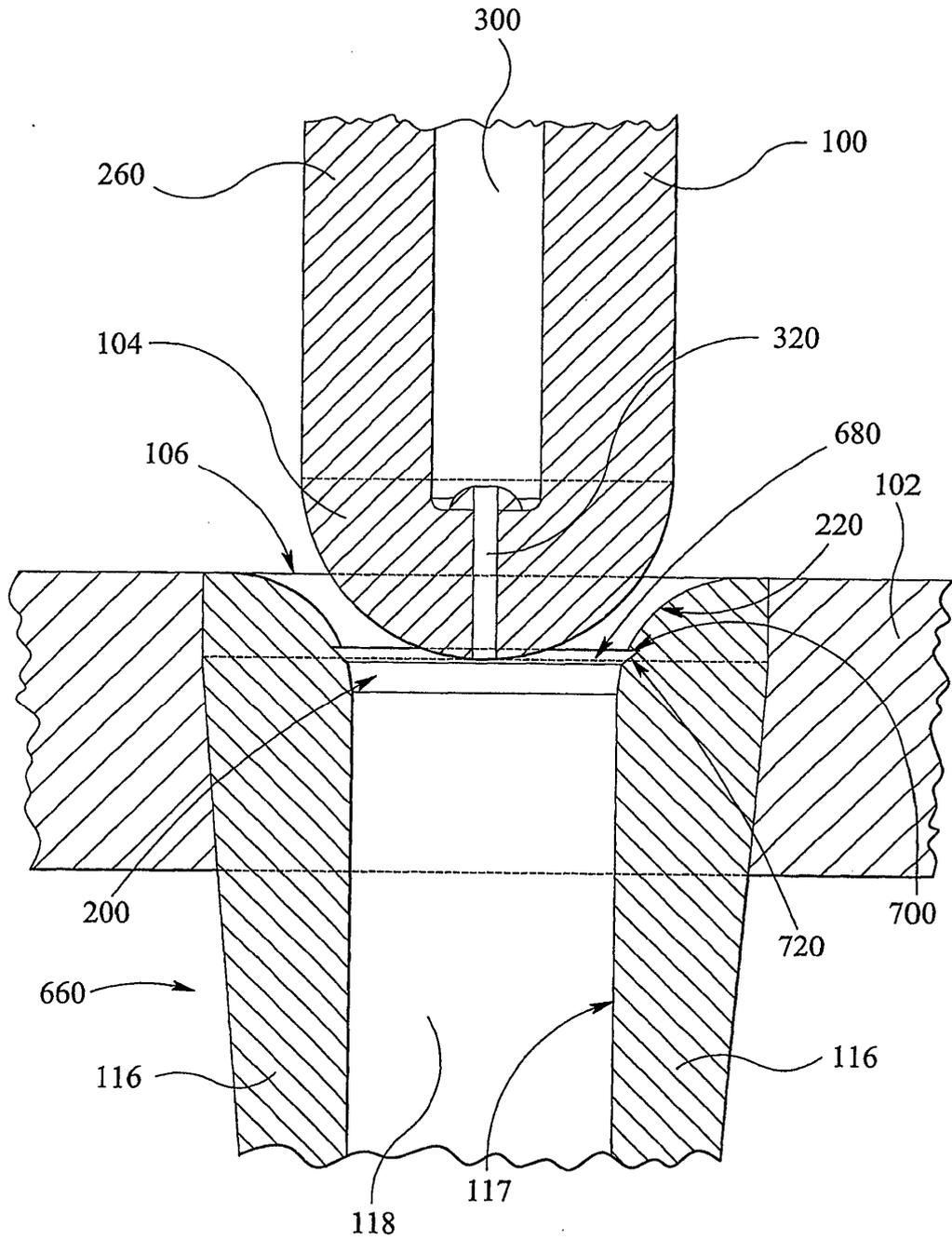


FIG 6

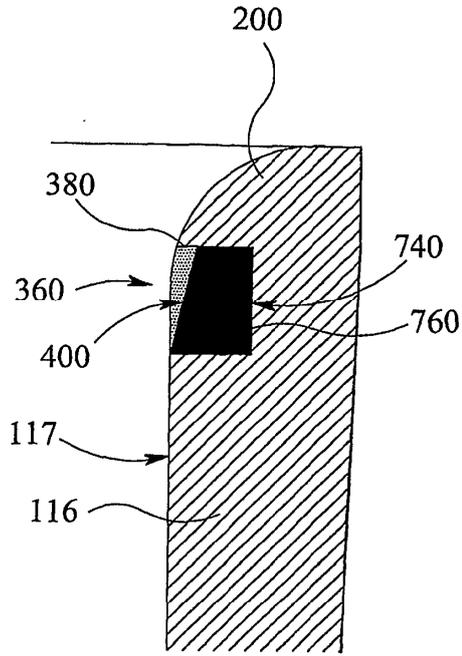


FIG 7

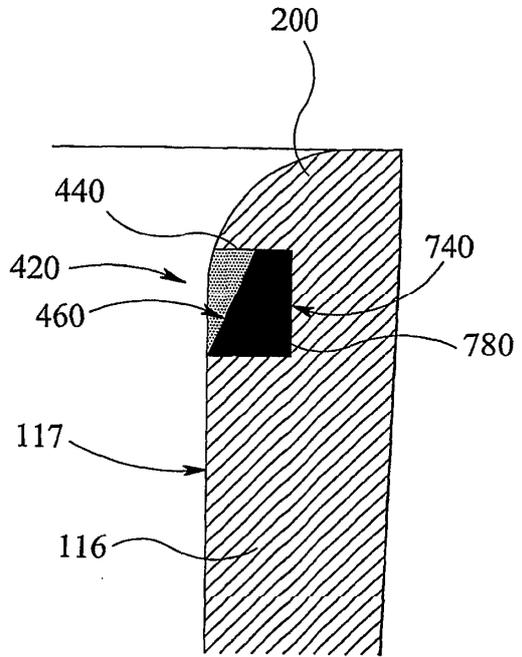


FIG 8

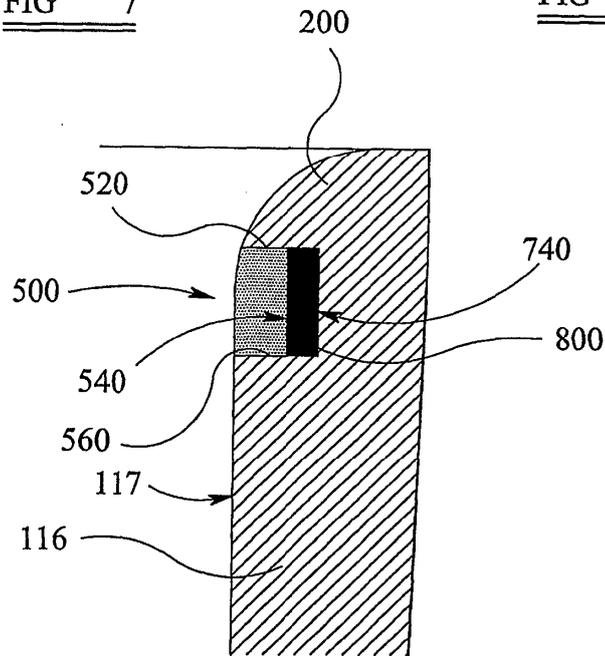
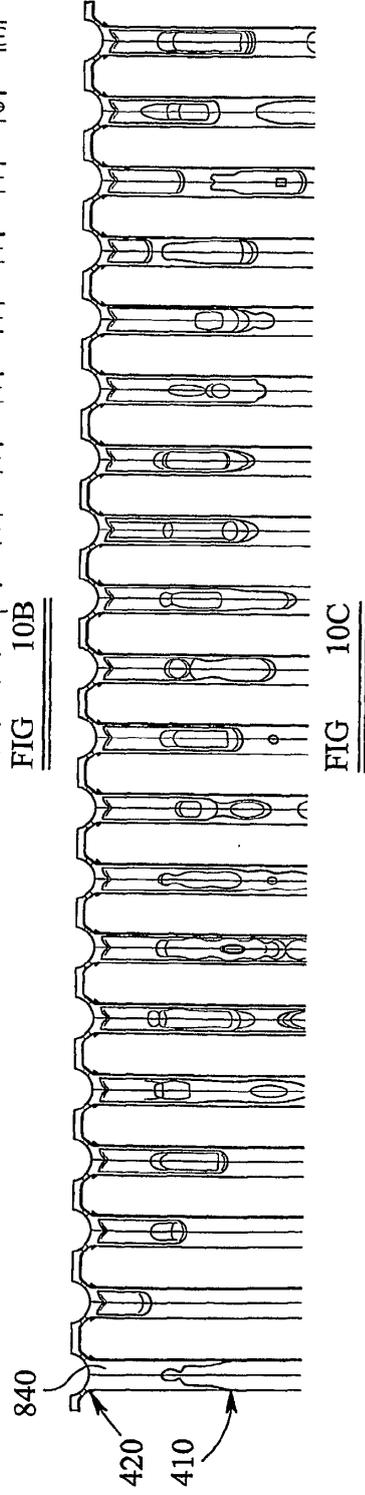
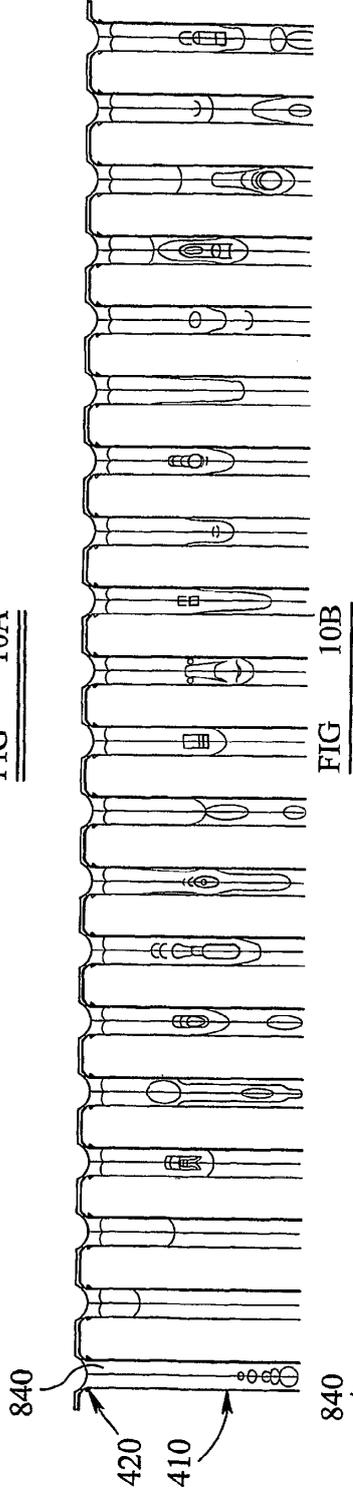
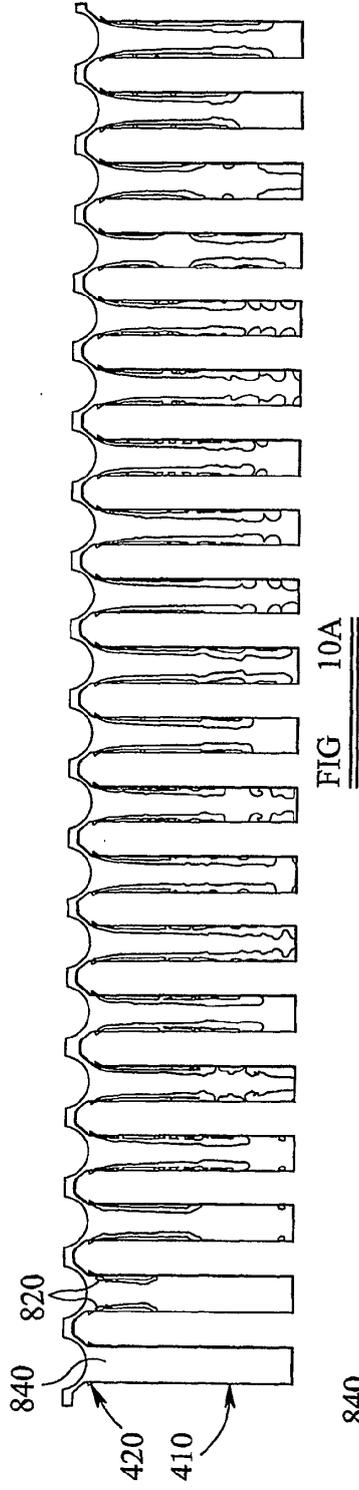


FIG 9



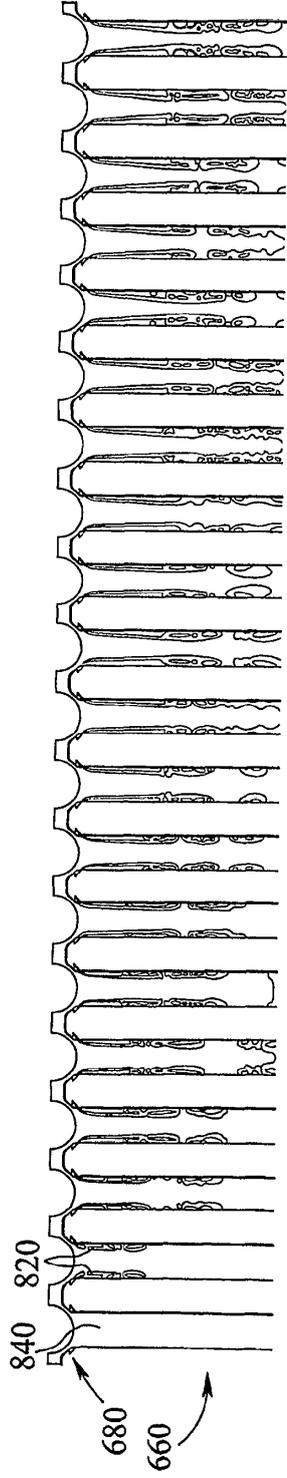


FIG 11A

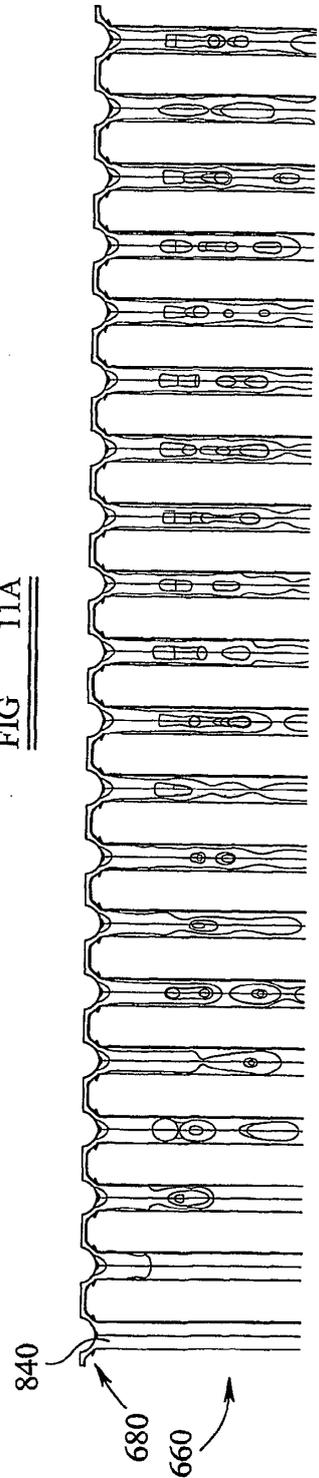


FIG 11B

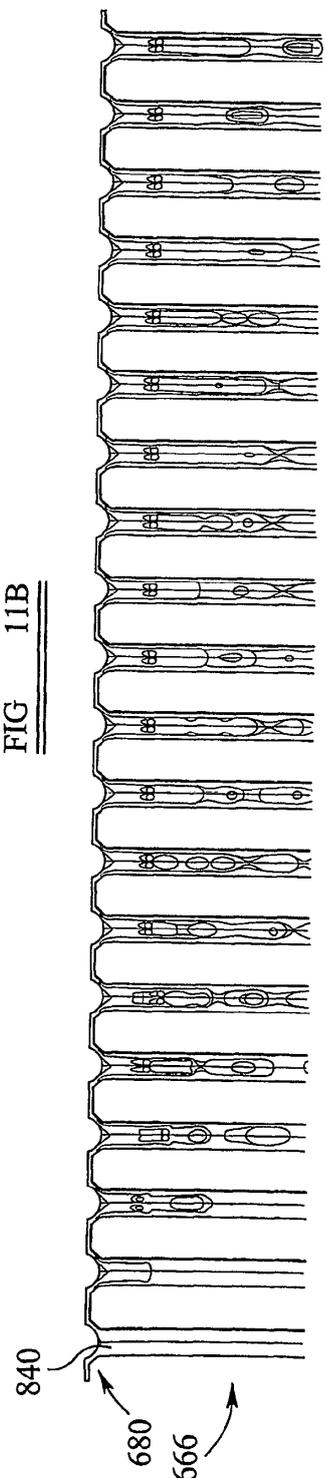


FIG 11C

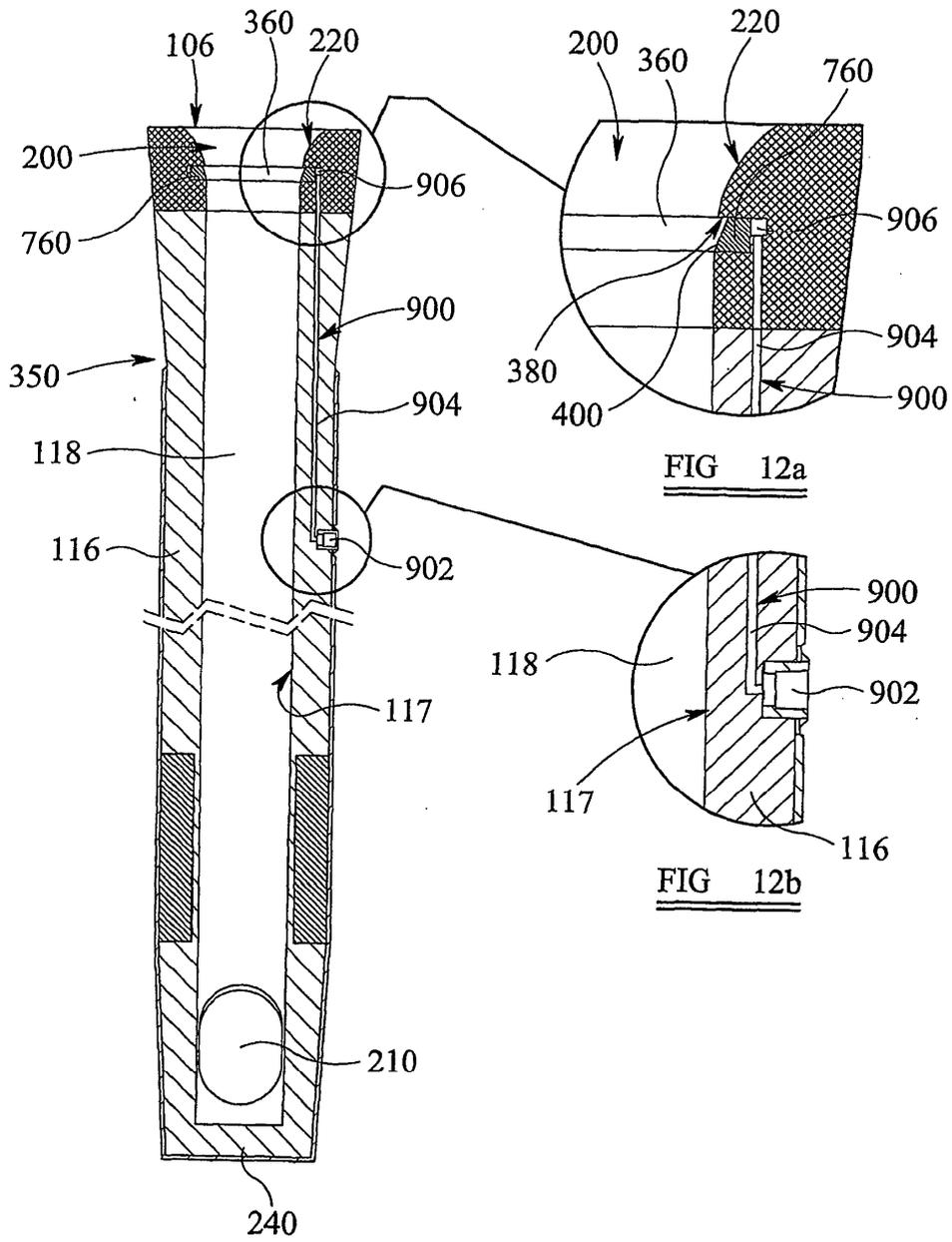


FIG 12