



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 279 390**

51 Int. Cl.:
C21C 5/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04740520 .4**

86 Fecha de presentación : **01.07.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1660688**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **31.05.2006**

54 Título: **Procedimiento de carga de metales de grano fino en un horno de arco eléctrico.**

30 Prioridad: **23.07.2003 DE 103 33 764**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.08.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.08.2007

73 Titular/es: **Outokumpu Technology Oyj**
Riihitontuntie 7
02200 Espoo, FI
SMS Demag AG.

72 Inventor/es: **Eichberger, Heinz y**
Schneider, Karl-Josef

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

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 de carga de metales de grano fino en un horno de arco eléctrico.

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento de carga de metal de grano fino, compuestos de metal o una mezcla de dos o más metales o compuestos de metal, en particular hierro de reducción directa de grano fino, en un horno de arco eléctrico, en el que el metal, el compuesto de metal o la mezcla se alimenta de manera esencialmente continua a través de al menos una tubería descendente hacia una o más aberturas previstas en el techo del horno, se introduce en el horno a través de dicha al menos una abertura como un flujo de material a granel, y cae sobre la fundición por la simple gravedad, así como a un horno de arco eléctrico que es adecuado en particular para realizar el procedimiento anteriormente mencionado.

Los hornos de arco eléctrico se usan para fundir metales, en particular durante la producción de acero para fundir sólidos que contienen hierro, por ejemplo chatarra de hierro o hierro de reducción directa. La energía necesaria para la fundición se introduce mediante corriente eléctrica a través de uno o más electrodos, y el calor se transfiere a la carga metálica a través de un arco eléctrico. Pueden evitarse medidas costosas para procesar la carga de alimentación. Por lo tanto, el horno de arco de eléctrico ha desarrollado un conjunto económico para producir aceros de alta calidad y aceros al carbón en particular para miniplantas de laminación de acero con 1 a 1,5 millones de toneladas al año.

La carga de fundición desigual (principalmente chatarra) se carga normalmente en el horno de arco eléctrico en tandas a través de cestas. En el caso de la adición continua, la carga de los metales que van a fundirse en el horno es un aspecto crítico. En el caso de carga de alimentación desigual, debe garantizarse que los metales que van a introducirse no entran en contacto con los electrodos y los dañan cuando se cargan en el horno, y en el caso de la carga de alimentación de grano fino debe garantizarse que no se arrastran al sistema de gases de escape por los gases que ascienden desde el baño de metal caliente durante el funcionamiento del horno.

Para proporcionar una introducción continua de hierro de reducción directa en el baño de hierro sin pérdidas, en el documento DE 196 08 530 A1 se propone introducir el hierro de reducción directa en el horno durante el funcionamiento del horno a través de una lanza que se extiende por el techo del horno empleando dióxido de carbono como gas portador e inyectarlo en la escoria por debajo de la superficie de la escoria. Sin embargo, proporcionar y mezclar el gas portador con el hierro de reducción directa requiere un esfuerzo de construcción considerable. Además, el gas portador inyectado en el horno en una gran cantidad junto con el hierro debe descargarse de nuevo del horno, lo que tiene un efecto negativo en el equilibrio de energía.

Por el documento EP 1 025 267 B1 se conoce un procedimiento de fundición de hierro de reducción directa de grano fino en un horno de arco eléctrico, en el que el hierro de reducción directa se introduce también en el horno a través de lanzas, pero sin gas portador, estando situadas las salidas de lanza por encima del baño de hierro en la capa de escoria espumosa. Por

tanto, este procedimiento también hace uso de lanzas complejas en cuanto a su construcción.

Una alternativa al procedimiento basado en la introducción a través de lanzas consiste en cargar el hierro de reducción directa a través de aberturas previstas en la tapa del horno. El documento genérico GB 1.104.690 describe un procedimiento para producir acero en un horno de arco eléctrico, en el que, durante el funcionamiento del horno se alimenta de manera continua hierro esponjoso a través de conductos hacia tres aberturas en el techo del horno y desde allí cae sobre la capa de escoria en caída libre. La alimentación del hierro esponjoso desde un depósito hacia las aberturas se realiza a través de un servicio de dosificación, en el que el material a granel se distribuye entre tres tubos de alimentación, antes de alcanzar las tres aberturas a través de tubos de extensión y suministros adyacentes. En comparación con el procedimiento basado en la introducción a través de lanzas, este procedimiento implica un menor esfuerzo constructivo, pero sólo es adecuado para cargar hierro esponjoso relativamente de grano grueso, ya que el material de grano fino, por ejemplo con un tamaño de grano de menos de 1 mm, se arrastra por los gases que ascienden desde el baño de hierro caliente durante la caída libre a través del horno y se deposita sobre la superficie inferior del techo del horno o se descarga del horno por los gases de escape, y por tanto provoca considerables pérdidas de rendimiento.

Descripción de la invención

Por lo tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar la carga de hierro de reducción directa (HRD) de grano fino o similar de un modo sencillo en cuanto a la construcción, que garantice una introducción de material de grano fino en gran medida sin pérdidas en el baño de metal del horno de arco eléctrico.

Según la invención, este objeto se resuelve mediante las características de la reivindicación 1.

La presente invención se basa en el sorprendente hallazgo para un experto en la técnica de que, en el caso de que el flujo de material a granel salga de la tubería descendente sin perturbación, incluso los metales de grano fino con un tamaño de grano medio inferior a 0,3 mm pueden cargarse en el baño de metal del horno de arco eléctrico casi sin pérdidas mediante caída libre. La alimentación o entrega sin perturbación del material a granel según la presente invención se refiere a una alimentación o entrega en la que se evita de manera fiable un alargamiento del flujo de material a granel mediante medidas adecuadas, y por tanto el flujo de material a granel siempre tiene una forma compacta a lo largo del trayecto de alimentación o entrega. Según la invención, la alimentación sin perturbación del flujo de material a granel se consigue mediante un orificio de dosificación preferiblemente redondo u ovalado sin esquinas ni transiciones de bordes afilados. Por lo tanto se garantiza que por la tubería descendente sale un flujo de material a granel compacto y se evita de manera fiable un alargamiento. Las pérdidas de polvo pueden minimizarse de este modo. Los experimentos han mostrado que un flujo de material a granel compacto de este tipo no sólo no se alarga, sino que incluso se estrecha, se reduce su diámetro y se mantiene compacto debido a la aceleración resultante de la caída libre.

En principio pueden usarse todos los orificios conocidos por los expertos, siempre que la abertura

del orificio no tenga esquinas ni transiciones de bordes afilados. Particularmente se prefieren, no obstante, orificios de dosificación compuestos por varios, preferiblemente dos, orificios individuales, cada uno con aberturas esencialmente circulares u ovaladas, estando los orificios individuales dispuestos para poder moverse entre sí. La perforación de paso del orificio de dosificación puede formarse por tanto sin esquinas ni transiciones de bordes afilados de un modo sencillo en cuanto a la construcción y puede ajustarse a cualquier valor entre cero y la apertura máxima de los orificios individuales.

Para evitar una curva de caída del flujo de material a granel que conduzca a un alargamiento del flujo de material a granel, el orificio de dosificación debería estar inclinado en no más de 25° con respecto al plano horizontal. De manera particularmente preferible, sin embargo, el orificio de dosificación se dispone horizontalmente, puesto que de este modo el flujo de material a granel puede pasar a través de las aberturas del orificio de dosificación sin desviarse, es decir, sin formar una curva de caída.

Según un desarrollo de la invención, se propone mantener el flujo de masa del material a granel dentro de la tubería descendente en todos los puntos mayor que el caudal del orificio. Lo que resultó ser particularmente útil es la selección del diámetro de la tubería descendente mayor que el diámetro máximo del orificio de dosificación en un factor de 1 a 1,5, preferiblemente en un factor de 1,2 a 1,5, y de manera particularmente preferida en un factor de 1,4 a 1,5.

Para la finalidad de evitar de manera fiable un alargamiento importante del flujo de material por las turbulencias de gas cuando el flujo de material a granel abandona el orificio de dosificación, el flujo de material a granel se hace pasar por un tubo de protección por detrás del orificio de dosificación. En términos de aparatos, eso se consigue con particular facilidad porque la región del techo del horno, en la que se dispone el orificio de dosificación, constituye un tubo esencialmente cilíndrico.

Según un desarrollo de la invención, el tubo de protección se enfría por ejemplo con agua.

Los contactos de la pared del tubo de protección con el flujo de material a granel llevarían a una desintegración del flujo. Según la invención, el diámetro del tubo de protección es por tanto al menos dos veces el tamaño del diámetro de máxima apertura del orificio de dosificación dispuesto entre la tubería descendente y el tubo de protección. El orificio de dosificación se dispone preferiblemente en el centro dentro del tubo de protección. De este modo, los contactos del flujo de material a granel con las paredes del tubo de protección pueden evitarse de manera particularmente fiable. Si el orificio de dosificación está inclinado con respecto a la horizontal, la proporción de los diámetros del tubo de protección y la apertura del orificio de dosificación debería ser más de 4:1 y, de manera particularmente preferida, más de 5:1.

El procedimiento según la invención puede usarse para cargar todos los metales, compuestos de metal o mezclas de los mismos, en particular para cargar hierro o minerales de reducción directa, tales como mineral de ilmenita o níquel. Preferiblemente, el tamaño de grano medio del material de grano fino es inferior a 1 mm, de manera particularmente preferida, inferior a 0,5 mm, y de manera más particularmente preferida, inferior a 0,4 mm y de manera extremada-

mente preferida, inferior a 0,3 mm. Debido a la alimentación no perturbada del material de grano fino en la tubería descendente y el flujo de material a granel que cae sobre el metal fundido de manera no perturbada, las pérdidas de polvo fino, por ejemplo por pequeñas partículas que se arrastran por los gases que ascienden constantemente desde la fundición durante el funcionamiento del horno, se evitan de manera fiable. El procedimiento según la invención garantiza por tanto una carga casi sin pérdidas de un horno de arco eléctrico con material de grano fino. La cantidad de material de grano fino en la carga total puede ser de hasta el 100%.

La invención se refiere además a un procedimiento de fundición de dicho hierro de reducción directa de grano fino en un horno de arco eléctrico, en el que el hierro de reducción directa se introduce en el horno de arco eléctrico mediante el procedimiento de carga según la invención.

La presente invención también se refiere a un horno de arco eléctrico que puede cargarse según el procedimiento descrito anteriormente y que presenta un techo de horno con al menos un orificio de carga, estando el orificio de carga conectado con una tubería descendente para alimentar el metal y un orificio de dosificación previsto en la salida de la tubería descendente.

Preferiblemente, el orificio de dosificación es un iris, o bien consiste en al menos dos correderas redondas u ovales que pueden moverse una respecto a la otra.

Por debajo del orificio de dosificación está previsto un tubo de protección según la invención, cuyo diámetro debería ser al menos dos veces el tamaño de la tubería descendente. Resulta particularmente útil una proporción de diámetros de (2 a 10):1, preferiblemente (2 a 5):1, y de manera particularmente preferida (2,5 a 3,5):1. La longitud del tubo de protección es preferiblemente de 1 a 3 veces el diámetro máximo del flujo del material a granel.

Al cargar el horno con mezclas sólidas con grandes diferencias en el tamaño del grano, el recipiente de recepción a granel constituye un silo de flujo de masa según la invención, para evitar una separación del material a granel y por tanto perturbaciones del flujo de material a granel.

La invención se describirá a continuación con referencia a las realizaciones preferidas y el dibujo.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una sección vertical esquemática de un horno de arco eléctrico según una realización de la presente invención;

la figura 2 muestra una vista en planta esquemática del horno de arco eléctrico según la figura 1;

la figura 3 muestra un corte de la región de apertura del techo del horno de arco eléctrico según la figura 1; y

la figura 4 muestra una vista en planta parcial de un orificio de dosificación del horno de arco eléctrico según la figura 1.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

El horno 1 de arco eléctrico que funciona con corriente alterna, mostrado en la figura 1, incluye una cámara de fusión 2 revestida de ladrillos, paredes 3 laterales preferiblemente refrigeradas con agua así como un techo 4 de horno refrigerado con agua. Tres electrodos 6 de grafito, de los cuales sólo se muestran

dos en la figura 1, se extienden a través de aberturas 5 dimensionadas de manera correspondiente en el interior del horno 1. El horno 1 de arco eléctrico puede, no obstante, estar equipado también con más o menos de tres electrodos 6 y puede funcionar con corriente continua.

Cerca del eje longitudinal del horno 1 de arco eléctrico, se dispone un tubo 7 de protección vertical refrigerado con agua en el techo 4 de horno, en el extremo superior de dicho tubo se monta un orificio 8 de dosificación dispuesto horizontalmente. Tal como puede verse particularmente en la figura 3, el orificio 8 de dosificación consiste en dos correderas 9 que pueden moverse una con respecto a otra y que tienen cada una aberturas 10 redondas u ovales del mismo tamaño, de modo que al moverse los dos orificios uno con respecto al otro, la apertura del orificio 8 de dosificación puede ajustarse a cualquier valor entre cero y la apertura máxima de los orificios individuales.

A través del orificio 8 de dosificación, un flujo 11 de material a granel entra en el horno. En la vista en planta del orificio de dosificación tal como se muestra en la figura 4, las correderas 9 tienen cada una aberturas ovaladas.

El diámetro del tubo de protección es al menos dos veces el tamaño del diámetro de apertura máxima del orificio 8 de dosificación. Como resultado, se evitan contactos entre el flujo 11 de material a granel y la pared del tubo de protección, lo que conduciría necesariamente a una desintegración importante del flujo 11 de material a granel. Si el orificio 8 de dosificación no se dispone horizontalmente, tal como se muestra en las figuras 1 y 3, sino inclinado con respecto a la horizontal, la curva de caída del flujo 11 de material a granel debería tenerse en cuenta también a la hora de escoger la proporción del diámetro del tubo de protección con respecto al diámetro de apertura del orificio 8 de dosificación, de modo que dicha proporción se escoja mayor de 2.

Tal como puede observarse en particular en la figura 2, los tres electrodos 6 de grafito se disponen esencialmente simétricos alrededor del orificio 8 de dosificación. Si el horno sólo está equipado con dos electrodos, el flujo de material a granel debería disponerse igualmente entre los electrodos. Pero si el horno sólo tiene un electrodo, el flujo de material a granel puede suministrarse en cualquier punto del horno cerca del electrodo.

El orificio 8 de dosificación está conectado con una tubería 12 descendente cilíndrica para suministrar metal; por ejemplo hierro de reducción directa (HRD), para cargarse en el horno 1 de arco eléctrico. Para obtener un flujo 11 de material a granel no perturbado, la tubería descendente debería estar siempre completamente llena. Esto puede conseguirse porque el flujo de masa del material a granel posible a través de la tubería 12 descendente es mayor que el caudal del orificio en todos los puntos antes del orificio 8 de dosificación, es decir, el diámetro interno de la tubería 12 descendente debería ser al menos tan grande como el diámetro de apertura máxima del orificio 8 de dosificación. Posiblemente, este último puede estrecharse ligeramente durante el funcionamiento.

La tubería 12 descendente no tiene accesorios que provoquen una desintegración del flujo de material a granel y que se dispongan en posiciones intermedias, tales como válvulas de mariposa, válvulas de bola o similares, para garantizar un flujo 11 de material a

granel no perturbado durante el funcionamiento del horno 1 de arco eléctrico.

Cuando se utiliza un horno 1 de arco eléctrico de este tipo para la producción de acero, el acero líquido de la carga de funcionamiento anterior se retiene en el horno como resto líquido para facilitar la carga y la fundición del hierro de reducción directa. Al inyectar coque filtrado o coque de petróleo en la fundición, se produce una escoria espumosa durante el funcionamiento adicional del horno con carga continua de hierro de reducción directa. El hierro de reducción directa caliente se alimenta de manera continua al horno 1 de arco eléctrico a través de la tubería 12 descendente y el orificio 8 de dosificación y cae simplemente por gravedad sobre el baño en un flujo 11 de material a granel compacto no perturbado entre los electrodos 6 y penetra en la fundición 13 de acero. Debido al flujo 11 de material a granel no perturbado, hierro de reducción directa de grano particularmente fino, por ejemplo uno con un tamaño de grano medio inferior a 1 mm o incluso inferior a 0,3 mm, puede usarse en el procedimiento de la invención. Preferiblemente, la proporción de material a granel respecto a la proporción de alimentación de energía se controla de tal manera que el hierro de reducción directa se funde de manera continua y la temperatura del baño de acero permanece constante o aumenta ligeramente hasta la temperatura de colada.

Al final del calentamiento, la fundición 13 de acero se retira del horno a través del orificio 14 de colada y, para facilitar la carga y fundición de HRD en el siguiente calentamiento, parte de la fundición 13 permanece en el horno 1 eléctrico como resto líquido. Después de un tiempo de inactividad extenso, antes de que el horno deba vaciarse completamente, el resto líquido se produce fundiendo escoria de acero o hierro.

Ejemplo

Para producir acero a partir de hierro de reducción directa (HRD) altamente metalizado y de grano fino, se utilizó un horno 1 de arco eléctrico inclinable que funcionaba con corriente alterna trifásica tal como se muestra en la figura 1, con una capacidad de 150 t de acero líquido y se alimentó con energía a través de un transformador de 100 MVA.

Una vez colada el calentamiento anterior, se mantuvieron 30 t de resto líquido en el horno. Antes de empezar a cargar el HRD para el siguiente calentamiento, los electrodos se posicionaron, se encendió la alimentación de energía y entonces se cargó HRD caliente a través de la tubería 12 descendente central dispuesta en el centro del horno en un flujo no perturbado de material a granel en caída libre entre los tres electrodos.

El HRD cargado tenía un tamaño de grano medio de 0,3 mm y procedía de una planta de reducción directa de mineral fino, siendo la temperatura del material aproximadamente 650°C. Además de hierro metálico, el HRD también contenía un 8,5% en peso de FeO, un 1,1% en peso de SiO₂, un 1,1% en peso de Al₂O₃, un 0,9% en peso de MnO y un 1% en peso de C.

A través del orificio 8 de dosificación, la tasa de alimentación del hierro de reducción directa se ajustó a 3 t/min. La tubería 12 descendente tenía un diámetro interior de 200 mm. El orificio de dosificación, cuyo diámetro de apertura máxima correspondía al diámetro de la tubería descendente, estaba ligeramen-

te estrechado, de modo que se obtenía una abertura ovalada con un diámetro máximo de aproximadamente 180 mm. Por debajo del orificio 8 de dosificación estaba previsto un tubo 7 de protección refrigerado con agua con un diámetro interior de aproximadamente 400 mm, que acababa en el techo 4 del horno.

Durante el experimento, la proporción de material a granel respecto a la tasa de alimentación de energía se controló de tal manera que el hierro de reducción directa se fundió de manera continua y la temperatura del baño de acero se mantuvo constante o aumentó ligeramente a la temperatura de colada. Al inyectar oxígeno y carbón durante todo el periodo de prueba, se favoreció la formación de la capa de escoria espumosa sobre el baño de hierro. Además, se alimentó cal al horno eléctrico para ajustar la basicidad deseada en el horno.

Al alcanzar la temperatura de colada deseada de aproximadamente 1630°C, se vaciaron 120 t de fundición de acero con un contenido de carbono de un 0,1%. Tras la colada, se dejaron 30 t de acero en el horno como resto líquido para el siguiente calentamiento.

Lista de números de referencia

	1	horno de arco eléctrico
	2	cámara de fusión revestida de ladrillos
5	3	pared lateral
	4	techo del horno
	5	abertura
10	6	electrodo
	7	tubo de protección
	8	orificio de dosificación
15	9	corredera
	10	abertura
	11	flujo de material a granel
	12	tubería descendente
20	13	metal fundido
	14	orificio de colada
	15	escoria espumosa.
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de carga de metal de grano fino, compuestos de metal o una mezcla de dos o más metales o compuestos de metal, en particular hierro de reducción directa de grano fino, en un horno (1) de arco eléctrico, en el que el metal, el compuesto de metal o la mezcla se alimenta de manera esencialmente continua a través de al menos una tubería (12) descendente hacia una o más aberturas (10) previstas en el techo (4) del horno, se introduce en el horno (1) a través de dicha al menos una abertura (10) como un flujo (11) de material a granel, y cae sobre la fundición (13) por la simple gravedad, **caracterizado** porque antes de entrar en el horno (1), después de la tubería (12) descendente, el flujo (11) de material a granel se hace pasar a través de un orificio (8) de dosificación y entra en el horno (1) esencialmente sin perturbación.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque después de la tubería (12) descendente, el flujo (11) de material a granel se hace pasar a través de un orificio (8) de dosificación redondo u ovalado.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque después de la tubería (12) descendente, el flujo (11) de material a granel se hace pasar a través de un iris.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el orificio (8) de dosificación está inclinado no más de 25° con respecto a la horizontal.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el orificio (8) de dosificación se dispone horizontalmente.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el flujo de masa del flujo (11) de material a granel en la tubería (12) descendente se mantiene mayor que el caudal a través del orificio (8) de dosificación.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque después del orificio (8) de dosificación el flujo (11) de material a granel se hace pasar a través de un tubo (7) de protección.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque el tubo (7) de protección está refrigerado.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el metal, compuesto de metal o mezcla de dos o más metales o compuestos de metal introducidos en el horno (1) tienen un tamaño de grano medio inferior a 1 mm, preferiblemente inferior a 0,5 mm, de manera particularmente preferida inferior a 0,4 mm y de manera más particularmente preferida inferior a 0,3 mm.

10. Horno (1) de arco eléctrico, en particular para

cargar hierro o minerales de reducción directa de grano fino mediante un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, con un techo (4) de horno que tiene al menos una abertura (10), estando la al menos una abertura (10) del techo (4) del horno conectada con una tubería (12) descendente que conduce hacia la tapa (4) del horno desde el exterior para suministrar el material que debe cargarse, **caracterizado** porque en la abertura de la tubería (12) descendente en el horno (1) está previsto un orificio (8) de dosificación preferiblemente redondo u ovalado.

11. Horno (1) de arco eléctrico según la reivindicación 10, **caracterizado** porque el orificio (8) de dosificación es un iris.

12. Horno (1) de arco eléctrico según la reivindicación 10, **caracterizado** porque el orificio (8) de dosificación tiene al menos dos correderas (9) que pueden moverse una con respecto a la otra.

13. Horno (1) de arco eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado** porque el orificio (8) de dosificación está inclinado con respecto a la horizontal no más de 25°.

14. Horno (1) de arco eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado** porque el orificio (8) de dosificación está dispuesto horizontalmente.

15. Horno (1) de arco eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado** porque el recipiente de recepción a granel constituye un silo de flujo de masa.

16. Horno (1) de arco eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, **caracterizado** porque la tubería (12) descendente está dispuesta verticalmente.

17. Horno (1) de arco eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, **caracterizado** porque por debajo del orificio (8) de dosificación está previsto un tubo (7) de protección preferiblemente vertical.

18. Horno (1) de arco eléctrico según la reivindicación 17, **caracterizado** porque la longitud del tubo (7) de protección es aproximadamente de 1 a 3 veces el diámetro máximo del flujo de material a granel.

19. Horno (1) de arco eléctrico según la reivindicación 17 ó 18, **caracterizado** porque el tubo (7) de protección está refrigerado.

20. Horno (1) de arco eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 17a 19, **caracterizado** porque el diámetro del tubo (7) de protección es al menos dos veces el tamaño del diámetro de apertura del orificio (8) de dosificación.

21. Horno (1) de arco eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 20, **caracterizado** porque el diámetro de apertura máxima del orificio (8) de dosificación es inferior o igual al diámetro de la tubería (12) descendente.

Fig.1

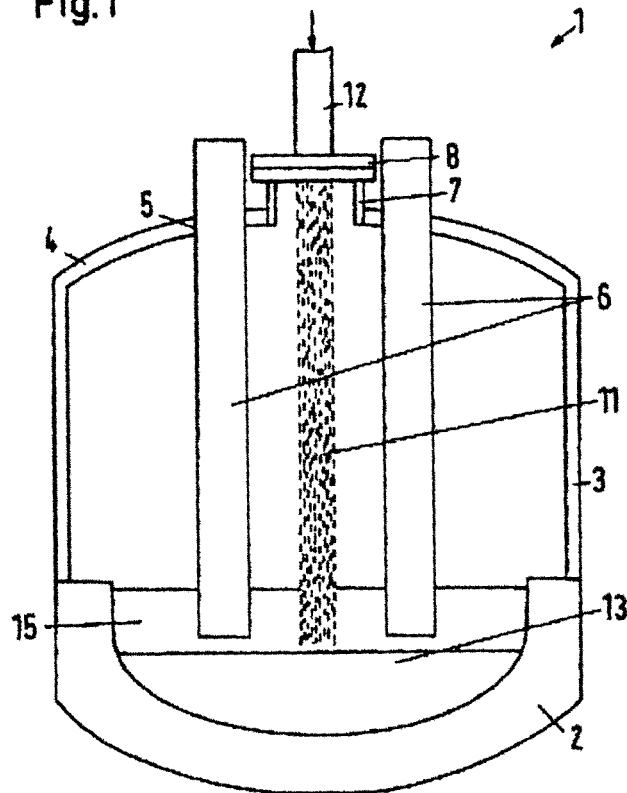


Fig.2

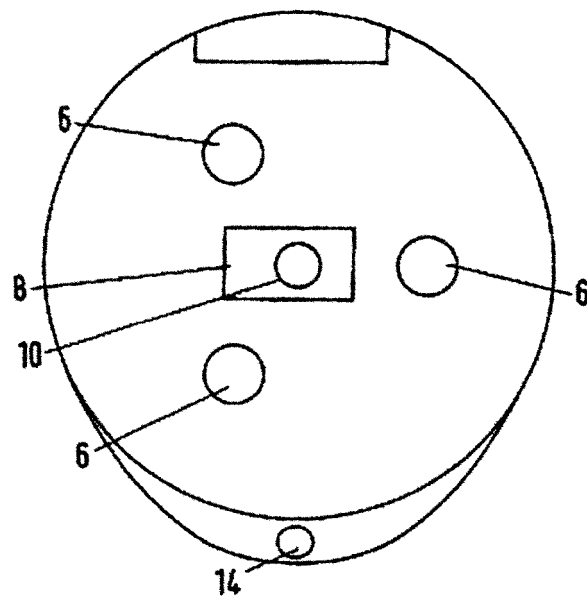


Fig.3

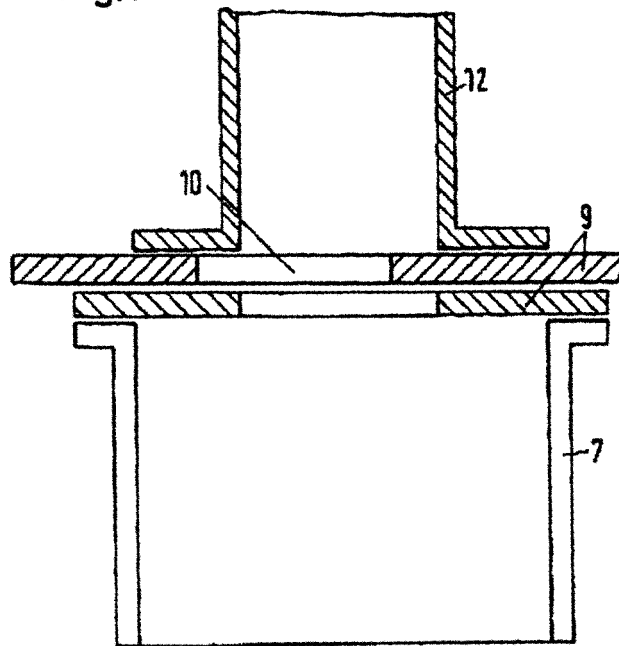


Fig.4

