



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 291 296**

⑤1 Int. Cl.:
C21B 11/00 (2006.01)
C21B 11/02 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **01909336 .8**
⑧6 Fecha de presentación : **02.03.2001**
⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1292713**
⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **19.03.2003**

⑤4 Título: **Procedimiento y aparato de fusión directa.**

③0 Prioridad: **03.03.2000 AU PQ5994**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2008

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2008

⑦3 Titular/es:
TECHNOLOGICAL RESOURCES Pty. Ltd.
55 Collins Street
Melbourne, VIC 3000, AU

⑦2 Inventor/es: **Dry, Rodney, James y**
Burke, Peter Damian

⑦4 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 291 296 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato de fusión directa.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de fusión directa basado en un baño fundido y a un aparato para producir metal ferroso fundido (término que comprende ferroaleaciones), en particular aunque ni mucho menos exclusivamente hierro, a partir de material de alimentación ferroso, tal como minerales, minerales parcialmente reducidos y corrientes de desechos que contienen metal, que utilizan un sistema basado en aire precalentado (término que incluye aire enriquecido en oxígeno hasta un 50% de O_2) para la poscombustión de los gases de reacción (que son principalmente CO y H_2) que se generan en el baño fundido.

10 Sin la adecuada poscombustión de los gases de reacción y la posterior transferencia sustancial de calor de vuelta al baño fundido, dichos procedimientos de fusión directa basados en un baño, en particular aquellos sin una fase de reducción previa, resulta poco rentable y en muchos casos inviable debido a la naturaleza endotérmica de la reducción de los materiales de alimentación ferrosos. Aunque los sistemas de poscombustión basados en oxígeno (término que incluye O_2 impuro hasta un 50% de O_2) frente a los sistemas basados en aire precalentado presentan ventajas tales como la minimización del volumen de gas de descarga, existe también un coste significativo en suministrar grandes cantidades de oxígeno.

20 Un requisito adicional es que una buena poscombustión no debe estar a expensas de volver a oxidar cantidades significativas de metal ferroso fundido en el baño fundido ya que el procedimiento resulta poco eficiente, necesiéndose cantidades excesivas de material carbonoso sólido para realizar tal oxidación. Además, una cantidad excesivamente alta de FeO_x líquido (principalmente FeO) en el baño fundido es en particular perjudicial con respecto al desgaste refractario en la región entre el nivel de la superficie inactiva nominal del metal ferroso fundido y la del baño como un todo.

Un procedimiento de fusión directa basado en un baño fundido conocido para producir metal ferroso fundido es el procedimiento DIOS. El procedimiento DIOS comprende una fase de reducción previa y una fase de reducción por fusión. En el procedimiento DIOS, se calienta ($750^\circ C$) previamente el mineral (-8 mm) y se reduce previamente (del 10 al 30%) en lechos fluidizados utilizando gas de descarga de un recipiente de reducción por fusión que contiene un baño fundido de metal y escoria, formando la escoria una capa profunda sobre el metal. Los componentes finos (-3 mm) y gruesos (-8 mm) del mineral se separan en la fase de reducción previa del procedimiento. Se alimentan de forma continua carbón y mineral reducido previamente y precalentado (mediante dos líneas de alimentación) al horno de reducción por fusión desde la parte superior del horno. El mineral se disuelve y forma FeO en la capa profunda de la escoria y el carbón se descompone en residuo carbonoso y materia volátil en la capa de escoria. Se insufla oxígeno a través de una lanza concebida especialmente que mejora la combustión secundaria de la escoria espumosa. Los chorros de oxígeno queman monóxido de carbono que se genera con las reacciones de reducción por fusión, generando así calor que se transfiere a la escoria fundida. Se reduce el FeO en las interfases escoria/metal y escoria/residuo carbonoso. El gas de agitación introducido en el baño de metal caliente desde la parte inferior del recipiente de reducción por fusión mejora la eficacia de la transmisión de calor y aumenta la interfase escoria/metal para la reducción. La escoria y el metal se extraen periódicamente.

Otro procedimiento de fusión directa conocido para producir metal ferroso fundido es el procedimiento AISI. El procedimiento AISI incluye también una fase de reducción previa y una fase de reducción por fusión. En el procedimiento AISI se cargan las pastillas de mineral de hierro parcialmente reducido previamente y precalentado, cenizas de carbón o coque y fundentes por la parte superior en un reactor de fusión presurizado que contiene un baño fundido de metal y escoria. El carbón se desvolatiliza en la capa de escoria y las pastillas de mineral de hierro se disuelven en la escoria y se reducen a continuación por el carbono (residuo carbonoso) en la escoria. Altas velocidades de generación de gas en la escoria dan como resultado la espumación de la escoria. Se realiza la poscombustión del monóxido de carbono e hidrógeno generados en el procedimiento en o justo por encima de la capa de escoria para proporcionar la energía necesaria para las reacciones de reducción endotérmicas. Se insufla oxígeno por la parte superior a través de una lanza central, refrigerada con agua y se inyecta nitrógeno a través de toberas en la parte inferior del reactor para garantizar una agitación suficiente para facilitar la transferencia de calor de la energía de poscombustión al baño. Se elimina el polvo del gas de descarga del procedimiento en un ciclón caliente antes de alimentarlo a un horno de tipo cuba para precalentar y reducir previamente las pastillas a FeO o wustita.

Otro procedimiento de fusión directa conocido para producir metal ferroso fundido es el procedimiento Hismelt. Una forma del procedimiento Hismelt tal como se describe en la solicitud internacional PCT/AU96/00197 (WO 96/31627) a nombre del solicitante, comprende:

- (a) formar un baño fundido de metal y escoria en un recipiente;
- (b) inyectar en el baño:
 - (i) material de alimentación ferroso, normalmente óxidos de metal; y
 - (ii) un material carbonoso sólido, normalmente carbón, que actúa como un reductor de los óxidos de metal y una fuente de energía; y

ES 2 291 296 T3

(c) fundir el material de alimentación ferroso a metal en la capa de metal del baño fundido.

El procedimiento Hismelt comprende también la inyección de gas que contiene oxígeno en un espacio por encima del baño y la poscombustión de los gases de reacción, tales como CO y H₂, liberados del baño y que transfieren el calor generado al baño para contribuir a la energía térmica necesaria para fundir los materiales de alimentación metalíferos.

El solicitante ha llevado a cabo un extenso trabajo en planta piloto y trabajo de modelación computacional de dinámica de fluidos sobre el procedimiento Hismelt y ha obtenido una serie de hallazgos significativos con respecto a los sistemas basados en aire precalentado.

En términos generales, la presente invención proporciona un procedimiento de fusión directa para producir metal ferroso a partir de un material de alimentación ferroso que incluye las etapas tal como se definen en la reivindicación 1.

Preferentemente la concentración de material fundido en el espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza es del 5% o inferior en volumen del espacio

Preferentemente el espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza es un volumen semiesférico que presenta un diámetro que es por lo menos 2 veces el diámetro exterior del extremo inferior de la lanza.

Preferentemente el diámetro del espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza no es superior a 4 veces el diámetro exterior del extremo inferior de la lanza.

Preferentemente se quema por lo menos el 50%, más preferentemente por lo menos el 60%, en volumen del oxígeno en el aire precalentado en el espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza.

Preferentemente el procedimiento incluye inyectar aire precalentado en el recipiente con un movimiento de torbellino.

El término “fusión” significa en la presente memoria un tratamiento térmico en el que tienen lugar reacciones químicas que reducen el material de alimentación ferroso para producir metal líquido.

Se entiende que el término “superficie inactiva” significa una superficie del baño fundido que hace referencia a condiciones de procedimiento en las cuales no existe inyección de gas/sólidos y por tanto no hay agitación en el baño.

Tal como se indicó anteriormente, se entiende que el término “aire” significa en la presente memoria aire o aire enriquecido en oxígeno que contiene hasta el 50% en volumen de O₂.

El flujo de gas superficial en el baño fundido es por lo menos 0,04 Nm³/s/m² de la superficie inactiva del baño fundido.

Preferentemente la velocidad de flujo de gas superficial es por lo menos 0,2 Nm³/s/m² de la superficie inactiva del baño fundido.

Preferentemente la velocidad de flujo de gas superficial es inferior a 2 Nm³/s/m² de la superficie inactiva del baño fundido.

El flujo de gas en el baño fundido puede producirse por uno cualquiera o más de entre un número de factores. Por ejemplo, el flujo de gas puede generarse por lo menos en parte como un resultado de la inyección del material de alimentación ferroso y material carbonoso sólido en el baño fundido, preferentemente en una región inferior del baño fundido. A título de ejemplo adicional, el flujo de gas puede generarse por lo menos en parte como un resultado de la inyección de gas portador en el baño fundido, preferentemente, la región inferior del baño fundido, con material de alimentación ferroso y/o material carbonoso sólido inyectados. A título de ejemplo adicional, el flujo de gas puede generarse por lo menos en parte como un resultado de la inyección en la pared lateral y/o inferior de un gas en el baño fundido, preferentemente la región inferior del baño fundido.

Preferentemente el procedimiento incluye controlar el nivel de carbono disuelto en el hierro fundido para que sea por lo menos el 3% en peso y mantener la escoria en un estado fuertemente reductor que conduce a niveles de FeO inferiores al 6% en peso, más preferentemente inferiores al 5% en peso, en la escoria.

Preferentemente el procedimiento incluye mantener existencias de escoria elevadas en el recipiente con respecto al metal ferroso fundido en el recipiente.

La cantidad de escoria en el recipiente, es decir, las existencias de escoria, presenta un impacto directo sobre la cantidad de escoria que está en una región superior del baño fundido.

Las características de transferencia de calor relativamente bajas de la escoria en comparación con el metal son importantes en el contexto de minimizar la pérdida de calor hacia las paredes laterales refrigeradas con agua y desde el recipiente a través de las paredes laterales del recipiente.

ES 2 291 296 T3

Mediante un control apropiado del procedimiento, la escoria puede formar una capa o capas sobre las paredes laterales que añade resistencia a la pérdida de calor desde las paredes laterales.

Por tanto, cambiando las existencias de la escoria es posible aumentar o disminuir la cantidad de escoria sobre las paredes laterales y por tanto controlar la pérdida de calor a través de las paredes laterales del recipiente.

La escoria puede formar una capa “húmeda” o una capa “seca” sobre las paredes laterales. Una capa “húmeda” comprende una capa congelada que se adhiere a las paredes laterales, una capa semisólida (pasta), y una capa líquida externa. Una capa “seca” es una en la que sustancialmente toda la escoria está congelada.

La cantidad de escoria en el recipiente también proporciona una medida de control sobre el grado de poscombustión.

Específicamente, si las existencias de escoria son demasiado bajas, existirá una mayor exposición de metal y por tanto una mayor oxidación de metal y carbono disuelto en el metal y el potencial para obtener una menor poscombustión y en consecuencia una menor poscombustión, a pesar del efecto positivo que el metal presenta sobre la transferencia de calor a la capa de metal.

Además, si las existencias de escoria son muy altas, la lanza o más de una lanzas de inyección de aire precalentado se enterrarán en el baño fundido y esto minimiza el movimiento de los gases de reacción del espacio superior hasta el extremo de la o cada lanza y, como consecuencia reduce el potencial de obtener poscombustión.

La cantidad de escoria en el recipiente, es decir, las existencias de escoria, pueden controlarse mediante las velocidades de extracción de metal y escoria.

La producción de escoria en el recipiente puede controlarse variando las velocidades de alimentación de material de alimentación ferroso, material carbonoso, y fundentes al recipiente y parámetros de funcionamiento tales como las velocidades de inyección de gas que contiene oxígeno.

Preferentemente el procedimiento incluye inyectar material ferroso y material carbonoso, que actúa como una fuente de reductor y como una fuente de energía, en la región inferior del baño fundido.

Una opción consiste en inyectar material ferroso y material carbonoso mediante lanzas/toberas que se extienden hacia abajo en el baño fundido. Normalmente, las lanzas/toberas se extienden a través de paredes laterales del recipiente y están inclinadas hacia dentro y hacia abajo dentro del baño fundido.

Otra opción, aunque de ninguna manera la única otra opción, consiste en inyectar material ferroso y material carbonoso mediante toberas en la parte inferior del recipiente o en las paredes laterales del recipiente que están en contacto con el baño fundido.

La inyección de material ferroso y material carbonoso puede ser a través de las mismas lanzas/toberas o separadas.

Preferentemente el nivel de poscombustión es de por lo menos el 40%, en el que se define la poscombustión como:

$$\frac{[\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{O}] + [\text{CO}] + [\text{H}_2]}$$

en la que:

$[\text{CO}_2]$ = % en volumen de CO_2 en el gas de descarga

$[\text{H}_2\text{O}]$ = % en volumen de H_2O en el gas de descarga

$[\text{CO}]$ = % en volumen de CO en el gas de descarga

$[\text{H}_2]$ = % en volumen de H_2 en el gas de descarga

Según la presente invención se proporciona también un aparato para producir metal ferroso a partir de un material de alimentación ferroso mediante un procedimiento de fusión directa, aparato que incluye un recipiente que contiene un baño de metal fundido y escoria fundida y un espacio gaseoso continuo por encima del baño fundido, recipiente que incluye:

(a) un crisol formado de material refractario que presenta una base y laterales en contacto con una región inferior del baño fundido;

(b) paredes laterales que se extienden hacia arriba desde los laterales del crisol y que están en contacto con una región superior del baño fundido y el espacio gaseoso continuo, en el que las paredes laterales que están

ES 2 291 296 T3

en contacto con el espacio gaseoso continuo incluyen paneles refrigerados con agua y una capa de escoria sobre los paneles;

(c) unos medios para suministrar material de alimentación ferroso y material carbonoso al recipiente;

(d) unos medios para generar un flujo de gas en el baño fundido que transporta material fundido hacia arriba por encima de una superficie inactiva nominal del baño fundido y forma un baño elevado;

(e) por lo menos una lanza que se extiende hacia abajo en el recipiente y que inyecta aire precalentado en el recipiente a un ángulo de 20 a 90° con respecto a un eje horizontal a una velocidad de 200-600 m/s y a una temperatura de 800-1400°C, ubicándose la lanza de modo que:

(i) la lanza se extiende en el recipiente una distancia que es por lo menos el diámetro exterior de un extremo inferior de la lanza; y

(ii) el extremo inferior de la lanza es por lo menos 3 veces el diámetro exterior del extremo inferior de la lanza por encima de una superficie inactiva del baño fundido;

incidiendo el aire sobre o penetrando en el baño elevado y realizando la poscombustión de los gases liberados desde o contenidos dentro del baño elevado, y forzando la inyección de aire al metal fundido en el baño elevado en la región del extremo inferior de la lanza lejos del extremo inferior de modo que existe un espacio "libre" alrededor del extremo inferior de la lanza que presenta una concentración de material fundido inferior a la del baño elevado; y

(f) unos medios para extraer metal fundido y escoria del recipiente.

Preferentemente los medios de suministro/medios de generación de gas incluyen una pluralidad de lanzas/toberas que inyectan material de alimentación ferroso y material carbonoso con un gas portador en el baño fundido y que generan el flujo de gas.

La presente invención se describe además a título de ejemplo haciendo referencia a los dibujos adjuntos de los cuales:

La figura 1 es una sección vertical que ilustra de forma esquemática una forma de realización preferida del procedimiento y el aparato de la presente invención;

la figura 2 es una sección transversal longitudinal a través de la lanza de inyección de aire caliente mostrada en la figura 1;

la figura 3 es una sección transversal longitudinal a escala ampliada a través de una parte del extremo anterior de la lanza;

la figura 4 es una sección transversal sobre la línea 4-4 de la figura 3;

la figura 5 es una sección transversal sobre la línea 5-5 de la figura 3;

la figura 6 es una sección transversal sobre la línea 6-6 de la figura 5;

la figura 7 es una sección transversal sobre la línea 7-7 de la figura 6;

la figura 8 ilustra los pasos de flujo de agua formados en una parte anterior de un cuerpo central dispuesto con el extremo anterior de la lanza;

la figura 9 es un desarrollo que muestra la disposición de las galerías de entrada y retorno de agua para la parte del cuerpo central y cuatro paletas de agitación de flujo en remolino en la parte anterior de la lanza; y

la figura 10 es una sección transversal ampliada a través de una parte posterior de la lanza.

La siguiente descripción está en el contexto de la fusión de un mineral de hierro para producir hierro fundido y se entiende que la presente invención no se limita a esta aplicación y puede aplicarse a cualquier mineral ferroso adecuado y/o concentrados, que incluyen minerales ferrosos parcialmente reducidos y materiales de desecho de reciclaje.

El aparato de fusión directa mostrado en la figura 1 incluye un recipiente metalúrgico indicado generalmente como 11. El recipiente 11 presenta un crisol que incluye una base 12 y laterales 13 formados de ladrillos refractarios; las paredes 14 laterales que forman un barril generalmente cilíndrico que se extiende hacia arriba desde los laterales 13 del crisol que incluye una sección superior del barril 151 formada de paneles refrigerados con agua y una sección inferior del barril 153 formada de paneles refrigerados con agua que presentan un revestimiento interno de ladrillos

ES 2 291 296 T3

refractarios; un techo 17; una salida 18 para gases de descarga; un alimentador 19 para descargar metal fundido de forma continua; y un orificio 21 de extracción para descargar la escoria fundida.

Durante su utilización, el recipiente contiene un baño fundido de hierro y escoria que, bajo condiciones estables, incluye una capa de metal fundido 22 y una capa de escoria fundida 23 sobre la capa de metal 22. Se entiende que el término “capa de metal” significa en la presente memoria una región del baño que es predominantemente metal. Se entiende que el término “capa de escoria” significa en la presente memoria una región del baño que es predominantemente escoria. La flecha marcada por el número 24 indica la posición de la superficie inactiva nominal de la capa de metal 22 y la flecha marcada por el número 25 indica la posición de la superficie inactiva nominal de la capa de escoria 23 (es decir, del baño fundido). Se entiende que el término “superficie inactiva” significa la superficie cuando no existe inyección de gas ni sólidos en el recipiente.

El recipiente está provisto de una lanza de inyección de aire caliente 26 que se extiende hacia abajo para distribuir una ráfaga de aire caliente a una región superior del recipiente y realizar la poscombustión de los gases de reacción liberados del baño fundido. La lanza 26 presenta un diámetro D exterior en el extremo inferior de la lanza. La lanza 26 está colocada de modo que:

- (i) un eje central de la lanza 26 está a un ángulo de 20 a 90° con respecto a un eje horizontal de modo que el ángulo de inyección de aire caliente está comprendido en este intervalo;
- (ii) la lanza 26 se extiende en el recipiente una distancia que es por lo menos el diámetro D exterior del extremo inferior de la lanza; y
- (iii) el extremo inferior de la lanza 26 es por lo menos 3 veces el diámetro D exterior del extremo inferior de la lanza por encima de la superficie 25 inactiva del baño fundido.

Se describe la lanza 26 con mayor detalle haciendo referencia a las figuras 2-10.

El recipiente también está provisto de lanzas de inyección de sólidos 27 (dos mostradas) que se extienden hacia abajo y hacia dentro a través de las paredes 14 laterales y en el baño fundido para inyectar mineral de hierro, material carbonoso sólido, y fundentes arrastrados en un gas portador deficiente en oxígeno en el baño fundido. La posición de las lanzas 27 se selecciona de modo que sus extremos de salida 82 están por encima de la superficie inactiva de la capa de metal 22. Esta posición de las lanzas reduce el riesgo de daño a través del contacto con metal fundido y también hace posible enfriar las lanzas mediante refrigeración con agua interna forzada sin riesgo significativo de que el agua entre en contacto con el metal fundido en el recipiente.

Durante su utilización, se inyecta el mineral de hierro, el material carbonoso sólido (normalmente carbón), y fundentes (normalmente cal y magnesita) arrastrados en un gas portador (normalmente N₂) en el baño fundido 15 a través de las lanzas 27. El momento del material sólido/gas portador provoca que el material sólido y el gas penetren en una región inferior del baño fundido. El carbón se desvolatiliza y por tanto produce gas en la región inferior del baño. El carbono se disuelve en parte en el metal y permanece en parte como carbono sólido. El mineral de hierro se funde para obtener metal y la reacción de fusión genera gas monóxido de carbono. Los gases transportados a la región inferior del baño y generados mediante desvolatilización y fusión producen una flotación ascendente significativa de metal fundido, carbono sólido y escoria (arrastrada a la región inferior del baño como consecuencia de la inyección gas/sólido) desde la región inferior del baño lo que genera un movimiento ascendente de salpicaduras, gotas y corrientes de metal fundido y escoria, y estas salpicaduras, gotas y corrientes arrastran escoria mientras se mueven a través de una región superior del baño fundido. El flujo de gas generado mediante la inyección de gas portador y reacciones en el baño mencionadas descritos anteriormente es por lo menos 0,4 Nm³/s/m² de la superficie inactiva del baño fundido (es decir, la superficie 25).

La flotación ascendente de metal fundido, carbono sólido y escoria produce una agitación sustancial en el baño fundido, con el resultado de que el baño fundido 23 se dilata en volumen y presenta una superficie indicada mediante la flecha 30. El grado de agitación es tal que hay una temperatura razonablemente uniforme a través del baño fundido, normalmente 1.450 -1.550°C.

Además, el movimiento ascendente de salpicaduras, gotas y corrientes de material fundido producidas por la flotación ascendente de metal fundido, carbono sólido y escoria se extiende al espacio superior 31 por encima del baño fundido en el recipiente y:

- (a) forma una zona 28 de transición; y
- (b) proyecta algo de material fundido (predominantemente escoria) más allá de la zona 28 de transición y sobre la parte de la sección superior del barril 151 de las paredes 14 laterales que está por encima de la zona 28 de transición y sobre el techo 17.

El baño fundido dilatado y la zona 28 de transición definen un baño elevado.

ES 2 291 296 T3

Además de lo anterior, durante su utilización, se descarga aire caliente a una temperatura de 800-1.400°C a una velocidad de 200-600 m/s mediante una lanza 26 y penetra en la región central de la zona 28 de transición y provoca la formación de un espacio esencialmente libre de metal/escoria 29 alrededor de la lanza 26.

5 La ráfaga de aire caliente mediante la lanza 26 realiza la poscombustión de los gases CO y H₂ en la zona 28 de transición y en el espacio libre 29 alrededor del extremo de la lanza 26 y genera altas temperaturas del orden de 2.000°C o superiores en el espacio del gas. Se transfiere el calor a las salpicaduras, gotas y corrientes de material fundido ascendentes y descendentes en la región de inyección de gas y el calor se transfiere en parte por todo el baño fundido.

10 El espacio libre 29 es importante para lograr niveles altos de poscombustión debido a que permite el arrastre de gases en el espacio por encima de la zona 28 de transición a la región del extremo de la lanza 26 y aumenta por tanto la exposición de los gases de reacción disponibles para la poscombustión.

15 El efecto combinado de la posición de la lanza 26, la velocidad de flujo de gases a través de la lanza 26, y el movimiento ascendente de salpicaduras, gotas y corrientes de material fundido es para conformar la zona 28 de transición alrededor de la región inferior de la lanza 26. Esta región conformada proporciona una barrera parcial frente a la transferencia de calor mediante radiación a las paredes 14 laterales.

20 Además, las gotas, salpicaduras y corrientes de material ascendentes y descendentes son medios eficaces para transferir calor desde la zona 28 de transición hasta el baño fundido con el resultado de que la temperatura de la zona 28 de transición en la región de las paredes 14 laterales está comprendida entre 1.450°C y 1.550°C.

Se ilustra la construcción de la lanza de inyección de aire caliente 26 en las figuras 2-9. Tal como se muestra en estas figuras, la lanza 26 comprende un conducto 31 alargado a través del que pasa el flujo de aire caliente, que puede ser enriquecido en oxígeno. El conducto 31 está constituido por una serie de cuatro tubos 32, 33, 34, 35 de acero inoxidable concéntricos que se extienden hasta una parte del extremo anterior 36 del conducto en el que se conectan a una pieza del extremo de la punta 37. Una parte de cuerpo alargado 38 se dispone centralmente dentro de la parte del extremo anterior 36 del conducto y soporta una serie de cuatro paletas 39 que imparten agitación en remolino. La parte de cuerpo central 38 es de formación cilíndrica con extremos anterior y posterior 41, 42 abovedados o de extremo redondeado. Las paletas 39 están dispuestas en una formación helicoidal que empieza en cuatro sitios diferentes y están conectadas en sus extremos anteriores mediante extremos de paleta 45 que se extienden radialmente hacia fuera hasta la parte anterior del conducto.

35 El conducto 31 está revestido internamente a lo largo de la mayoría de su longitud mediante un revestimiento 43 refractario interno que encaja dentro del tubo 35 de metal más interno del conducto y se extiende a través de las partes del extremo anterior 42 de las paletas, encajando las paletas 39 perfectamente dentro del revestimiento refractario detrás de estas partes del extremo anterior 42.

40 La pieza del extremo de la punta 37 del conducto presenta una cabeza anular hueca o formación 44 en punta que se proyectan hacia dentro desde el resto del conducto de modo que está generalmente a ras de la superficie interna del revestimiento 43 refractario que define el paso de flujo eficaz para el gas a través del conducto. El extremo anterior de la parte de cuerpo central 38 se proyecta hacia delante más allá de esta formación 44 en punta de modo que el extremo anterior de la parte de cuerpo y la formación de punta actúan conjuntamente para formar una boquilla anular desde la cual sale la ráfaga de aire caliente en un flujo divergente anular con un movimiento de torbellino o de rotación impartido por las paletas 39.

Según la presente invención, la formación 44 en punta del conducto, la parte de cuerpo central 38 y las paletas 39 están refrigeradas en su totalidad con agua internamente con flujos de agua de refrigeración proporcionados mediante medios de paso de flujo de agua de refrigeración indicados generalmente como 51 que se extienden a través de la pared del conducto. Los medios 51 de paso de flujo de agua comprenden un paso de suministro de agua 52 definido por el espacio anular entre los tubos 33, 34 de conducto para suministrar agua de refrigeración al interior hueco 53 de la formación 44 en punta del conducto mediante aberturas espaciadas circunferencialmente 54 en la pieza del extremo de la punta 37. El agua vuelve desde la pieza del extremo de la punta a través de aberturas espaciadas circunferencialmente 55 a un paso anular de retorno de flujo de agua 56 definido entre los tubos 32 y 33 de conducto y que forma parte también de los medios 51 de paso de flujo de agua. Por tanto se suministra agua de refrigeración de forma continua al interior hueco 52 de la pieza del extremo de la punta 37 para actuar como un paso de refrigeración interna. El agua de refrigeración para la punta de la lanza se distribuye al paso de suministro 52 a través de una entrada de agua 57 en el extremo posterior de la lanza y el agua de retorno abandona la lanza a través de una salida 58 también en el extremo posterior de la lanza.

60 El espacio anular 59 entre los tubos 34 y 35 de conducto está dividido mediante barras divisoras enrolladas helicoidalmente en ocho pasos helicoidales independientes que se extienden desde el extremo posterior del conducto a través de la parte del extremo anterior 36 del conducto. Se suministra agua a cuatro de estos pasos de forma independiente a través de cuatro entradas de agua espaciadas circunferencialmente 62 para proporcionar suministros de agua independientes para la refrigeración de las paletas 39 y la parte de cuerpo 38. Los otros cuatro pasos sirven como pasos retorno de flujo que están conectados a un paso colector de retorno anular común 63 y una única salida de agua 64.

ES 2 291 296 T3

Las paletas 39 son de formación hueca y los interiores están divididos para formar pasos de entrada y salida de flujo de agua a través de los cuales fluye el agua hacia y desde la parte de cuerpo central 38, que también está formada de pasos de flujo de agua para una refrigeración de agua interna. Las partes del extremo anterior 45 de las paletas 39 están conectadas al extremo anterior del tubo 35 de conducto más interno alrededor de cuatro ranuras de entrada de agua 65 a través de las cuales fluye el agua desde los cuatro pasos de entrada de flujo de agua suministrados independientemente a pasos de entrada dirigidos radialmente hacia dentro 66 en los extremos anteriores de las paletas. El agua de refrigeración fluye entonces al extremo anterior de la parte de cuerpo central 38.

La parte de cuerpo central 38 se compone de partes de cuerpo internas delantera y trasera 68, 69 alojadas dentro de una cubierta 70 formada de una sección cilíndrica principal 71 y piezas de extremo anterior y posterior abovedadas 41, 42 que están cementadas para resistir la abrasión por limaduras refractarias u otro material particulado transportado por el flujo caliente de gas. Un espacio de huelgo 74 entre las partes internas 68, 69 y la cubierta externa de la parte de cuerpo central está subdividida en dos conjuntos de pasos de flujo de agua periféricos 75, 76 por medio de nervaduras 77, 78 divisoras formadas sobre las superficies periféricas externas de las partes de cuerpo interno 68, 69. El conjunto anterior de canales de flujo de agua periféricos 75 están dispuestos para abrirse en abanico desde el extremo frontal de la parte de cuerpo central de la manera mostrada en la figura 8 y hacia atrás alrededor del cuerpo. Un inserto 81 de guía de flujo está colocado en el centro dentro del cuerpo interno, la parte 68 para extenderse a través del paso de flujo de agua 67 y dividir ese paso en cuatro pasos de flujo de agua espaciados circunferencialmente que reciben de forma independiente los flujos entrantes de agua a través de los pasos de entrada de agua 66 en los extremos anteriores de las paletas, manteniendo así cuatro flujos de entrada de agua independientes a través del extremo frontal de la parte de cuerpo central. Estos flujos de agua independientes comunican con los cuatro canales de flujo de agua periféricos frontales 75 a través de los cuales el agua fluye de vuelta alrededor del extremo anterior en la parte de cuerpo central.

Una placa 82 deflectora divide los pasos de entrada de agua 66, 67 en los extremos anteriores de las paletas y la parte de cuerpo central de los pasos de flujo de agua en las partes posteriores de las paletas y la parte de cuerpo central. El agua que fluye de vuelta a través de los canales periféricos anteriores 75 se extiende a través de ranuras 83 en este deflector colocado entre los pasos de entrada 66 de modo que fluye de nuevo a un paso central 84 en la parte de cuerpo posterior 69. Este paso también está dividido en cuatro canales de flujo independientes por medio de una guía 85 de flujo central para hacer continuar los cuatro flujos de agua independientes a través del extremo posterior del cuerpo central. Los canales de flujo periféricos posteriores 76 también están dispuestos en un conjunto de cuatro de una forma similar a los pasos secundarios 75 en el extremo frontal del cuerpo central para recibir los cuatro flujos de agua independientes en el extremo posterior del cuerpo y devolverlos alrededor de la periferia del cuerpo a las ranuras de salida espaciadas circunferencialmente 86 en la cubierta a través de las cuales fluye el agua al paso de retorno 87 en las paletas.

Las paletas huecas están divididas internamente mediante deflectores longitudinales 89 de modo que los pasos de agua de refrigeración se extienden desde los extremos anteriores internos de las paletas hacia los extremos posteriores de las paletas, después hacia fuera y hacia delante a lo largo de los extremos longitudinales externos de las paletas hasta pasos de salida de agua que se extienden radialmente 91 en los extremos anteriores 42 de las paletas que se comunican a través de ranuras de salida 93 con los cuatro pasos de retorno espaciados circunferencialmente que se extienden de vuelta a través de la pared del conducto hasta la salida común 64 en el extremo posterior del conducto. El deflector 82 divide los pasos de entrada y salida 66, 91 dentro de las paletas y las ranuras de flujo de entrada y salida de agua 65, 93 para cada paleta están formadas en el extremo anterior del tubo 35 de conducto interno con un ángulo con respecto a la dirección longitudinal para adaptarse al ángulo de hélice de las paletas tal como se observa en la figura 3.

Los extremos anteriores de los cuatro tubos 32, 33, 34, 35 de conducto concéntricos están soldados a tres rebordes 94, 95, 96 de la pieza de punta 55 de modo que están firmemente conectados en una estructura sólida en el extremo anterior de la lanza. Los extremos posteriores de los tubos de conducto pueden moverse longitudinalmente entre sí para permitir una dilatación térmica diferencial durante el funcionamiento de la lanza. Tal como se observa más claramente en la figura 10, el extremo posterior del tubo 32 de conducto está provisto de un reborde prominente 101 al que se suelda una estructura 102 continua que soporta las diversas entradas y salidas de agua 57, 58, 62, 64. La estructura 102 incluye un reborde anular interno 103 ajustado a una junta tórica hermética 104 que sirve como una montura deslizante para el extremo posterior del tubo 33 de conducto, permitiendo así que el tubo 33 de conducto se dilate y se contraiga longitudinalmente independientemente del tubo 32 de conducto externo. Una estructura 105 soldada al extremo posterior del tubo 34 de conducto incluye rebordes anulares 106, 107 provistos de juntas tóricas herméticas 108, 109 que proporcionan una montura deslizante para el extremo posterior del tubo 34 de conducto dentro de la estructura externa 102 fijada al extremo posterior del tubo 32 de conducto de modo que el tubo 34 de conducto también puede dilatarse y contraerse independientemente del tubo 32 de conducto. El extremo posterior del tubo 35 de conducto más interno está provisto de un reborde prominente 111 equipado con una junta tórica hermética 112 que engancha un anillo 113 anular ajustado a la estructura externa 102 de modo que también se proporciona una montura deslizante para el tubo de conducto más interno permitiendo la dilatación y contracción longitudinal independiente.

También se prevé la dilatación térmica de las paletas 39 de guía de flujo y la parte de cuerpo interno 38. Las paletas 39 están conectadas al conducto y a la parte de cuerpo interno sólo en sus extremos anteriores y en particular, en las ubicaciones en las que hay flujos de entrada y salida de agua en las partes interna y externa de los extremos anteriores de las paletas. Las partes principales de las paletas simplemente se ajustan entre el revestimiento 43 refractario del conducto y la cubierta de la parte de cuerpo central 38 y son libres para dilatarse longitudinalmente. El divisor 85 de

ES 2 291 296 T3

flujo de agua dentro de la sección trasera de la parte de cuerpo interno presenta una placa de extremo frontal circular que se desliza dentro de una superficie maquinada de una espiga 122 tubular sobre el deflector 82 de modo que permite que las partes anteriores y traseras de la parte de cuerpo central se separen bajo dilatación térmica mientras se mantiene el sellado entre los pasos de flujo de agua independientes. Se proporciona una junta de expansión térmica 133 para acomodar la expansión térmica entre los extremos anterior y frontal de la parte de cuerpo central.

Para permitir además una dilatación térmica, las paletas 39 pueden conformarse de modo que no se extiendan radialmente hacia fuera entre la cubierta de la parte de cuerpo central y el revestimiento refractario del conducto cuando se observa en sección transversal, sino de manera que están ligeramente desplazados con un ángulo con respecto a la dirección radial verdadera cuando los tubos de la lanza y el cuerpo central están en un estado de frío. La dilatación posterior de los tubos de conducto durante el funcionamiento de la lanza permitirá a las paletas descender hacia posiciones radiales verdaderas mientras se mantiene un contacto apropiado con el revestimiento del conducto y la parte de cuerpo central, mientras se evitan tensiones radiales sobre las paletas debido a la dilatación térmica.

Durante el funcionamiento de la lanza de inyección de aire caliente ilustrada, se distribuyen flujos de agua de refrigeración independientes a las cuatro paletas 39 de agitación en remolino de modo que no puede producirse ninguna pérdida de la eficacia de refrigeración debido a efectos de flujo diferenciales. También se proporcionan los flujos de agua de refrigeración independientes a los extremos anterior y posterior de la parte de cuerpo central 38 de modo que se eliminan los puntos calientes debido a la falta de flujo de agua debido a posibles efectos de flujo preferido. Esto resulta crítico en particular para la refrigeración del extremo anterior 72 de la parte de cuerpo central que está expuesta a condiciones de temperatura extremadamente altas dentro del recipiente de fusión.

Los tubos de conducto pueden dilatarse y contraerse de forma independiente en la dirección longitudinal bajo efectos térmicos de dilatación y contracción y las paletas y partes de cuerpo central también pueden dilatarse y contraerse sin comprometer la integridad estructural de la lanza o el mantenimiento de los diversos flujos independientes de agua de refrigeración.

La lanza 26 ilustrada ha demostrado poder funcionar en condiciones extremas de temperatura dentro de un recipiente de fusión directa en el que se produce hierro fundido mediante el procedimiento HIsmelt. Normalmente, la velocidad de flujo de agua de refrigeración a través de las cuatro paletas de agitación en remolino y la parte de cuerpo central será del orden de 90 m³/h y la velocidad de flujo a través del alojamiento externo y la punta de la lanza será del orden de 400 m³/h. Por tanto, la velocidad de flujo total puede ser del orden de 490 m³/h a una presión máxima de funcionamiento del orden de 1.500 kPag.

Debe entenderse que la invención no está limitada de ninguna manera a los detalles del procedimiento descrito y la construcción ilustrada y que muchas modificaciones y variaciones estarán dentro del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fusión directa para producir metal ferroso a partir de un material de alimentación ferroso que comprende las etapas que consisten en:

- (a) formar un baño de metal fundido y escoria fundida en un recipiente metalúrgico;
- (b) inyectar material de alimentación ferroso en el baño fundido y fundir el material de alimentación ferroso a metal en el baño fundido;
- (c) inyectar material carbonoso sólido en el baño fundido; de manera que el nivel de carbono disuelto en el hierro fundido en el baño fundido es de por lo menos del 3% en peso;
- (d) generar un flujo de gas en el baño fundido por lo menos en parte mediante reacciones de material inyectado en el baño que transporta material fundido hacia arriba por encima de una superficie inactiva del baño fundido (tal como se define en la presente memoria) para formar un baño elevado;
- (e) inyectar aire precalentado en el recipiente mediante por lo menos una lanza de manera que incide sobre o penetra en el baño elevado y realiza la poscombustión de los gases de reacción liberados desde o contenidos dentro del baño elevado, facilitando así la transferencia de calor al baño fundido, forzando el aire al material fundido en el baño elevado en la región del extremo inferior de la lanza lejos de la lanza y formando un espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza que presenta una concentración de material fundido que es inferior que la concentración de material fundido en el baño elevado,

estando dicho procedimiento **caracterizado** por la inyección del aire precalentado hacia abajo en el recipiente en un ángulo de 20 a 90°C con respecto al eje horizontal y a una temperatura de 800-1.400°C y a una velocidad de 200-600 m/s; siendo la lanza dispuesta de manera que: (i) la lanza se extiende en el recipiente una distancia que es por lo menos el diámetro exterior del extremo inferior de la lanza; e (ii) el extremo inferior de la lanza es por lo menos 3 veces el diámetro exterior del extremo inferior de la lanza por encima de la superficie inactiva del baño fundido, en el que el flujo de gas superficial en el baño fundido es de por lo menos 0,04 Nm³/s/m² de la superficie inactiva del baño fundido.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la concentración de material fundido en el espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza es del 5% o inferior en volumen del espacio.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que el espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza es un volumen semiesférico que presenta un diámetro que es por lo menos 2 veces el diámetro exterior del extremo inferior de la lanza.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que el diámetro del espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza no es superior a 4 veces el diámetro exterior del extremo inferior de la lanza.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que por lo menos el 50% en volumen del oxígeno en el aire precalentado se quema en el espacio libre alrededor del extremo inferior de la lanza.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende inyectar aire precalentado en el recipiente con un movimiento de torbellino.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la velocidad de flujo de gas superficial es de por lo menos 0,2 Nm³/s/m² de la superficie inactiva del baño fundido.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la velocidad de flujo de gas superficial es inferior a 2 Nm³/s/m² de la superficie inactiva del baño fundido.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende generar el flujo de gas desde el baño fundido mediante la inyección de material ferroso y material carbonoso sólido en el baño fundido.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende generar el flujo de gas desde el baño fundido mediante la inyección de material ferroso y material carbonoso sólido para penetrar en una región inferior del baño fundido.

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la inyección de material ferroso y material carbonoso sólido en el baño fundido mediante lanzas/toberas que se extienden hacia abajo en el baño fundido.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende inyectar material ferroso y material carbonoso sólido en el baño fundido mediante lanzas/toberas que se extienden a través de las paredes laterales del recipiente y están inclinadas hacia dentro y hacia abajo dentro del baño fundido.

ES 2 291 296 T3

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la poscombustión de los gases de reacción liberados desde o contenidos dentro del baño elevado hasta un nivel de por lo menos el 40%.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende mantener la escoria en un estado fuertemente reductor que conduce a niveles de FeO inferiores al 6% en peso en la escoria.

10

15

20

25

30

35

40

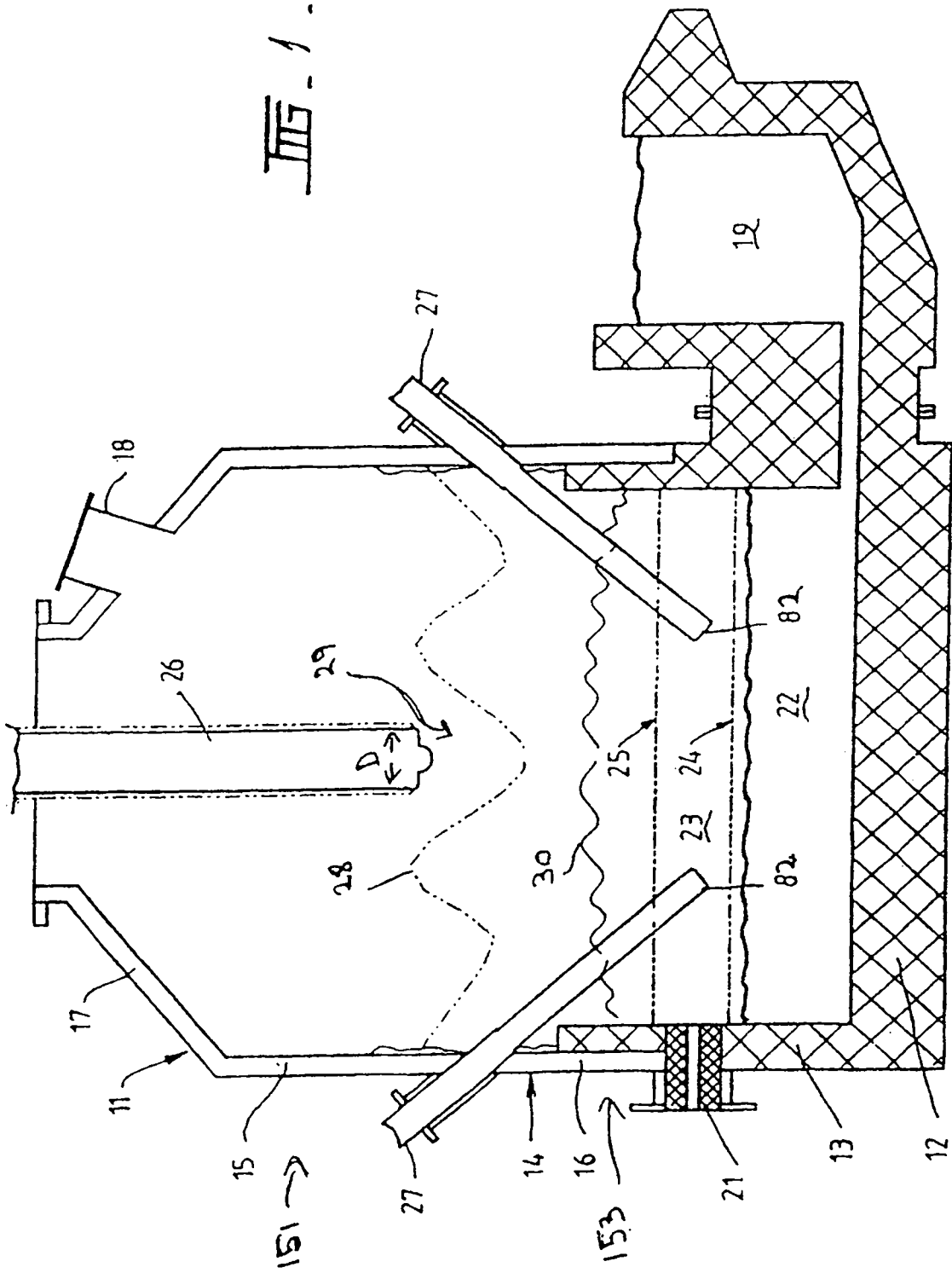
45

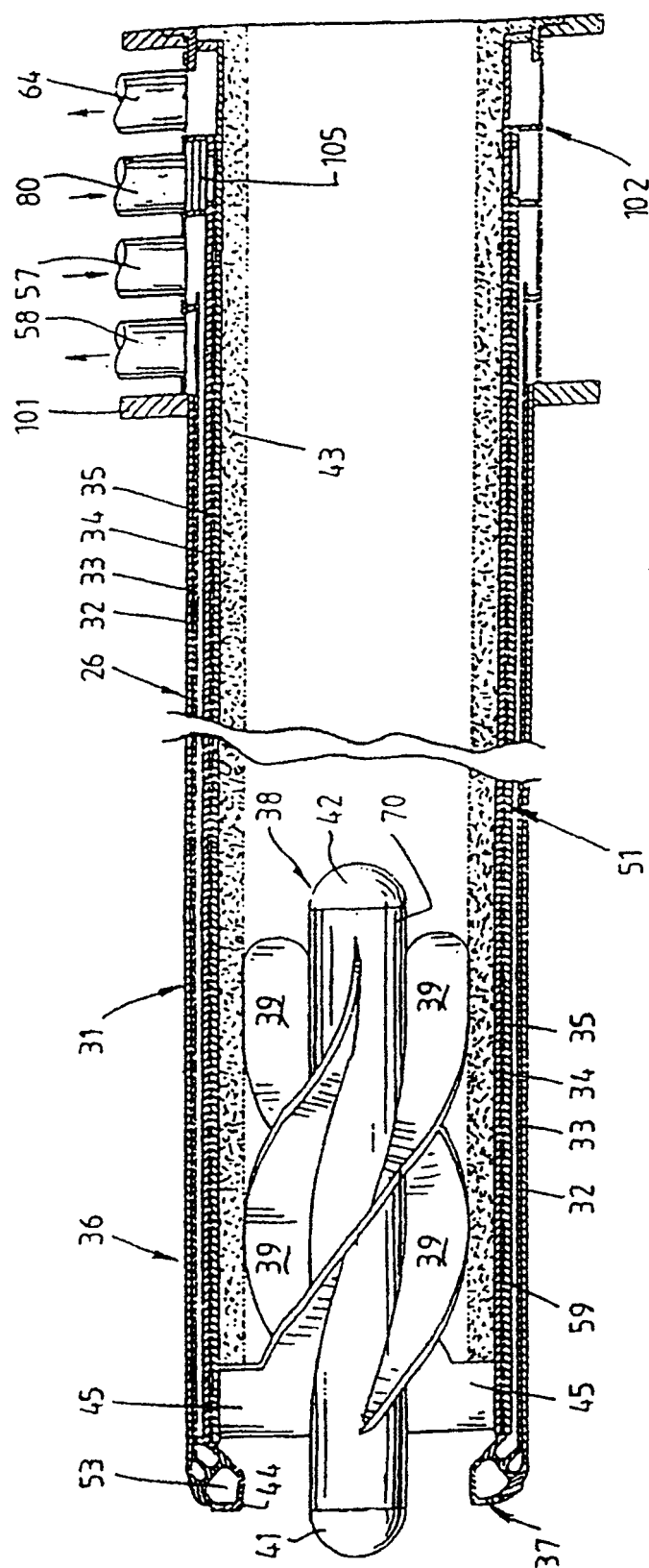
50

55

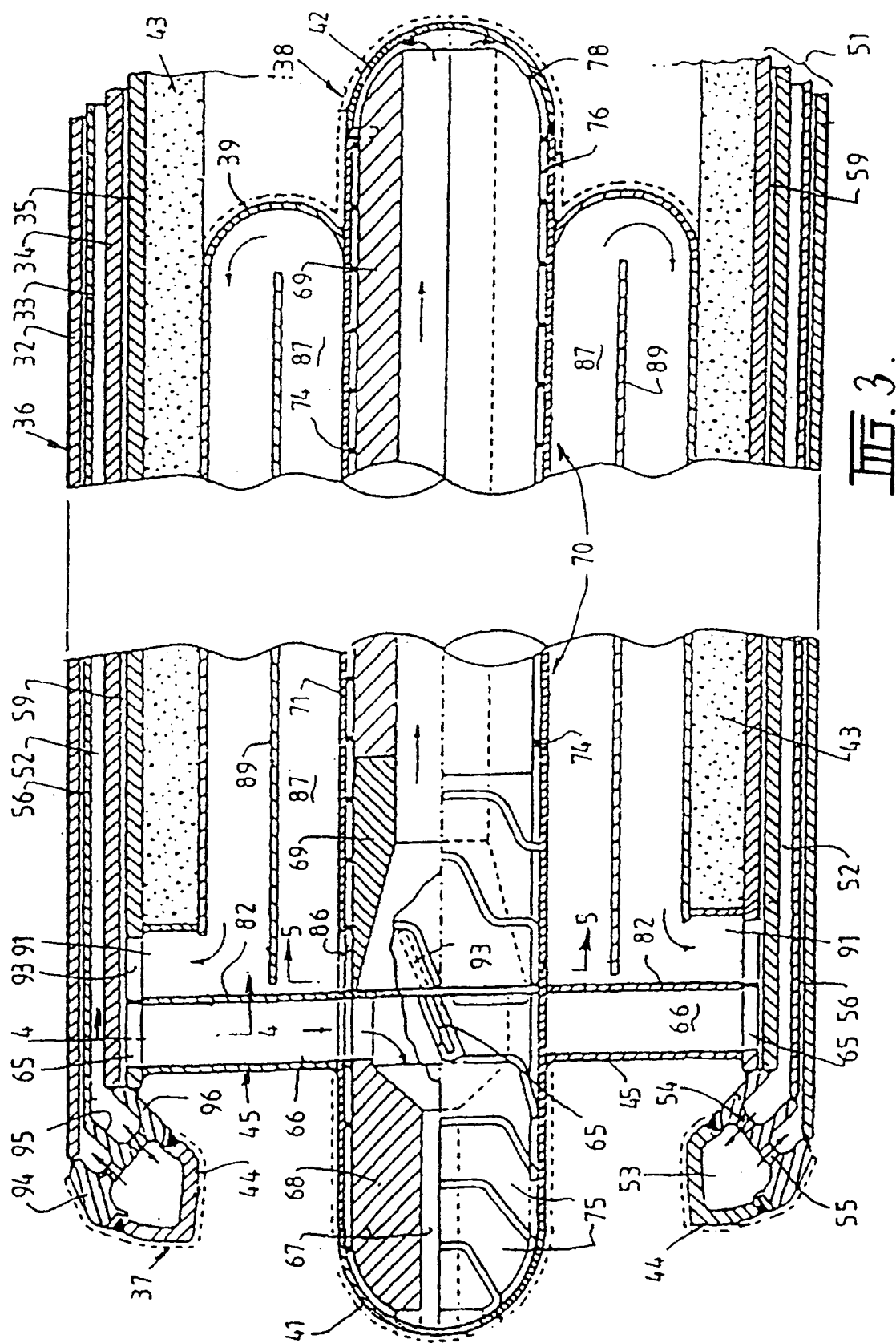
60

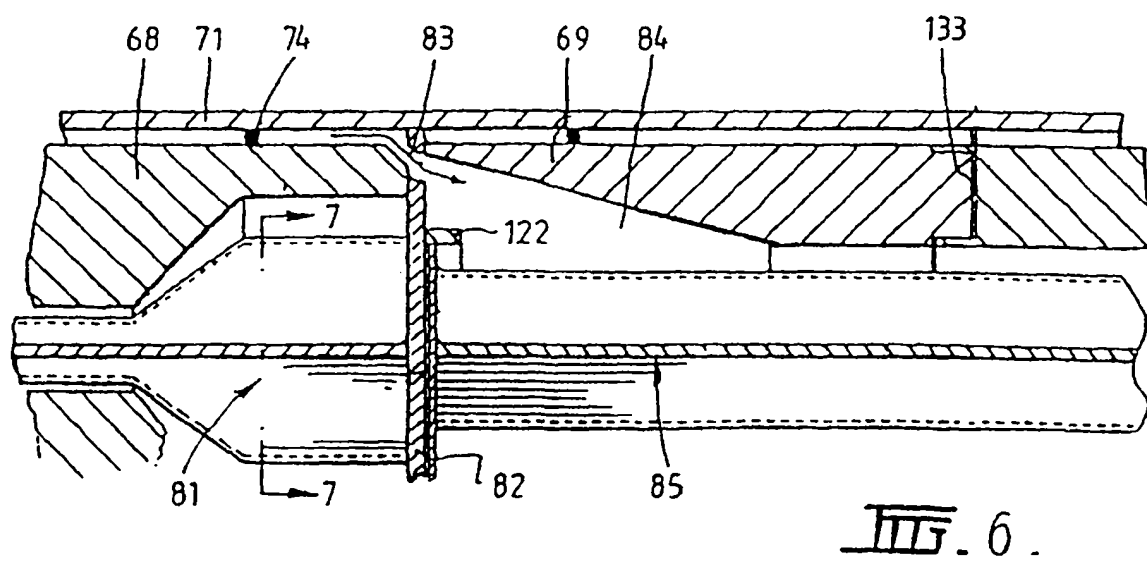
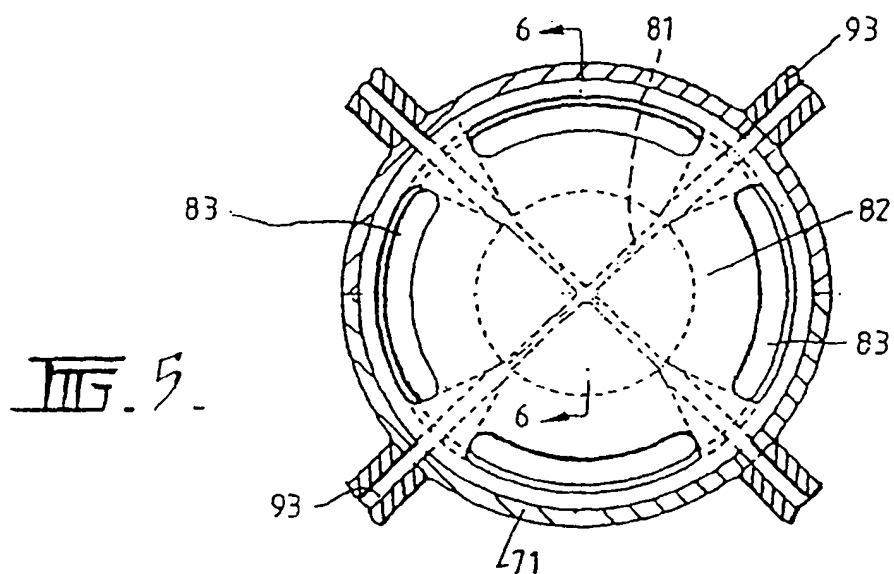
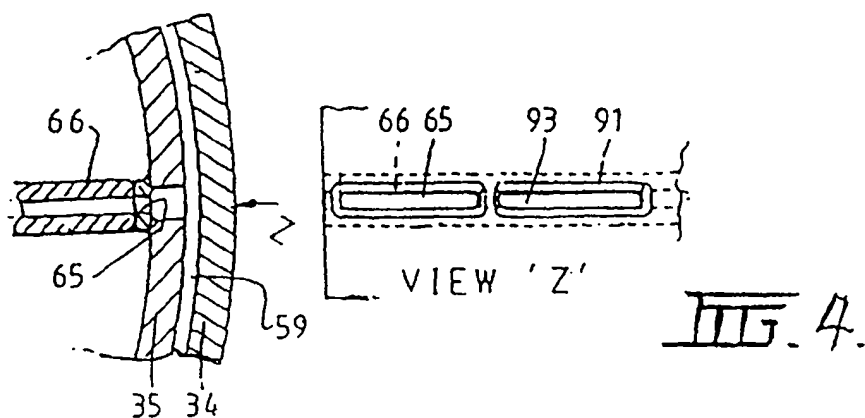
65





五.二





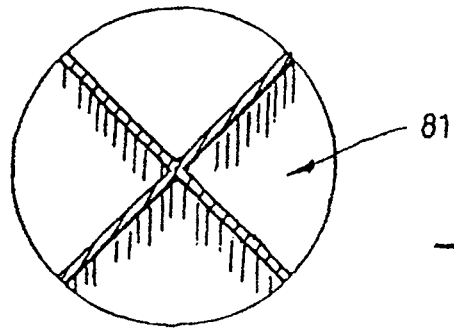


FIG. 7.

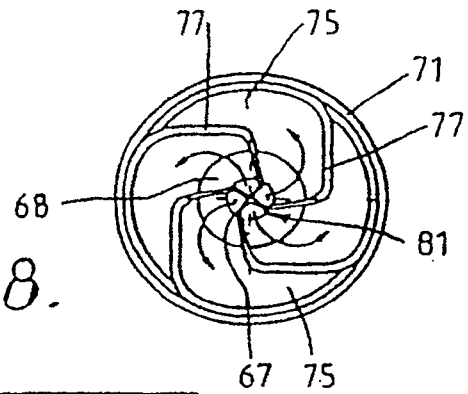


FIG. 8.

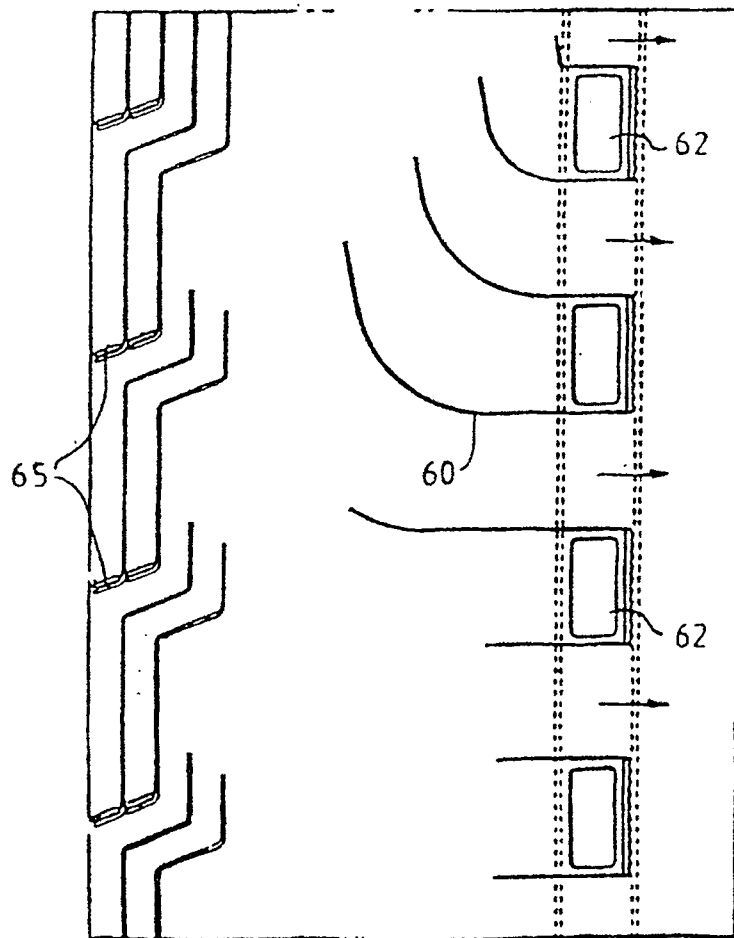
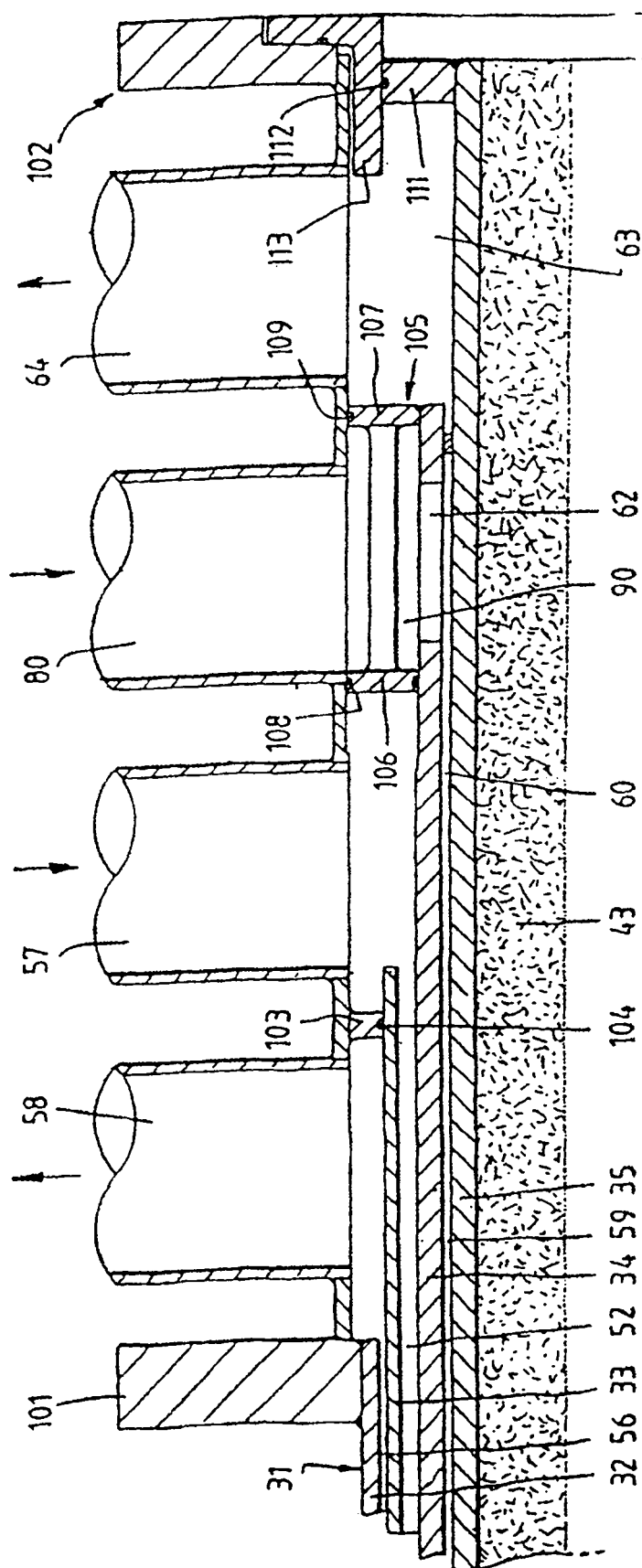


FIG. 9.



15. 10.