



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 285 456**

51 Int. Cl.:

C21C 5/00 (2006.01)

C21C 5/35 (2006.01)

C21C 5/28 (2006.01)

C21C 7/068 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04730851 .5**

86 Fecha de presentación : **03.05.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1641946**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **05.04.2006**

54

Título: **Procedimiento para la fabricación de una fundición metálica aleada.**

30

Prioridad: **25.06.2003 AT A 976/2003**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.11.2007

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.11.2007

73

Titular/es:
Siemens VAI Metals Technologies GmbH & Co.
Turmstrasse 44
4031 Linz, AT

72

Inventor/es: **Fritz, Ernst**

74

Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 285 456 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).

ES 2 285 456 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la fabricación de una fundición metálica aleada.

5 La invención se refiere a un procedimiento en varias etapas sucesivas y coordinadas, para la fabricación de una fundición metálica aleada a base de hierro, que contiene preferentemente Cr o Ni y Cr.

10 La invención se refiere particularmente a un procedimiento de varias etapas, especialmente económico y compatible con el medio ambiente debido a la posibilidad de reciclar polvos y escoria, para la fabricación de fundiciones metálicas aleadas con Cr o Cr y Ni, especialmente fundiciones de acero, para la producción de aceros férricos o austeníticos de diferentes tipos u otras fundiciones metálicas, como ferroaleaciones (FeCr, FeMn, FeNi).

15 En la fabricación de fundiciones metálicas con contenido de Cr o Cr y Ni, pueden emplearse como recurso de materia prima para Cr y Ni tanto sus minerales como sustancias de aleación comercialmente disponibles, por ejemplo, ferrocromo, ferróníquel, óxido de Ni, hidróxido de níquel, polvos y escorias, así como otras sustancias de desecho. La producción convencional de acero inoxidable comprende la fundición de chatarra no aleada y aleada y especialmente de costosas ferroaleaciones en un horno eléctrico de arco y el refinamiento así como la aleación completa y la reducción en un convertidor (US-A 5,514,331). Los costes de fabricación de desbastes de acero austenítico inoxidables producidos más comúnmente, de calidad SUS 304, consisten en más del 75% de costes de las sustancias de aleación Cr y Ni y radican actualmente en unos 630,- EUR / t de desbaste. El valor de Cr y de Ni está sujeto en las bolsas de materias primas a muchos altibajos de precios y por ello tiene gran influencia en los costes de producción en la fabricación del acero inoxidable fundamentalmente.

25 Es lógico por tanto, realizar proyectos que sirvan para reducir cuanto sea posible el uso de ferroaleaciones y de níquel metálico de muy alto costo. Esto es posible, cuando la fabricación independiente de ferroaleaciones líquidas, solidificadas, fragmentadas a partir de minerales metálicos de Cr y Ni o hidróxido de Ni se evita en gran medida y estos portadores de Cr y Ni se reducen directamente en la producción del acero y, por tanto, se utilizan para la aleación de fundiciones con ahorro de costes.

30 Complementariamente a la sustitución de ferroaleaciones con sus óxidos e hidróxidos, es objeto en la fabricación de acero líquido aleado con Cr o Cr y Ni, restituir sustancias de desecho como polvos y/o escorias con contenido de Cr o Cr y Ni, así como otras sustancias residuales al proceso de producción de acero, regenerándolas, por consiguiente, sin perjudicar el medio ambiente y con bajos costes de operación.

35 La utilización directa de mineral de Cr y Ni y el proceso necesario para ello de reducción del mineral alarga mucho el proceso de producción y requiere un mayor consumo de energía, pero disminuye los costes totales de la producción de una fundición metálica aleada en forma global.

40 Es conocida la fabricación de una fundición metálica con contenido de cromo o de cromo y níquel, en procedimientos de varias etapas, en recipientes metalúrgicos en sucesión en el transcurso de la producción. Estos recipientes metalúrgicos pueden estar formados por grupos de equipos de fundición, como por ejemplo, hornos eléctricos con dispositivos complementario para el tratamiento de fundición, o por recipientes convertidores con mecanismos de soplado superior y mecanismos de soplado inferior o incluso por agrupaciones mixtas de diferentes recipientes metalúrgicos.

45 Por el documento EP-A 384 397 se conoce ya un procedimiento de varias etapas para la fabricación de una fundición metálica con contenido de Cr y Ni, especialmente una fundición de acero para aceros inoxidables, en el que, en una primera etapa se funde el mineral de Ni en una fundición a base de acero y reduce, y en una segunda etapa, el mineral de Cr se carga en la fundición metálica con Ni producida en la primera etapa, se funde y se reduce. El proceso de fundición y reducción se realiza en un horno de fundición y reducción, conformado según el tipo de un convertidor de soplado y provisto de toberas de soplado superior de oxígeno para inyectar oxígeno para la descarburación y post-combustión, y con limpiadores de sedimentos en la parte inferior para la entrada de fluido de barrido (gas inerte) en cada una de las etapas del procedimiento. Este procedimiento comprende también un proceso de desfosforación y un proceso de desulfuración y, por último, un proceso de descarburación. Este procedimiento que utiliza mineral barato como materia prima básica, puede solucionar el inconveniente que resulta de la baja proporción de Ni en el mineral de níquel y la gran producción de escoria y demanda de energía que forzosamente esto trae aparejadas, únicamente a través de un proceso preliminar de reducción de la fundición del mineral de níquel. El alto porcentaje de mineral y la alta demanda de carbón exigen una etapa adicional de desfosforación. Además, se presenta el problema agravante de una mayor oxidación de cromo y, por consiguiente, la escorificación de cromo durante el proceso de descarburación de la fundición metálica con Cr y Ni, ya que el movimiento del baño mediante soplado en la parte inferior del horno, de cantidades normales de gas inerte en la fundición sin oxígeno es muy leve, para lograr bajos contenidos de C con baja escorificación de cromo. En caso de cantidades de gas inerte extremadamente altas para la producción del movimiento necesario del baño, se descargan muchas salpicaduras de metal y escoria fuera del convertidor, ya que el gas inerte no se disuelve al igual que el oxígeno en la fundición sino que solamente se expande a la temperatura de fundición y, concentrado en un espacio reducido, se fuga a través de los elementos de conducción desde la fundición y la escoria hacia la cámara de expansión del convertidor y la chimenea del convertidor, arrastrando consigo partículas de metal y de escoria.

ES 2 285 456 T3

Las grandes cantidades de escoria que se originan en la fundición y reducción de mineral de Ni con solo 1,5 a 2,5% de Ni, exigen a menudo un desescoriado adicional de la fundición con la consiguiente pérdida de material y, principalmente, la suspensión del soplado, lo que provoca una considerable disminución de la producción.

5 Por el documento AT-B 403 293 se conoce un procedimiento en dos etapas para la fabricación de una fundición metálica aleada, preferentemente para la fabricación de aceros inoxidables, en dos hornos eléctricos de arco. En una primera etapa de este procedimiento, se funden en un primer horno eléctrico de arco, portadores de hierro especialmente chatarra, mediante suministro de energía eléctrica, y se realiza una desfosforación, y en una segunda etapa de fabricación, luego de transvasar la fundición semiacabada del primero a un segundo horno eléctrico de arco, tiene lugar
10 en éste el ajuste de la aleación. Sin embargo existen razones económicas que van en contra de este procedimiento, ya que la chatarra aleada correspondiente de la aleación lograda no se encuentra disponible en la cantidad y continuidad suficientes, las cantidades de óxido de níquel y de mineral de cromo a reducir, así como la productividad, son bajas y la energía eléctrica es muy cara en la mayoría de los casos. Además, en este caso también el movimiento del baño y, por consiguiente, la mezcla de fundición y escoria conteniendo C no son suficientemente intensos como para permitir
15 una baja oxidación de Cr para cantidades pequeñas de C en la fundición.

Estos procedimientos conocidos para la fabricación de una fundición metálica aleada toman en consideración por cierto las condiciones metalúrgicas para la gestión del proceso, pero no dan importancia a las limitaciones que surgen a partir del desarrollo continuo de la producción desde la generación del acero hasta el producto semiacabado de colada continua, así como por motivos medioambientales a través del ataque de polvo y escoria con óxido de cromo, así como otras sustancias de desecho. No se toma en cuenta una coordinación temporal entre la frecuencia de ciclos en la fabricación de una carga de una fundición metálica aleada lista para colada y la frecuencia de ciclos en la colada secuencial en una unidad de colada continua y, por tanto, un procedimiento de fabricación de la fundición de acero acompasado a la necesidad de suministro temporal y cuantitativa de la unidad de colada continua.

25 La necesidad mundial de acero inoxidable aumenta enormemente y por motivos económicos y debido a la demanda, las unidades de producción se vuelven progresivamente más grandes, de modo que una gran productividad con tiempos de ciclo muy bien coordinados resulta de suma importancia con respecto a la rentabilidad y a la solución de la problemática del medio ambiente.

30 Por el documento EP-B 877 823 se conoce un procedimiento doble para producir aceros inoxidables, con el que se considera un tiempo de carga predeterminado de 40 a 60 min en una unidad de colada continua, dado que luego de 80 a 120 min en cada caso a partir de un recipiente respectivo de producción, se prepara una carga de fundición de acero lista para colada. La fabricación de la fundición de acero se realiza en esta ocasión en dos recipientes metalúrgicos, instalados uno junto al otro, si es el caso, se producen calidades idénticas de acero y sus electrodos para el suministro de energía eléctrica y las lanzas de soplado para el suministro de oxígeno en las estaciones giratorias se coordinan de tal modo, que ambos recipientes metalúrgicos pueden ser operados por turno. Para la refundición de la chatarra y de otros portadores de hierro se utiliza el recipiente metalúrgico como horno de arco. Tras alcanzar la temperatura de fusión de 1 500 a 1 600°C se rotan los electrodos y se reorientan las lanzas de soplado y a continuación el recipiente metalúrgico se opera como convertidor de soplado. El cambio de modo de operación se realiza sincronizadamente con la secuencia de colada en la unidad de colada continua. No se aconseja en este caso, sin embargo, una solución económica de acuerdo con la técnica del procedimiento para la incorporación y la reducción de óxido de cromo y/u óxido de níquel o hidróxido de níquel en el movimiento correspondiente del baño y menor escorificación de Cr. Además, la mezcla de fundición y escoria no resulta óptima en este caso.

45 Es por tanto objeto de la presente invención, evitar los inconvenientes del estado de la técnica y proponer un procedimiento para la fabricación de una fundición metálica aleada, en el que, por un lado se minimicen los costes de producción de una fundición metálica de alta calidad y, por otro lado, se coordine el tiempo de producción para una carga al tiempo del ciclo de una unidad subordinada de colada continua. Un segundo objeto de la invención radica en que los desechos, como polvos y escorias con contenido de Cr o de Cr y Ni, se reciclan durante el proceso de producción en sustancias compatibles con el medio ambiente, y se recuperan el cromo o el cromo y níquel de valor, a partir de estos desechos, sin reducir la productividad del procedimiento.

55 Otra ventaja de la invención consiste en que hace posible una alta productividad a partir de motivos de coste con pequeños pesos de carga en lo posible (fundición metálica en t / etapa del procedimiento).

Este objeto se resuelve en un procedimiento consistente en varias etapas sucesivas y coordinadas entre sí, de modo que:

60 - en una primera etapa del procedimiento, se incorporan portadores de agentes de aleación a una fundición base y se agrega un agente de reducción, escoria recirculada y/o formadores de escoria y un portador de energía, los portadores de agentes de aleación se funden y se reducen en gran medida, por la acción de soplado superior y soplado en la parte inferior del horno, mediante al menos un agente oxidante, obteniéndose una primera fundición prealeada;

65 - en una segunda etapa del procedimiento, se incorporan a la primera fundición prealeada, portadores de agentes de aleación, preferentemente un portador de Cr, y si es necesario, una fundición base, y agregando también un agente de reducción, un formador de escoria y un portador de energía fósil, mediante acción de soplado superior y soplado en

ES 2 285 456 T3

la parte inferior del horno con un agente oxidante, el portador de aleación, preferentemente el portador de Cr, se funde y se reducen en gran medida produciéndose una segunda fundición prealeada, y

- en una tercera etapa del procedimiento, se agregan a la segunda fundición prealeada, agentes de aleación, especialmente ferroaleaciones, y si es el caso, una fundición base, se agregan formadores de escoria, y por acción de soplado superior y soplado en la parte inferior del horno con un agente oxidante, se realiza un procedimiento de descarburación y se ajusta una fundición aleada a un análisis químico y temperatura predeterminados

La aplicación de portadores de agentes de aleación, agentes reductores, formadores de escoria, portadores de energía, agentes oxidantes, portadores de Cr, portadores de metal, debe entenderse siempre de tal modo, que estos portadores o agentes empleados estén formados al menos por una de las sustancias previstas aquí de acuerdo a su definición. Son miscibles en relaciones arbitrarias y pueden complementarse o agregarse a los portadores o agentes apropiados a la respectiva finalidad de utilización, no enumerados explícitamente en este registro.

El análisis químico y la temperatura reguladas de la fundición aleada puede coordinarse óptimamente a un tratamiento ulterior de la fundición en un equipo VOD (sistema de descarburización al vacío) o también presentar aquellos análisis químico y temperatura que corresponden al de un acero líquido listo apto para ser colado en una unidad de colado continuo. Naturalmente, una fundición de este tipo también puede ajustarse al análisis químico y temperatura deseados, antes del colado en una unidad de colado continuo en una situación de tratamiento de cuchara.

Cada una de las tres etapas del procedimiento propuesto de acuerdo con la invención, tiene lugar en un recipiente de reacción separado, transvasándose la primera y segunda fundiciones después de estar terminadas al siguiente recipiente de reacción. La carga, en lo referente a cantidad, de materias primas (por ejemplo, fundición base, portadores de agentes de aleación, como portadores de Cr y Ni) para la obtención de la fundición prealeada y aleada en cada una de las etapas del procedimiento, se realiza coordinadamente a un tiempo de producción de igual extensión en cada una de las etapas del procedimiento y coordinadamente con el tiempo de colada en la colada secuencial. La carga, en lo referente a cantidad, de agentes de reducción, formadores de escoria y portadores de energía, se realiza coordinadamente a las condiciones de producción metalúrgicas de la fundición prealeada y aleada.

En la primera etapa del procedimiento, se incorpora como fundición base una fundición metálica desulfurada y ampliamente desfosforada a base de hierro, en el recipiente de reacción y se forma un baño metálico, lo que resulta en condiciones iniciales favorables para una máxima transferencia de energía a la fundición y sustancias empleadas, con ayuda de las toberas en la parte inferior del horno que soplan gas conteniendo oxígeno y de la lanza de soplado superior, agregando energía fósil (principalmente coque o coque y carbón o solamente carbón).

Como agente portador de aleación se consideran para la primera etapa del procedimiento, mineral de cromo, polvo conteniendo Cr, escoria (preferentemente a partir de la tercera etapa del procedimiento), chatarra aleada y calamina, así como agentes de aleación que contienen óxido y/o hidróxido, mineral de níquel, óxido de níquel, sinterizado de níquel, hidróxido de níquel, desechos con Cr y Ni y otros desechos, con lo que la rentabilidad de la primera etapa preferente del procedimiento se incrementa, además cenizas volantes de centrales de carbón, cenizas de instalaciones de incineración de residuos, sustancias residuales de trituradoras, sedimento de decapante secado, etc.

En la primera y segunda etapas se carga Cr en forma de portador de Cr que contiene óxido, especialmente mineral de cromo barato con, por ejemplo, 45% en peso Cr_2O_3 . En forma adicional o alternativa pueden utilizarse sustancias recirculadas que contengan Cr, como polvos o escorias en forma sólida, líquida o caliente, así como otras sustancias residuales y de desecho con una proporción de cromo.

El agregado de Ni en la fabricación de aceros aleados con Cr y Ni se realiza principalmente recién en la tercera etapa del procedimiento, ya que de ese modo las pérdidas por el polvo y pérdidas de metal en el soplado y transvasado de la fundición pueden mantenerse a bajo nivel.

Especialmente en la primera y segunda etapas del procedimiento, se incorporan portadores de carbono como agentes de reducción y portadores de energía, que pueden formarse a partir de uno o varios de los siguientes materiales: antracita, hulla, carbones comunes, coque, coque de lignito, coque de petróleo, grafito, en cada caso, fragmentados, pulverizados o prensados, hidrocarburos líquidos o gaseosos, como petróleo crudo, fuelóleo, alquitrán bruto, residuos de refinería, fuelóleo pesado, gas natural, propano, butano, etc.; desechos con C, por ejemplo, de la obtención de FeNi, biomasa y plásticos, por ejemplo, en forma de comprimidos de una fracción ligera orgánica.

Como portadores de energía se consideran en la primera etapa del procedimiento tanto portadores de energía fósiles como también energía eléctrica. Por tanto, un recipiente de reacción previsto para la ejecución de la primera etapa del procedimiento, puede estar conformado tanto por un convertidor como también por un horno de arco con mecanismo de soplado. En la segunda etapa del procedimiento, se recurre preferente y exclusivamente a portadores de energía fósiles para el suministro necesario de energía y la tercera etapa del procedimiento es preferentemente autotérmica, o con bajo aporte de energía. Los portadores de energía fósiles pueden agregarse a los polvos para obtener una mejor fluidificación.

Como agente oxidante se utiliza O_2 o aire caliente y en caso necesario, ambos.

ES 2 285 456 T3

Como formadores de escoria se agregan principalmente cal, dolomita, espato flúor, arena de cuarzo, arena de fundición, marga, vidrio usado, cenizas, desechos, desperdicios de la industria, bauxita, etc., calcinados. Los formadores de escoria de grano fino pueden agregarse también, entre otros, a los polvos o combustibles fósiles para lograr una mejor fluidificación. El respectivo gas portador debe cumplir en este caso las exigencias metalúrgicas y de seguridad técnica.

Tales formadores de escoria sirven para la formación de escoria pero también pueden utilizarse para modificar la misma, por lo que pueden ser utilizados para otros fines (por ejemplo, en la industria del cemento, en la construcción de caminos, etc.) en forma óptima.

Según la disponibilidad, se añade chatarra en una o varias etapas del procedimiento, especialmente con Cr o chatarra de acero aleada con Cr y Ni, y en caso necesario, portadores de metal comunes, en cantidades predeterminadas. Existe una correlación entre la cantidad de chatarra cargada y la cantidad cargada de mineral de cromo y agente de reducción, efectuándose aquí constantemente una equiparación cuantitativa entre las cantidades cargadas en cada una de las etapas del procedimiento, para asegurar aproximadamente los mismos tiempos de producción en cada una de las etapas del procedimiento.

Los portadores de metales comunes pueden constar, por ejemplo, de partículas de acero, arrabio sólido, pero también ferroaleaciones y Ni puro.

Para realizar un suministro de energía lo más eficiente posible en el proceso de producción, es conveniente que al menos en la primera y segunda etapas del procedimiento tenga lugar una postcombustión de $\text{CO} + \text{H}_2$ mediante soplado superior con oxígeno o un gas con O_2 (por ejemplo, con aire caliente enriquecido con oxígeno) y en la tercera etapa del procedimiento se realice una postcombustión de $\text{CO} + \text{H}_2$, preferentemente únicamente con oxígeno. En la primera y segunda etapas se funden grandes cantidades de polvo, escoria y mineral de Cr, así como chatarra por incorporación de portadores de carbono y oxígeno, y el mineral de Cr se somete a un proceso de reducción. En este caso, se producen en gran volumen gases residuales con $\text{CO} + \text{H}_2$ quemados en forma incompleta. Éstos se someten en esta etapa del procedimiento a una postcombustión, preferentemente mediante inyección de un chorro de aire caliente sobre la capa de escoria. La transferencia de energía a la escoria y a la fundición metálica se intensifica notoriamente mediante un intensivo movimiento del baño, obteniéndose este movimiento del baño mediante soplado simultáneo en la zona inferior del horno, preferentemente soplado inferior, el que se realiza preferentemente utilizando toberas permanentes protegidas con hidrocarburos gaseosos (toberas KMS-S: Kunststoff-Metall-Schubert-Strahlleitstufe-Düsen: toberas plástico - metálicas Schubert con nivel de conducción a chorro). Utilizando toberas de aire caliente para el soplado superior y toberas especiales para la parte inferior del baño/fondo del horno, se logra un porcentaje de postcombustión de aprox. 60% y una transferencia de calor a la fundición y a la escoria de aprox. 90%. Mediante el uso de, por ejemplo, oxígeno para la postcombustión, existe la posibilidad de obtener un gas residual utilizable como gas combustible, el que tras su depuración decantando los polvos, se suministra a un depósito de gas. Un gas residual significativamente reutilizable como gas combustible y, por tanto, un correspondiente alto abono de gas residual se obtiene sin embargo solamente cuando el porcentaje de postcombustión según la fórmula permanece claramente por debajo del 60%

$$\frac{(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) \cdot 100}{\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}}$$

Para realizar la postcombustión de $\text{CO} + \text{H}_2$, en tanto el gas residual deba seguir utilizándose, se emplean lanzas de postcombustión de oxígeno o, al menos, una lanza, que sople(n) continuamente o en forma pulsativa chorros de oxígeno por encima del baño de escoria, dirigida(s) vertical o diagonalmente al baño de escoria, en los gases ascendentes, los aspire y los transforme mediante postcombustión parcial en CO_2 y H_2O . El porcentaje de postcombustión está entonces entre 10% y aprox. 35%. Al soplar continuada o pulsadamente aire caliente, el porcentaje de postcombustión se encuentra convenientemente entre 30% y 70%.

Es especialmente importante para la rentabilidad del procedimiento sin embargo, no solo el porcentaje de postcombustión sino también la transferencia de calor a la fundición. Debido al soplado en la parte inferior del horno con O_2 , que hace posible un intenso movimiento del baño con CO como "motor", se transfiere hasta el 90% de la energía liberada a través de la postcombustión, a la fundición y a la escoria. Esto es válido tanto para la postcombustión mediante soplado superior con O_2 como para el soplado de aire caliente con alto porcentaje de postcombustión.

Ha probado ser también conveniente en este procedimiento de producción de acero de acuerdo con la invención, el uso de una lanza multifuncional como lanza de soplado, como la que se describe en el documento WO 00/12767. Esta lanza multifuncional hace posible el uso a través de su estructura múltiple de canal circular, en varias etapas del procedimiento del proceso de producción.

En la tercera etapa del procedimiento, que se realiza preferentemente en un convertidor de descarburación combinado soplante (convertidor K-OBM-S: inoxidable mediante el proceso de aceración combinada tipo Maxhütte con

ES 2 285 456 T3

soplado inferior de oxígeno), tiene lugar esencialmente la aleación final y una descarburación de la fundición en un extenso proceso autotérmico.

Si están disponibles portadores de níquel baratos, por ejemplo, hidróxido de níquel con aprox. 40% de Ni, sintetizado de níquel, óxido de níquel, etc., entonces éstos se inyectan preferentemente en la parte inferior del baño en la tercera etapa del procedimiento, o se agregan fragmentados (pelets, briquetas, etc.) en contenidos aún altos de carbono de la fundición, desde arriba mediante gravedad o soplado. De este modo, la productividad no se restringe y las pérdidas de níquel por vaciado de polvo, salpicadura, goteado de metal en la fundición y pérdida por desmoldeo se reducen al mínimo. Una incorporación de la cantidad total de níquel en la primera y segunda etapas del procedimiento tendría como consecuencia adicional e inevitable la pérdida de níquel.

La tercera etapa del procedimiento lleva un tiempo considerablemente menor que la primera y la segunda etapas del procedimiento, en las que se elabora un máximo de óxido de Cr, escoria, polvo y chatarra. Por eso, el tiempo de producción en la tercera etapa corresponde aproximadamente al tiempo de producción de la primera y segunda etapas y para rebajar los costes de inversión, la segunda fundición prealeada obtenida en la segunda etapa del procedimiento puede subdividirse al menos en dos partes y cada una de ellas puede ser completada respectivamente en una tercera etapa del procedimiento con una fundición base. Se agregan agentes de aleación que contienen Cr o Cr y Ni según la calidad de acero a obtener. Se añaden formadores de escoria y por acción de soplado superior y soplado en la parte inferior del horno con un agente oxidante se realiza un proceso de descarburación y se ajusta una fundición aleada al análisis químico y temperatura predeterminados.

Para el desarrollo del proceso de fundición, del proceso de reducción, del suministro de energía y del proceso de descarburación, se realiza un proceso de soplado superior con un agente oxidante en todas las etapas del procedimiento. En este caso, el soplado superior se realiza solamente con oxígeno en la primera y segunda etapas, o con una mezcla de oxígeno y nitrógeno en una relación de mezcla especial, o con aire caliente, o con aire caliente enriquecido con oxígeno. En la tercera etapa del procedimiento el soplado superior se realiza con oxígeno o una mezcla de oxígeno y un gas inerte, que también puede contener gases de combustión como CO_2 y H_2O .

En la producción de una fundición metálica con alto contenido de Cr y/o alto contenido de Ni o Mn, como se presenta en las ferroaleaciones (contenido de Cr > 30% en peso, contenido de Ni > 13% en peso, contenido de Mn > 30% en peso), es conveniente realizar el soplado superior en la tercera etapa del procedimiento, al menos parcialmente, con aire caliente. En la primera y segunda etapas del procedimiento, el soplado superior se realiza en la fabricación de ferroaleaciones, preferentemente con aire caliente o con aire caliente enriquecido con oxígeno.

Si el gas residual va a ser reciclado, entonces se considera el uso de oxígeno preferentemente como medio de soplado para el soplado superior en todas las etapas del procedimiento, el que se aplica a través de una lanza de soplado refrigerada con agua. Para la realización de una reducción importante, preferentemente a más de la mitad, del consumo de carbón, debería utilizarse al menos en la primera o en la primera y la segunda etapas del procedimiento, preferentemente aire caliente o aire caliente enriquecido con oxígeno.

Esto es especialmente importante, cuando se aplican en la primera etapa del procedimiento, excepcionalmente como variante, por ejemplo, mineral de níquel o desechos con níquel en cantidades mayores y, por tanto, se funden cantidades grandes de escoria con una mayor demanda de energía. También una desfosforación de la fundición a continuación, semejante a una de las de la primera etapa del procedimiento (sin aleación de cromo o reducción de mineral de cromo) requiere un aporte adicional de energía en la producción de la primera fundición prealeada, ya que esta desfosforación implica una pérdida importante de temperatura de la fundición.

Cuando el gas residual originado en la segunda etapa del procedimiento no lleva a un abono de gas correspondiente o, también por motivos metalúrgicos, entonces puede aplicársele soplado superior con aire caliente o con aire caliente enriquecido con oxígeno.

En la tercera etapa del procedimiento se aplica soplado superior preferentemente con oxígeno y para contenidos bajos de C en la fundición, con oxígeno y gas inerte, para disminuir más la escorificación de cromo a pesar del buen movimiento intenso del baño mediante inyección de oxígeno o una mezcla de oxígeno y gas inerte.

Se logra un incremento y estabilización de la proporción de postcombustión cuando el soplado superior en la primera y/o la segunda etapas del procedimiento se realiza con O_2 pulsante, con O_2 y gas inerte o aire caliente o con aire caliente enriquecido con O_2 .

La homogeneización de escoria y fundición con contenido de carbono se mejora en la tercera etapa del procedimiento al disminuir el contenido de C de la fundición por adición de oxígeno y rebajar la escorificación de cromo en comparación con la descarburación. Esto puede lograrse también utilizando una lanza multifuncional. El chorro principal de oxígeno proveniente de la(s) tobera(s) será rodeado de este modo por un gas caliente generado en un quemador, que se difunde rápidamente en el mecanismo de soplado inferior de oxígeno. Esta clase de chorro de gas adquiere su alta velocidad de difusión a través de una distancia mayor en comparación con un chorro de O_2 de la tobera de Laval normal, y la escoria se mezcla más intensamente con la fundición. Esto lleva asimismo a una escorificación de Cr menor en comparación con la del soplado superior con un chorro normal de O_2 de la tobera de Laval (por ejemplo, con número de Mach 2,2).

ES 2 285 456 T3

En consecuencia, se consideran para el soplado superior una serie de variantes en total, que dependen de diferentes condiciones del entorno, como la disponibilidad de sistemas de producción existentes, el tamaño de las instalaciones para extracción de polvos, reciclado de gas quemado, y de los materiales empleados. Las posibles variantes aparecen enumeradas en la Tabla I a continuación y pueden ser modificadas para el caso particular en el marco de la protección otorgada por la patente del procedimiento acorde con la invención. Para el soplado superior, las variantes del procedimiento expuestas son estratégicas, representando en la Tabla cada anillo "O" en negrita la variante básica en cada una de las etapas del procedimiento.

Si en vez de oxígeno se utiliza aire caliente para el soplado superior, entonces el porcentaje de soplado es de alrededor de 1,5 a 5 veces superior que al utilizar oxígeno.

TABLA I

Soplado superior: tipo de soplado y medios en las etapas 1 a 3 del procedimiento

tipo de soplado	medios	etapa 1 del procedimiento	etapa 2 del procedimiento	etapa 3 del procedimiento
soplado superior	O ₂	(o)	O	O
	O ₂ + gas inerte	(o)	(o)	O
	aire caliente	O	(O) ***	((o))
	aire caliente + O ₂	O	(O) ***	((o))
	O ₂ + polvo ***)	(o)	(o)	((o))
	portador de C **)	((oo))	((o))	((o))
	polvo de cal	((oo))	((o))	((o))
	mineral de Cr **)	O	(o)	((o))
	mineral de Cr + polvo grueso	(o)	O	((o))
	mineral de Cr + portador de Ni	(o)	(o)	((o))

O variante básica

(o): opción

((o)): más bien infrecuente

*) : por ejemplo, mediante lanzas separadas (soplado o extracción por fuerza de gravedad)

**): portador de Cr o en una mezcla con mineral de Cr, portador de Ni, polvo.

***): es variante básica si el gas quemado no es reciclable.

****): si el polvo no contiene partículas metálicas, entonces se sopla con gas inerte.

El soplado en la zona inferior del horno comprende como forma de ejecución especialmente preferida el soplado inferior mediante toberas inferiores en el fondo del recipiente de reacción utilizado en cada caso.

Para coordinar el soplado en la parte inferior del horno a los requisitos de la fabricación de la fundición metálica en cada una de las etapas del procedimiento, es conveniente que el soplado en la parte inferior del horno comprenda en la primera etapa del procedimiento y, si es el caso, también en la segunda, una o varias de las siguientes medidas:

a) un soplado en la parte inferior del horno para formar CO, transferencia de calor en la postcombustión, suministro de energía y especialmente movimiento del baño, mezcla de la fusión y la escoria, así como en caso necesario, el corte de la chatarra y del portador de metal con:

- O₂ o una mezcla de O₂ y un gas inerte, que puede ser preferentemente N₂, u
- O₂ y una mezcla de O₂ y un gas inerte en las etapas sucesivas o
- una mezcla de oxígeno y vapor de agua o
- una mezcla de oxígeno y CO₂;

b) el suministro de un portador de energía y un agente de reducción a través de toberas en la parte inferior del horno

ES 2 285 456 T3

c) la inyección de polvos, como materiales de circulación de fundición, polvos convertidores y de horno de arco, polvos de la producción de ferroaleaciones, cenizas, ferroaleaciones de grano fino o Al;

5 d) la inyección de polvos conteniendo Fe, Cr y Ni para descontaminación y como portadores de agentes de aleación;

e) la inyección de formadores de escoria, como cal, SiO₂, espato flúor, bauxita, arena, respectivamente con oxígeno como gas portador, en tanto el contenido de Cr de la fundición sea aprox. menor a 10% en peso, o con gas inerte;

10 f) la inyección de al menos una de estas sustancias como portadores de agentes de aleación y/o formadores de escoria: mineral de Cr, mineral de Mn, mineral de Ni, óxido de Ni, hidróxido de níquel, polvos, cenizas, calamina, polvos de pulido, arena, residuos contaminados de construcción, desechos domésticos o industriales, sustancias de desecho.

15 En la inyección de portadores de agentes de aleación (mineral de Cr, mineral de Mn, mineral de Ni, óxido de Ni, sinterizado de Ni, hidróxido de níquel) se debe tomar en cuenta la disminución local de la temperatura de la fundición frente a las toberas.

20 El suministro de uno o varios portadores de energía para la fundición de los materiales empleados, el recalentamiento de la fundición y la introducción de un agente de reducción para el desarrollo de las óxido reducciones puede hacerse desde arriba, en fragmentos, al interior del recipiente de reacción, en forma adicional o alternativa al soplado inferior. De la misma manera, también el suministro de formadores de escoria y sustancias de aleación puede realizarse en forma adicional o alternativa al soplado en la parte inferior del horno, desde arriba o en la fundición en el recipiente de reacción. Para ello, la incorporación se realiza en forma de polvo o de granos finos con lanza de soplado o en forma fragmentada mediante carga o adición dosificada desde un tanque elevado.

25 Además, los polvos y otras sustancias de grano fino, como material de circulación de fundición, polvos convertidores y de horno de arco, polvos de la producción de ferroaleaciones, cenizas, ferroaleaciones de grano fino o Al, así como polvos conteniendo Fe, Cr y Ni pueden fragmentarse y suministrarse a la fundición y escoria en esta forma. El fragmentado se realiza en esta caso preferentemente mediante briquetado o peletización.

30 La proporción específica de soplado en la parte inferior del horno está entre 0,25 y aprox. 3,5 Nm³/t.min. Si el soplado en la parte inferior del horno se realiza solamente con oxígeno, entonces la proporción preferente es de aprox. 0,4 a 1,5 Nm³/t.min.

35 Durante la segunda etapa del procedimiento se hacen posibles mediante el soplado en la parte inferior del horno fundamentalmente, una suficiente formación de CO, un suministro de energía y especialmente movimiento del baño y con esto, también una transferencia óptima de la energía liberada en la postcombustión a la fundición, así como una mezcla de fundición y escoria. En total, por este medio se obtienen, junto con una alta proporción de postcombustión, una entrada de energía en lo posible mayor en el baño metálico y un ahorro considerable de energía primaria. Para tal fin, mediante las toberas en la parte inferior del horno, se incorpora:

- O₂ o una mezcla de O₂ y un gas inerte, que puede ser N, u
- 45 • O₂ o una mezcla de O₂ y un gas inerte en las etapas sucesivas y proporciones de mezcla, o
- una mezcla de O₂ y vapor de agua, o
- una mezcla de O₂ y CO₂

50 Además, es conveniente agregar en forma adicional o como alternativa para el proceso de producción, un agente de reducción líquido o gaseoso a través de las toberas en la parte inferior del horno. También es conveniente para el proceso de producción, en forma adicional o como alternativa, que el soplado en la parte inferior del horno se realice como en la primera etapa del procedimiento.

55 En la tercera etapa del procedimiento se realiza el soplado en la parte inferior del horno para formar CO, despresurización parcial de CO, transferencia de calor en la postcombustión, movimiento del baño y descarburación con O₂, y una mezcla de O₂, y un gas inerte en las etapas sucesivas con proporciones de mezcla variables según el caso. La relación de mezcla de O₂, y un gas inerte se ajusta en este caso dependiendo del contenido de C de la fundición y, eventualmente, también de la temperatura.

60 En la tercera etapa del procedimiento, se incorporan a la fundición portadores de Ni, directamente o mezclado con un agente reductor, con un gas portador, preferentemente un gas inerte o una mezcla de gas inerte y un porcentaje bajo de oxígeno, mediante soplado en la parte inferior del horno, para un contenido de C en la fundición superior a 1,0% en peso de C. Las sustancias sólidas se inyectan preferentemente a través del conducto central, protegido contra la abrasión, de las toberas en la parte inferior del horno, en caso de que no se agreguen desde la parte superior. Como portadores de Ni se consideran por ejemplo, óxido de níquel, sinterizado de níquel, hidróxido de níquel, desechos de la producción de FeNi, etc. También pueden cargarse portadores de Ni fragmentados, inclusive pelets y briquetas

ES 2 285 456 T3

moldeados, sobre el baño metálico o sopladados con lanzas de soplado especialmente formadas, en la capa de escoria o la fundición.

5 Para responder a esta variada descripción de exigencias, se emplean toberas en la parte inferior del horno, que tengan al menos una tobera central (ducto) y una abertura circular o varios canales circulares concéntricos para conducir a través de ellos los materiales empleados. Los materiales empleados en forma de polvo y granos finos son conducidos con un gas portador, preferentemente nitrógeno, oxígeno, argón, gas natural o mezclas de gases, a través de las toberas en la parte inferior del horno.

10 Adicionalmente y con preferencia para su óptima protección, se inyectan en la fundición a través de las toberas en la parte inferior del horno, en todas las etapas del procedimiento, hidrocarburos tales como CH₄, C₃H₈, C₄H₁₀, sus mezclas, fuelóleo, fuelóleo pesado, etc., como protección de las toberas. Esta inyección se realiza a través de uno o varios canales en forma de anillo que rodean el radio central de cada tobera en la parte inferior del horno. En forma adicional a los hidrocarburos o en su lugar, pueden inyectarse en la fundición gases inertes, vapor, CO₂, CO o sus mezclas como protección de las toberas.

20 Tras un ordenamiento especialmente conveniente de la invención, se determinan en las etapas del procedimiento durante el proceso de soplado, la temperatura y/o el análisis químico de la fundición, preferentemente mediante una evaluación en línea de las ondas electromagnéticas irradiadas por la fundición a la boca de la tobera, que llegan a través de una tobera en la parte inferior del horno a un dispositivo de evaluación, y dependiendo de la temperatura y/o del análisis químico se establecen valores por defecto para el soplado en la parte superior del baño y en la parte inferior del horno y para el agregado de agentes de aleación, portadores de energía, agentes de carburación y descarburación, etc. en un modelo de proceso.

25 En particular, puede elegirse para el soplado en la parte inferior del horno y en especial para el soplado inferior, entre un gran número de variantes del procedimiento, que dependen de diferentes condiciones del entorno. Para esto, deben tomarse en cuenta los sistemas de producción existentes y para los operadores concretos, los materiales empleados disponibles más o menos económicos (agentes de aleación, agentes de reducción, portadores de energía) y los gases. Las posibles variantes aparecen listadas en la Tabla II a continuación y pueden ser modificadas para cada caso particular en el marco de la protección de la invención. Para el soplado en la parte inferior del horno, las posibles variantes del procedimiento son estratégicas, representando en la Tabla II los respectivos anillos "O" en negrita la variante básica en la etapa del procedimiento correspondiente.

35 Para el soplado en la parte inferior del horno, especialmente para el soplado inferior preferido, pero también para un soplado lateral, se emplean toberas de poliductos, especialmente de dos ductos, protegidas con hidrocarburos o con una mezcla de hidrocarburo y gas inerte. Por ende, se describen en la siguiente Tabla II los medios a soplar de la tobera de chorro central, como asimismo los medios a soplar en la abertura circular de una tobera de abertura circular entre una tobera central y el(los) ducto(s) exteriores de la tobera circular, para cada etapa del procedimiento.

TABLA II

Soplado en la parte superior del baño/soplado inferior preferente: tipos de soplado y medios en las etapas 1 a 3 del procedimiento

tipo de soplado	medios	etapa 1 del procedimiento	etapa 2 del procedimiento	etapa 3 del procedimiento
soplado superior preferente	toberas centrales			
	O ₂	○	○	○
	O ₂ + gas inerte	(○)	(○)	○
	gas inerte **)	((○))	((○))	(○)
	gas inerte + portador de C (carbón, coque...) ***)	○	(○)	((○))

ES 2 285 456 T3

	gas inerte + portador de C + óxido	((o))	((o))	((o))
	gas inerte + mineral de Cr	(oo)	(o)	((o))
5	gas inerte + polvo fino, cenizas, desechos, calamina ***)	O	(o)	((o))
	gas inerte + portador de Ni (mineral de Ni, NiO, Ni(COH) ₂ , sinterización, etc.)	(o)	(o)	O *)
10	O ₂ (gas inerte) + formador de escoria, como CaO, Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , CaF ₂ , MgO, etc.	(o)	((o))	((o))
	toberas de abertura circular			
15	hidrocarburo por ej. (CH ₄ , C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀)	O	O	O
	hidrocarburo + gas inerte o CO ₂ o vapor de agua	O	O	O
	gas inerte **)	(o)	(o)	(o)

O variante básica

(o) opción

((o)) más bien infrecuente

***)** o mezclado con el portador de C o briqueta do, peletizado, fragmentado administrado desde la parte superior.

****)** a excepción de: carga, toma de muestras, medición de temperatura, barrido, vaciado, ...

*****)** los portadores de C pueden ser cargados también en forma fragmentada por dosis desde el tanque elevado y las sustancias en grano fino, como polvo, calamina, portadores de Ni, pueden incorporarse en forma dosificada y como briquetas a la fundición, desde la parte superior.

Según la demanda, que se ajusta convenientemente a los pesos de carga en cada una de las etapas del procedimiento, a las cantidades disponibles de chatarra de acero aleada con Cr o con Cr y Ni y a los formatos de colada en la unidad de colada continua, se incorpora en cada una de las etapas del procedimiento una fundición base consistente en un arrabio desfosforado, en el respectivo recipiente de reacción. Esta fundición base puede contener ya, como consecuencia de tener como base materias primas, Cr y Ni en pequeñas cantidades y se incorpora con una temperatura de baño de 1 220°C a 1 650°C en cada una de las etapas del procedimiento, balanceando las cantidades. Una base inicial apropiada para el proceso de producción acorde a la invención, forma una fundición base con la siguiente composición:

2,0 - 4,7% en peso de C,

1,0% en peso de Mn,

0,025% en peso de P,

0,03% en peso de S,

resto de Fe e impurezas resultantes del procedimiento.

El arrabio para la fundición base utilizado puede proceder tanto de un alto horno convencional como de una instalación HI Smelt o de otra fuente cualquiera de arrabio.

En forma alternativa a la ruta de producción "producción de arrabio", existe la posibilidad de producir la fundición base por acción de energía eléctrica, especialmente en un horno eléctrico de arco. Para esto y dependiendo de los materiales a usar que se seleccionen, puede fundirse tanto una fundición base no aleada como una especialmente prealeada.

Existe asimismo la posibilidad de que la fundición base se conforme en forma alternativa al arrabio desfosforado o proporcionalmente al mismo, a partir de desechos de la producción de ferróníquel mediante reducción de fundición. El porcentaje de fundición base a partir de desechos de la producción de ferróníquel puede ser de hasta 50%. Los desechos disponibles en mayor cantidad, situados en la escombrera a partir de la producción de ferróníquel contienen un porcentaje de Ni de aprox. 2% en peso en forma de óxido de níquel, el resto consiste en carbón y escoria. Estos desechos pueden someterse en una etapa del procedimiento preliminar a las tres etapas del procedimiento de acuerdo con la invención, a una reducción de fundición, incluyendo esta etapa preliminar al mismo tiempo la fundición base,

ES 2 285 456 T3

por ejemplo, mediante agregado de arrabio desfosforado. También existe la posibilidad de incorporar los desechos de la producción de ferromniquel preferentemente en la primera etapa del procedimiento, en porcentajes menores también en la segunda o tercera etapa, y dejar entonces que se desarrolle el proceso de reducción de fundición.

5 Aquí hay que considerar especialmente la economía de escoria debido al aumento de producción de escoria.

Para optimizar la economía, la escoria con Cr_2O_3 no reducida, se restituye de la tercera etapa a la primera, preferentemente mediante soplado superior con aire caliente, y allí se reduce con un agente de reducción con C. Mediante la economía de ciclo de la escoria con Cr, las pérdidas de Cr en el proceso total se reducen y especialmente el consumo de FeSi disminuye notoriamente. Evitando una escoria de reducción agresiva (adición de CaO, CaF_2 y FeSi) al final de la tercera etapa, se aumentan la durabilidad del revestimiento refractario del recipiente de reacción utilizado y la productividad. Asimismo, disminuye la cantidad total de escoria y se ahorran total o parcialmente formadores de escoria, como cal, etc. en la primera etapa. Igualmente, se puede elaborar una cantidad de escoria también en la segunda etapa. Por otra parte, la cantidad de cromo disminuye mientras no se aumente el periodo de carga.

15 Si la primera etapa del procedimiento se realiza con soplado superior de oxígeno y recuperación de gas, se desiste de la recuperación de escoria y principalmente recircula el polvo. En la variante de soplado superior con oxígeno en vez de aire caliente en la primera etapa del procedimiento, se reduce menos óxido de cromo a cromo, es decir, debe cargarse más HCFeCr para la misma productividad. En este caso especialmente, la adición de HCFeCr, que contiene 2,0 a 4,5% en peso de Si, es conveniente en los últimos minutos de soplado, especialmente en los últimos 5 a 10 minutos de soplado de la segunda etapa del procedimiento, ya que el Si del HCFeCr fomenta la reducción de la escoria en la segunda etapa. La tercera etapa del procedimiento se reduce teniendo en cuenta la cantidad de escoria.

25 Especialmente para el uso de la escoria en la industria del cemento, es aconsejable que en los últimos minutos del soplado, especialmente en los últimos 5 a 10 min. del soplado de la primera y/o de la segunda etapa del procedimiento, la basicidad de la escoria (CaO/SiO_2) se reduzca de 2,0 a 2,5 a aprox. 1,4 por medio de la adición de un portador de SiO_2 , y el análisis de la escoria de los portadores de óxido de hierro y Al_2O_3 se ajuste a valores como los que se exigen en la industria del cemento para las escorias que se utilizan como sustituto de clinker o aditivo de trituración en la producción de cemento.

30 Por otra parte, dependiendo del uso subsiguiente de la escoria, es conveniente si las escorias de la primera y/o segunda etapa del procedimiento se acondicionan al análisis y la temperatura deseados después del vaciado de la fundición metálica.

35 A continuación de la tercera etapa del procedimiento, la fundición aleada se somete, si es el caso y preferentemente después del procedimiento VOD, a un tratamiento definitivo con una cuchara metalúrgica, que comprende una o varias de las medidas de descarburación fina, aleación fina, desnitrificación, reducción, desulfuración, así como regulación de la temperatura y un tratamiento de lavado de la fundición. El procedimiento VOD presenta la ventaja de que en un tratamiento de vacío de una fundición aleada con Cr, una descarburación con oxígeno de gran alcance, se realiza antes de una oxidación de cromo y con ello la pérdida de cromo y el consumo de FeSi, también para bajos contenidos de C de la fundición, pueden mantenerse muy reducidos en pequeñas cantidades de escorias. A la etapa de descarburación le sigue una reducción de escorias con una mezcla de FeSi, aluminio, cal, y CaF_2 para la recuperación del óxido de cromo de la escoria, reduciendo simultáneamente el contenido de oxígeno de la fundición se reduce a un mínimo. Durante esta etapa del tratamiento ocurren la aleación fina y una última desulfuración de la fundición. La combinación de la tercera etapa del procedimiento (proceso K-OBM-S) con el tratamiento VOD tiene la ventaja de que puede prescindirse totalmente del uso del argón en el recipiente de reacción en las tres etapas del procedimiento y, en particular, en la tercera, especialmente en el convertidor K-OBM-S. Sin duda, la fundición también en la tercera etapa del procedimiento puede refinarse a los contenidos de C bajos requeridos, cuando no se realiza ningún tratamiento en la unidad VOD. Entonces, para bajos contenidos de C de la fundición, se refina en los conductos centrales de las toberas inferiores con mezclas de oxígeno y argón, dependiendo del contenido de C de la fundición.

55 Las cantidades de los materiales utilizados en cada una de las etapas del procedimiento, en especial de fundición base, si es el caso, chatarra, mineral de Cr y otros agentes de aleación, se establecen de tal forma que, en cada una de las etapas del procedimiento, se alcanzan los periodos sucesivos de sangría, que corresponden al tiempo del ciclo necesario para el colado continuo sucesivo de las cargas. Del mismo modo, pueden acompañarse los periodos sucesivos de sangría a los tiempos del ciclo de otros tratamientos ulteriores y etapas de elaboración posteriores (por ejemplo, otros procedimientos de fundición). Las velocidades de fundido específicas para el producto en la unidad de colada continua, y los formatos de fundido previstos, repercuten específicamente sobre la cantidad de acero a colar por unidad de tiempo, de forma de adaptar las cantidades empleadas en el proceso de producción de acero preliminar. Por tanto, es conveniente que, en especial en el plano directriz del proceso, el modelo de proceso de control de proceso del procedimiento de fabricación de acero incluya medidas directrices para el proceso de fundido, tales como la velocidad de fundido y el formato de fundido, o los tiempos del ciclo para el fundido de ferroaleaciones, para la estipulación de las cantidades de los materiales utilizados en cada una de las etapas individuales del procedimiento. Para la producción de acero, la cantidad de mineral de cromo introducida, de la que depende decisivamente por otra parte la cantidad introducida de oxígeno o de aire caliente y carbón, es el parámetro a establecer para la cantidad de acero a producir por unidad de tiempo. De ahí surgen efectos, como la antigüedad del recipiente de reacción y de las lanzas, de la temperatura de la fundición base, del uso de polvo, escoria y chatarra, etc., que deben tenerse en cuenta en los modelos del proceso.

ES 2 285 456 T3

La unidad de producción de acero para la fabricación de una fundición metálica aleada, que contiene preferentemente Cr o Cr y Ni, se compone de varios recipientes de reacción dispuestos en forma continua dentro de una línea de producción, en la que cada recipiente de reacción en su acondicionamiento general puede considerarse un recipiente metalúrgico cualquiera, siempre y cuando se tomen en cuenta, entre otros, los modos de operación citados en las Tablas I y II. El volumen de la capacidad de los recipientes de reacción individuales colocados en forma sucesiva se establece uno a uno de tal modo, que las fundiciones metálicas aleadas listas para colada generadas en un ciclo de producción corresponden a la capacidad de fundido de una unidad de colada continua. Las cantidades de materiales empleados utilizados en los recipientes individuales de reacción se ajustan teniendo en cuenta las circunstancias metalúrgicas y en lo posible, los tiempos de producción convenientes, en cada uno de los recipientes de reacción. En consecuencia, la unidad de generación de acero de acuerdo con la invención, comprende los siguientes recipientes de reacción e instalaciones metalúrgicas dispuestas en forma continua dentro de una línea de producción:

- al menos un mecanismo de carga de metal líquido para el transporte de una fundición base a uno de los recipientes de reacción, como mínimo.

- un primer recipiente de reacción con al menos un mecanismo de soplado en la parte inferior del horno y un mecanismo de soplado en la parte superior del baño,

- un primer mecanismo de transvase para la transferencia inmediata de una primera fundición prealeada de un primer recipiente de reacción a un segundo recipiente de reacción,

- un segundo recipiente de reacción con al menos un mecanismo de soplado en la parte inferior del horno y un mecanismo de soplado superior,

- una segunda unidad de transvase para la transferencia de al menos una parte de una segunda fundición prealeada de un segundo recipiente de reacción a un tercer recipiente de reacción,

- un tercer recipiente de reacción con un mecanismo de soplado en la parte inferior del horno y un mecanismo de soplado superior.

El mecanismo de soplado superior se compone de una lanza para el soplado superior de O₂ o una lanza de aire caliente o una lanza multifuncional con varios canales de flujo ordenados en forma concéntrica por tobera para diferentes materiales empleados. En general, otras lanzas de soplado superior, además de una lanza convencional para el soplado de oxígeno, hacen posible la introducción de diversos materiales que usualmente se requieren, con consistencia de polvo o de grano fino.

Preferentemente, el primer y el segundo recipientes de reacción están provistos de una lanza propia para la entrada de portadores de agentes de aleación de grano fino, especialmente mineral de cromo, y si es el caso, para la entrada de polvos gruesos. Además de los mecanismos para la inyección de sustancias sólidas, los mecanismos correspondientes de alimentación periférica, tales como dispositivos para tanques elevados y estaciones reguladoras de gas, están subordinados a cada uno de los recipientes de reacción.

El mecanismo de soplado en la parte inferior del horno se compone de toberas con aberturas circulares, en especial toberas de dos conductos, y hacen posible la utilización de diferentes medios y materiales en forma de grano fino. Preferentemente, el mecanismo de soplado en la parte inferior del horno está formado como mecanismo de soplado inferior.

El mecanismo de soplado en la parte inferior del horno comprende convenientemente, un distribuidor de sólidos, colocado preferentemente en el recipiente de reacción correspondiente. Desde el distribuidor de sólidos se suministran los sólidos, preferentemente polvo, carbón y cal en forma de grano fino, a las toberas en la parte inferior del horno con un gas portador y se inyectan en la fundición.

Mediante el mecanismo de soplado en la parte inferior del horno, puede controlarse en forma eficiente la temperatura y/o el análisis químico de la fundición, cuando se coordina un dispositivo de medición con el mecanismo de soplado de la parte inferior del horno para la medición en línea de la temperatura y/o del análisis químico de la fundición. En esta forma de ejecución del proceso, que se aplica preferentemente en todas las etapas del procedimiento, es especialmente conveniente que la medición sea independiente de la cantidad de escoria y especialmente de la consistencia de la misma. Un mecanismo correspondiente para la medición continua de la temperatura y del análisis químico de la fundición, se describe en las patentes/registros de patente: EP-B 1 016 858, EP-B 868 656, WO 02/48661 y WO 02/27301 de la titular. A través de la tobera en la parte inferior del horno, equipara para controlar la temperatura y el análisis químico, no se inyectan sustancias sólidas.

Según una forma apropiada de ejecución, se subordina un equipo VOD al tercer recipiente de reacción, para el refinamiento de la fundición que pasa por el tercer recipiente de reacción.

Es conveniente que una unidad de elaboración de acero, formada al menos por una unidad de colada continua dentro de una línea de producción, esté subordinada al tercer recipiente de reacción o a la unidad VOD. Preferentemente, la unidad de colada continua subordinada esté provista de una coquilla oscilante para moldeado de piezas fundidas de

ES 2 285 456 T3

acero con secciones de desbastes o de desbastes delgados. Sin embargo, pueden utilizarse también unidades de colada continua de cualquier tipo de construcción para cualquier formato de sección o, en caso de que se requiera, también puede usarse colada en lingotera.

5 Una elección especialmente adecuada de recipientes de reacción, para la transformación del proceso de producción de acero, está dada, si el primer recipiente de reacción está formado por un recipiente convertidor, preferentemente un convertidor de reciclaje operado alotérmicamente, o un horno eléctrico modificado; el segundo recipiente de reacción por un recipiente convertidor, preferentemente un convertidor alotérmico (convertidor KMS-S) y el tercer recipiente de reacción por un convertidor, preferentemente un convertidor autotérmico (convertidor K-OBM-S).

10 Se entiende por horno eléctrico modificado, un horno eléctrico con mecanismos adicionales para la carga del mineral, con mecanismos para las diversas acciones de soplado, por ejemplo, con lanzas de oxígeno, lanzas para toberas de aire caliente, toberas para la parte inferior del horno y similares. La abreviatura “KMS-S” significa “Kombiniertes Maxhütte Stahlerzeugungsverfahren - stainless” [procedimiento de producción de acero tipo Maxhütte combinado - inoxidable]; la abreviatura “K-OBM-S” significa “Kombiniertes Maxhütte Stahlerzeugungsverfahren - stainless” [Procedimiento de producción de acero tipo Maxhütte combinado - inoxidable].

15 Para la producción de una fundición base orientada a un cierto propósito, se coloca delante del primer recipiente de reacción otro recipiente de reacción, conformado para producción de una fundición base de arrabio desfosforado como mecanismo de desfosforación. Para la producción de una fundición base a partir de, entre otros, desechos de la producción de ferróníquel, este otro recipiente de reacción está conformado como el reactor para la reducción de la fundición. Para la realización del proceso de reducción de la fundición se prevén agentes materiales para un elevado suministro de energía, debido a la baja proporción de níquel en los desechos de la producción de ferróníquel, ciertamente esta ruta del procedimiento hace posible el aprovechamiento económico de los desechos hasta ahora

20 apenas utilizados y a recuperar por razones de protección del medio ambiente.

En las tareas de carga y los procesos de soplado se manifiesta en alto grado una emisión de polvos perjudicial para el ambiente, de tal forma que, se localizan preferentemente dispositivos para eliminación de polvo (electrofiltros) de operación en seco en los recipientes individuales de reacción. Además de evitar ampliamente un perjuicio ambiental, se recuperan sustancias potencialmente reciclables que se suministran nuevamente al proceso de producción.

30

La interacción entre el mecanismo de producción de acero y el mecanismo de tratamiento de acero subordinado se facilita enormemente, si se antepone a los mecanismos de producción de acero y de tratamiento de acero un sistema de gestión global, que comprenda como mínimo los recipientes de reacción utilizados y la unidad de colada continua, con un ordenador para procesos individual coordinado con el mecanismo de producción de acero y el mecanismo de tratamiento de acero, y contenga un modelo de proceso que regule el mecanismo de producción de acero o medidas directrices que regulen modelos de proceso parcial de los mecanismos de tratamiento de acero subordinados, por ejemplo, la velocidad de colada y el formato de colada sobre la unidad de colada continua, para calcular las cantidades de los materiales utilizados en cada una de las etapas del procedimiento, enviadas por el sistema de gestión y conforme a las cantidades calculadas tiene lugar el suministro de los materiales utilizados en los recipientes de reacción.

35

40

Adicionalmente, el mecanismo de producción está equipado con una automatización de niveles 1 y de nivel 2, con mecanismos de eliminación de polvo y de almacenamiento de gas, con mecanismos para transporte de escoria y tanques, etc.

45 En la mayoría de los intervalos prefijados se realizan trabajos de reparación en las instalaciones. En los recipientes de reacción deben restaurarse los revestimientos refractarios o reacondicionarlos. A este fin, debe separarse el recipiente de reacción de la línea de producción por unas horas y en la medida de lo posible, el funcionamiento sigue con un recipiente de reemplazo (recipiente convertidor de intercambio). Si no existe esta posibilidad, (recipientes de reacción estacionarios), se aconseja dividir las tres etapas del procedimiento durante el periodo de trabajos de renovación en los dos recipientes de reacción restantes. Puesto que para todas las etapas del procedimiento están previstos recipientes de reacción, que cuentan principalmente con mecanismos de soplado superior y de soplado en la parte inferior del horno, no existen impedimentos en principio para trasladar etapas del proceso parcialmente al recipiente de reacción respectivamente subsiguiente o anterior. En total, el tiempo de producción aumenta para un peso de carga que permanece igual, reduciéndose la utilización de la unidad de colada continua y la productividad. Sin embargo, es posible mantener el proceso de fabricación.

50

55

Cuando el primer recipiente de reacción se compone, por ejemplo, de un convertidor de reciclaje estacionario y debido a la renovación de los revestimientos refractarios (por ejemplo, durante 4 días) no puede producir, el segundo recipiente de reacción asume una parte de la producción del primer recipiente. Si fallara el segundo recipiente de reacción, entonces el convertidor de reciclaje asume una parte de esta producción, Ambos convertidores funcionan alotérmicamente, de tal forma que esta flexibilidad es posible.

60

Si falla el tercer recipiente de reacción debido a la renovación del revestimiento refractario, el convertidor de reciclaje asume una parte de la producción del primer recipiente que trabaja principalmente en forma autotérmica y en el segundo recipiente de reacción se realiza una parte de la producción del convertidor de reciclaje.

65

Otras ventajas y características de la presente invención derivan de los ejemplos de ejecución no restrictivos de la siguiente descripción, en los que se hará referencia a las figuras que ahí se encuentran y que muestran lo siguiente:

ES 2 285 456 T3

Fig.1: un convertidor de reciclaje con representación esquemática de sus posibilidades de aplicación de acuerdo con invención y según la primera etapa del procedimiento,

Fig. 2: un convertidor KMS-S con representación esquemática de sus posibilidades de aplicación de acuerdo con la invención y según la segunda etapa del procedimiento,

Fig. 3: un convertidor K-OBM-S con representación esquemática de sus posibilidades de aplicación de acuerdo con la invención y según la tercera etapa del procedimiento,

Fig. 4: una recopilación del primer ejemplo de ejecución para la fabricación de un acero aleado con Cr y Ni de calidad SUS 304,

Fig. 5: líneas de desarrollo para el contenido de cromo y el peso de la fundición en el procedimiento de la invención según el ejemplo de ejecución 1.

Las representaciones en las figuras 1 a 5 se refieren en su totalidad a la variante principal de la presente invención y a los datos concretos de cantidades a utilizar de diferentes materias primas, composiciones de aleaciones, temperaturas de fundición, etc., se refieren al ejemplo 1 ampliamente explicado.

En la Fig. 4 se muestra un resumen esquemático del procedimiento para la fabricación de una fundición metálica aleada con sus etapas principales y los recipientes de reacción utilizados para el proceso de transformación. Este esquema comprende un mezclador de arrabio para la preparación de una fundición base, que se mezcla en cantidades prefijadas en las tres etapas del procedimiento. La primera etapa del procedimiento se realiza en un convertidor de reciclaje, en el que se produce la primera fundición prealeada. La segunda etapa del procedimiento se realiza en un convertidor KMS-S, en el que sobre la base de la primera fundición prealeada se produce una segunda fundición prealeada. La tercera etapa del procedimiento tiene lugar en el convertidor K-OBM-S, en el que se continúa el tratamiento de la segunda fundición prealeada dividida en dos cargas en etapas consecutivas. La fundición producida, ajustada a una determinada composición química y temperatura, concluye en una unidad VOD y se introduce en un proceso de fundición y colada para formar desbastes. Los valores indicados en la Fig. 4 para cada una de las etapas y niveles del procedimiento se refieren a un acero austenítico con cromo de calidad SUS 304 con un peso de carga de 2 x 160 t, que en la colada secuencial se vierte sobre una unidad de colada continua.

En la Fig. 1 se representa esquemáticamente la primera etapa del procedimiento con los diferentes materiales utilizados y las diferentes posibilidades para su incorporación. De forma análoga la Fig. 2 muestra la segunda etapa del procedimiento y la Fig. 3 la tercera etapa del procedimiento con los materiales utilizados en cada una de las etapas correspondientes del proceso y las posibilidades para su incorporación.

En la Fig. 5 se representa la distribución de la fundición base (187,8 t) en las tres etapas del procedimiento del ejemplo de ejecución 1 y la variante con el soplado superior con aire caliente descrita en la primera etapa del procedimiento de acuerdo con el ejemplo de ejecución 1. De la Fig. 5 se infiere además que el contenido de cromo ya en la primera etapa del procedimiento se lleva de cero hasta el nivel deseado por reducción de los óxidos de cromo y su significativo aumento y, por tanto, también el aumento de las pérdidas de cromo se evitan mediante adición de la fundición base. Esta adición graduada de la fundición base, así como la división de la carga al final de la segunda etapa del procedimiento, hacen posible lograr una muy elevada productividad con unidades relativamente pequeñas, muy bien coordinadas en la secuencia y que posibilitan costes de inversión relativamente bajos.

Para la producción de fundiciones metálicas que presentan ferroaleaciones, como FeCr, puede desistirse de la dilución del contenido de Cr o de otros elementos de aleación, como Mn, Ni, etc., por medio de una fundición base no aleada en la segunda y tercera etapas del procedimiento, para que el contenido del agente de aleación alcance el contenido deseado. En la producción de FeNi el enriquecimiento de Ni aumenta al final de la tercera etapa del procedimiento por medio de un periodo de escorificación de una parte del hierro en la fundición metálica, de modo que el contenido final de Ni al que se quiere llegar, puede regularse en forma sencilla y segura. Las aleaciones de Cr o también las de Mn pueden descarburizarse considerablemente en la tercera etapa del procedimiento, duplicándose así el valor de mercado de estas aleaciones.

55 Ejemplo de ejecución 1

Para la fabricación de 2 cargas, cada una con 160 t de acero líquido listo para colada de calidad SUS 304 se procede de la siguiente manera:

De acuerdo con la ruta del alto horno se producen 187,8 t de arrabio y en el acondicionamiento del arrabio se desulfura y desfosfora. El arrabio desfosforado forma una fundición base para, respectivamente, la obtención de una fundición prealeada en la primera y la segunda etapas del procedimiento y la formación de una fundición aleada de la composición meta predeterminada en la tercera etapa del procedimiento. La fundición base contiene 4,0% en peso de C, 0,1% en peso de Cr, 0,1% en peso de Ni, <0,01% en peso de P y el resto es hierro y otras impurezas resultantes del procedimiento. La temperatura empleada de la fundición asciende a 1 280°C.

En la primera etapa del procedimiento se carga en el primer recipiente de reacción, que es un convertidor de reciclaje, en caliente, la chatarra aleada disponible, originada en la planta de producción (21 t de calidad SUS 304)

ES 2 285 456 T3

y posteriormente 64,6 t de la fundición base preparada. Mediante soplado de carbón, soplado inferior con oxígeno y soplado superior de aire caliente se eleva la temperatura del baño a 1 550°C y el contenido de C de la fundición a 5% en peso. Se agregan a la fundición base en forma dosificada 12 t de escoria K-OBM-S no reducida recirculada, proveniente de la tercera etapa del procedimiento con un porcentaje de 45% de Cr_2O_3 y CaO; etc. Posteriormente tiene lugar la inyección de polvo fino que contiene óxido de Cr y de Ni y la adición dosificada de otras 12 t de escoria K-OBM-S no reducida, así como de mineral de cromo a través de una lanza separada enfriada con agua, que entra al convertidor de reciclaje a través de la abertura del convertidor. Esto se realiza manteniendo el soplado inferior de oxígeno y carbón a través de grupos de toberas y conductos de alimentación separados, sistemas de dosificación y de reserva. Desde el inicio del soplado, se realiza soplado superior con un aire caliente precalentado a aproximadamente 1 200°C a través de una lanza de aire caliente con un grado de postcombustión de 60%. Para disminuir la cantidad del gas residual, podría incrementarse el contenido de O_2 del aire caliente agregando O_2 . Como portadores baratos de agentes de aleación se elaboran 33,4 t de mineral de cromo con una proporción de 45% en peso de Cr_2O_3 , 24 t de escoria con una proporción de 45% en peso de Cr_2O_3 y 38 t de polvo fino con 14,3% en peso de Cr_2O_3 + cal + carbón. En total se inyectan dentro del convertidor 31,1 t de antracita, 19,280 Nm^3 de O_2 y 145,000 Nm^3 de aire caliente en la primera etapa del procedimiento.

Después de un tiempo de carga de aproximadamente 160 min hay 120 t de una primera fundición prealeada, carburada y a una temperatura de 1 560°C con la siguiente composición: 5,0% en peso de C, 20,3% en peso de Cr, 2,0% en peso de Ni, restos de hierro y otras impurezas resultantes del proceso. La escoria no fue acondicionada en el soplado para una elaboración posterior con Al_2O_3 , SiO_2 , etc. El contenido de Cr_2O_3 de esta escoria está por debajo del 1,0% en peso y es reciclable.

En la segunda etapa del procedimiento se vacían en forma conjunta 120 t de la primera fundición prealeada con 20 t de la fundición base con un mecanismo de transvase y se cargan en el segundo recipiente de reacción, formado por un convertidor KMS-S. La temperatura de la mezcla de fundición se eleva a 1 560°C mediante soplado inferior y soplado superior con O_2 y agregado de hulla gruesa proveniente del tanque elevado. Posteriormente se aplican y reducen el mineral de cromo y el polvo grueso recirculado a través de una lanza separada sobre la escoria y la fundición con soplado combinado con O_2 , adición de antracita y cal. La basicidad de la escoria (CaO/SiO_2) se ajusta a 2,5. En ninguna de las tres etapas del procedimiento es necesaria ni se emplea una costosa reducción de escorias con FeSi, es decir, la escoria se reduce con carbón en la primera y segunda etapas del procedimiento. La escoria proveniente de la tercera etapa del procedimiento se recircula en el primer recipiente de reacción y allí se reduce igualmente con carbón. El gas residual no se quema como en la primera etapa del procedimiento, sino que se almacena en un depósito de gas después de su depuración y posteriormente se recicla (abono de gas). Esto es posible, ya que se sopla con O_2 a un grado considerablemente menor de postcombustión de los gases del proceso (CO y H_2).

En total se generan en esta segunda etapa del procedimiento 76,9 t de mineral de Cr y 19,0 t de polvos aleados, 84,6 t de antracita fragmentada, 2,2 t de Al_2O_3 , 9 t de cal, 68,700 Nm^3 de O_2 , 20 t de fundición base y 120 t de la primera fundición prealeada para producir 2 x 89 t de la segunda fundición prealeada con el siguiente análisis: 5,7% en peso de C, 0,05% en peso de Mn, 25,9% en peso de Cr, 1,38% en peso de Ni, resto de hierro e impurezas resultantes del procedimiento. La temperatura de esta segunda fundición prealeada en el soplador alcanza los 1 500°C. El periodo de sangría alcanza 180 min.

Dentro de este periodo de sangría puede realizarse dos veces la tercera etapa del procedimiento, de tal modo que las 178 t de una segunda fundición prealeada se dividen en 2 x 89 t la tercera etapa del procedimiento realizada dos veces. Esto tiene lugar mediante la sangría en dos cucharas.

En ambas terceras etapas del procedimiento, que se realizan sucesivamente en un recipiente de reacción del tipo de un convertidor K-OBM-S, se adecua el balance de las cantidades mediante la carga respectivamente de 51,6 t de fundición base para un peso de sangría de, en cada caso, 158,6 t.

El análisis de la escoria al final de la segunda etapa de procedimiento puede adaptarse por medio del soplado inferior con gas inerte o mediante la adición de portadores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 o también de FeSi, Al, etc., en unos pocos minutos al análisis deseado, que corresponda a la finalidad de aplicación deseada. Esto también es aplicable igualmente a la primera etapa del procedimiento, de modo que en conjunto se garantiza un aprovechamiento óptimo de escorias, polvos, diversos materiales de desecho, etc., por ejemplo, en la industria del cemento.

El contenido de Cr de la prefundición se reduce también en la tercera etapa del procedimiento por medio de la adición de la fundición base, de tal modo que en ésta se suministran 19,6 t de HCFeCr por carga para alcanzar un contenido de Cr de 18,14% en peso de Cr en la sangría de la fundición.

Como portador de Ni se inyecta de forma autotérmica en la fundición "Mixed Hydroxid Product", un hidróxido de Ni con 40% de Ni para un contenido de C todavía alto en la fundición, en una cantidad de 6,4 t a través de las toberas inferiores. El resto del níquel necesario se carga en el convertidor en una cantidad de 9,18 t, de modo que en la sangría exista un contenido de Ni de 8,06% en peso. Para regular el contenido deseado de Mn se cargan 2 t de FeMn en el soplado.

ES 2 285 456 T3

La fundición se refina mediante soplado combinado con O₂ a 0,17% en peso de C. A partir de un contenido de C de 1,5% en peso se mezcla nitrógeno, en lugar de Ar, en el soplado inferior de O₂, para reducir la presión parcial del CO y con ello mejorar la descarburación. En la unidad VOD se desnitrifica a continuación la fundición a 450 ppm.

5 Los periodos de sangría para ambas cargas alcanzan 2 x 90 min. Se obtienen 2 x 160 t de fundición aleada con el siguiente análisis: 0,17% en peso de C, 0,8% en peso de Mn, 18,14% en peso de Cr, 8,06% en peso de Ni, resto de hierro e impurezas resultantes del procedimiento. La temperatura de fundición alcanza 1 680°C.

10 La altura y el curso de la temperatura de fundición y del porcentaje cuantitativo de los elementos más importantes de la fundición se miden en cada una de las tres etapas del procedimiento con la medición en línea de la temperatura y el análisis químico, mediante una tobera inferior, en cada caso, varias veces por carga, de modo tal que las etapas del procedimiento pueden ser muy bien controladas tanto desde el punto de vista metalúrgico como del tiempo.

15 La sangría del convertidor se realiza en la tercera etapa del procedimiento a través de un agujero de sangría. Para ello, se separan la escoria y el acero al final de la sangría con un detenedor de escoria que trabaja en forma neumática. El flujo de la escoria con el acero se advierte con ayuda de una cámara infrarroja y el software correspondiente (sistema Iris) y la finalización de la sangría de la fundición se activa a través del detenedor de escoria a una señal de este sistema Iris.

20 En las cucharas de 160 t se encuentran antes del tratamiento VOD, en forma reproducible solo aprox. 3 kg de escoria / t de acero, por lo que la escorificación del cromo puede restringirse y el consumo de FeSi puede mantenerse bajo. El desescoriado de la cuchara no es necesario.

25 En la unidad VOD la fundición se refina, se desnitrifica, se alea en fino, se desoxida, se desulfura y se lava. Para estas medidas, se incorporan en total 0,34 t de Ni, 1,5 t de FeSi, 2,4 t de cal, 0,5 t de CaF₂, 0,3 t de LCMn y 0,6 t de FeCrLC y se aplican 1 100 Nm³ de O₂ como gas fresco. Con esto se logra el siguiente ajuste final de la aleación: 0,035% en peso de C, 0,5% en peso de Si, 1,0% en peso de Mn, 18,25% en peso de Cr, 8,2% en peso de Ni. La temperatura de fundición alcanza 1 515°C.

30 Cada carga (2 x 160 t) de esta fundición lista para colada, se vierte en secciones de desbaste y velocidades de colada coordinadas, sobre un mecanismo de colada continua de desbastes en aprox. 90 min de un procedimiento de colada secuencial (Fig. 4). La ventaja de costes operativos de esta etapa del procedimiento está en al menos 230,- EUR / t de acero líquido austenítico, en comparación con las rutas convencionales del procedimiento a través de hornos eléctricos de arco y convertidores AOD, la situación de tratamiento de cuchara y la unidad de colada continua.

35 Ejemplo de ejecución 2

40 Este ejemplo de ejecución, como el primero, se refiere igualmente a la fabricación de 2 cargas con 160 t cada una de acero líquido listo para colada, de calidad SUS 304, efectuándose la primera y tercera etapas del procedimiento como en el primer ejemplo de ejecución.

45 Si el gas residual resultante de la segunda etapa del procedimiento no deba utilizarse nuevamente (ningún abono de gas) y/o deba perseguirse el objetivo de reducir drásticamente el consumo de carbón y oxígeno, puede realizarse también el soplado en la segunda etapa del procedimiento desde arriba con aire caliente (1 200°C, 21% O₂), para refinamiento de la fundición y amplia postcombustión de CO y H₂ (grado de postcombustión por ejemplo: 60%).

50 Para un suministro de 120 t de una primera fundición prealeada proveniente de la primera etapa del procedimiento y 20 t de fundición base, así como 79,6 t de mineral de Cr, 19 t de polvo grueso con una proporción considerable de C y 9 t de cal, se necesitan por cada 178 t de carga, en vez de 68 700 Nm³ de O₂, solamente 20 300 Nm³ de O₂ y en vez de 84,6 t de antracita, solamente 44,5 t de antracita. Además, para la generación de 167 000 Nm³ de aire caliente se requieren 8 500 Nm³ de gas natural.

55 El análisis químico de las 178 t de una segunda fundición prealeada al final de la segunda etapa del procedimiento aplicando soplado superior de aire caliente y la temperatura de esta fundición corresponden a aquella con soplado superior de oxígeno en esta etapa del procedimiento (ver el primer ejemplo de ejecución).

60 Los pesos de las cargas en las tres etapas del procedimiento se eligen de tal modo en los ejemplos de ejecución 1 y 2 con 120 t en la primera etapa del procedimiento, con 178 t en la segunda etapa del procedimiento y con 2 x 160 t en la tercera etapa del procedimiento, que para una elevada productividad superior a las 800 000 toneladas anuales de acero inoxidable, deben calcularse en el tercer recipiente de reacción y en los mecanismos situados a continuación (grúas portacucharas, cucharas, hornos cuchara, unidades VOD, torretas de carga de la(s) unidad(es) de colada continua, bases de anclaje) solo con 160 t de acero líquido por carga. Esto es posible por la coordinación de los tiempos del ciclo, pero especialmente por las tres etapas del procedimiento y la división de cargas después de la segunda etapa del procedimiento y por la configuración del peso de la fundición en las etapas del procedimiento. Para ello debe tomarse en cuenta, que en un ciclo de 180 minutos se funden y se reducen un total de 57 t de polvo, 24 t de escoria y 65 especialmente 113 t de mineral de Cr, produciéndose un total de 320 t de acero líquido.

ES 2 285 456 T3

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de una fundición metálica aleada a base de hierro, que contiene preferentemente Cr o Cr y Ni, en varias etapas sucesivas y coordinadas entre sí. Dicho procedimiento está **caracterizado** porque

- en una primera etapa del procedimiento, a una fundición base se incorporan portadores de agentes de aleación y se agrega un agente de reducción, escoria recirculada y/o formadores de escoria y un portador de energía, por acción de soplado superior y en la parte inferior del horno, con un agente oxidante, esos agentes portadores de aleación se funden y se reducen en gran medida, produciéndose una primera fundición prealeada,

- en una segunda etapa del procedimiento, se incorporan a la primera fundición prealeada, un portador de agentes de aleación, preferentemente un portador de Cr y, si se requiere, una fundición base, y se agrega un agente de reducción, un formador de escoria y un portador de energía fósil por acción de soplado superior y en la parte inferior del horno con un agente oxidante, el portador de agentes de aleación, preferentemente el portador de Cr, se funde y se reduce, produciéndose una segunda fundición prealeada,

- en una tercera etapa del procedimiento, se agregan agentes de aleación a la segunda fundición prealeada, especialmente ferroaleaciones y, si es el caso, una fundición base, se agregan formadores de escoria y por acción de soplado superior y en la parte inferior del horno con un agente oxidante se realiza un proceso de descarburación y una fundición aleada se regula a la temperatura y el análisis químico predefinidos.

2. Procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado** porque, en una o varias etapas del procedimiento, se agrega chatarra, especialmente chatarra de acero aleada con Cr o Cr y Ni, y si es el caso, otros portadores de metal, en cantidad predeterminada.

3. Procedimiento según la Reivindicación 1 o la 2, **caracterizado** porque, al menos en la primera y segunda etapas del procedimiento, ocurre una postcombustión de $\text{CO} + \text{H}_2$ por soplado superior de oxígeno o de un gas conteniendo oxígeno, preferentemente con aire caliente.

4. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, en la tercera etapa del procedimiento ocurre una postcombustión de $\text{CO} + \text{H}_2$ con oxígeno.

5. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, la segunda fundición prealeada originada en la segunda etapa del procedimiento, se divide en dos cantidades parciales como mínimo, y cada una de estas cantidades parciales a su vez, en una tercera etapa del procedimiento, se completa con una fundición base; **caracterizado** porque se agregan agentes de aleación que contienen Cr o Cr y Ni; **caracterizado** porque se agregan formadores de escoria, y, por acción de soplado superior y soplado en la parte inferior del horno con un agente oxidante, se realiza un proceso de descarburación y se regula una fundición aleada a un análisis químico y temperatura predeterminados.

6. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, el contenido de C de la fundición se incrementa a un contenido máximo de C de 8% en peso en la primera y en la segunda etapas del procedimiento aumentando el contenido de Cr.

7. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, el soplado superior con un agente oxidante en la primera y segunda etapas del procedimiento, se realiza con oxígeno u oxígeno y nitrógeno o aire caliente o aire caliente enriquecido con oxígeno, y en la tercera etapa del procedimiento, con oxígeno o una mezcla de oxígeno y un gas inerte.

8. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, el soplado superior con un agente oxidante en la tercera etapa del procedimiento en la producción de una fundición metálica con alto contenido de Cr o Ni o Mn (ferroaleaciones), se realiza al menos parcialmente con aire caliente.

9. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, el soplado superior en la primera y/o la segunda etapas del procedimiento, se realiza con O_2 pulsante, con O_2 y gas inerte o con aire caliente o con aire caliente enriquecido con O_2 .

10. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, el soplado en la parte inferior del horno en la primera etapa del procedimiento y, si es necesario, en la segunda etapa del procedimiento, comprende las medidas a) a f) siguientes:

a) un soplado en la parte inferior del horno para formar CO, transferencia de calor en la postcombustión, suministro de energía y movimiento del baño, mezcla de la fundición y la escoria, así como en caso necesario, el corte de la chatarra y del portador de metal con

- O_2 o una mezcla de O_2 y un gas inerte, que puede ser N_2 , u

ES 2 285 456 T3

- O₂ y una mezcla de O₂ y un gas inerte en etapas sucesivas o
- una mezcla de oxígeno y vapor de agua o
- una mezcla de oxígeno y CO₂;

b) el agregado de un portador de energía y de un agente de reducción a través de toberas en la parte inferior del horno,

c) la inyección de polvos, como materiales de circulación de fundición, polvos convertidores y de horno de arco, polvos de la producción de ferroaleaciones, cenizas, ferroaleaciones de grano fino o Al,

d) la inyección de polvos conteniendo Fe, Cr y Ni para descontaminación y como portador de agentes de aleación,

e) la inyección de formadores de escoria, como cal, SiO₂, espato flúor, bauxita, arena, en cada caso con oxígeno como gas portador, en tanto el contenido de Cr de la fundición sea menor a aprox. 10% en peso, o con gas inerte,

f) la inyección de al menos una de estas sustancias: mineral de Cr, mineral de Mn, mineral de Ni, óxido de Ni, hidróxido de níquel, polvos, cenizas, calamina, polvos de pulido, arena, residuos contaminados de construcción, desechos domésticos o industriales o residuos de trituración, sustancias residuales, como portadores de agentes de aleación y/o formadores de escoria.

11. Procedimiento según la Reivindicación 10, **caracterizado** porque, la introducción en la fundición de un portador de energía y de un agente de reducción según la característica 10b), fragmentado, se realiza en forma adicional o alternativa, desde arriba.

12. Procedimiento según la Reivindicación 10, **caracterizado** porque, los polvos y otras sustancias de grano fino según las características 10c) y 10d) se fragmentan y se agregan fragmentadas a la fundición o a la escoria.

13. Procedimiento según la Reivindicación 10, **caracterizado** porque la incorporación a la masa de fundición de formadores de escoria según la característica 10e) se realiza alternativamente desde arriba.

14. Procedimiento según la Reivindicación 10, **caracterizado** porque la incorporación de sustancias de aleación a la fundición según la característica 10f) se realiza alternativamente desde arriba.

15. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, el soplado en la parte inferior del horno en la segunda etapa del procedimiento, comprende al menos una de las siguientes medidas:

a) el soplado en la parte inferior del horno para formar CO, la transferencia de calor en la postcombustión, el suministro de energía y el movimiento del baño, y la mezcla de la fundición y la escoria,

- con O₂ o una mezcla de O₂ y un gas inerte, como preferentemente N₂ o
- con O₂ y una mezcla de O₂ y un gas inerte en etapas y relaciones de mezcla sucesivas o
- con una mezcla de O₂ y vapor de agua o
- con una mezcla de O₂ y CO₂;

b) el agregado de un portador de energía líquido o gaseoso y de un agente de reducción líquido o gaseoso a través de las toberas en la parte inferior del horno;

c) el soplado en la parte inferior del horno se realiza como en la primera etapa del procedimiento.

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el soplado en la parte inferior del horno para formar CO, la transferencia de calor en la postcombustión, el movimiento del baño y la descarbonización en la tercera etapa del procedimiento con O₂ y una mezcla de O₂ y un gas inerte, se realiza en forma continua o en etapas sucesivas con relaciones de mezclas variables, si es necesario.

17. Procedimiento según la Reivindicación 16, **caracterizado** porque la relación de mezcla de O₂ y un gas inerte se regula dependiendo del contenido de C de la fundición.

18. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, en la tercera etapa del mismo se incorporan portadores de Ni a la fundición, directamente o mezclados con un agente de reducción, con un gas portador, preferentemente gas inerte, por soplado en la parte inferior del horno, para un contenido de C de la fundición superior a 1,0% en peso.

ES 2 285 456 T3

19. Procedimiento según una de las Reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado** porque el portador de Ni se carga fragmentado sobre el baño de metal.

20. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque en las etapas del mismo durante el proceso de soplado, la temperatura y/o el análisis químico de la fundición se determinan preferentemente mediante una evaluación en línea de las ondas electromagnéticas emitidas por la fundición, las que se llegan a través de una tobera en la parte inferior del horno a un dispositivo de evaluación, y dependiendo de la temperatura y/o del análisis químico, los valores por defecto para el soplado superior y soplado en la parte inferior del horno y para el agregado de agentes de aleación, portadores de energía, agentes de carburación y de descarburación, se determinan en un modelo de proceso.

21. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, en todas las etapas del mismo se inyectan a la fundición a través de toberas en la parte inferior del horno, hidrocarburos, como CH₄, C₃H₈, C₄H₁₀, sus mezclas, aceite diesel, aceite pesado, como protección de las toberas.

22. Procedimiento según la Reivindicación 21, **caracterizado** porque además de los hidrocarburos o en su lugar, se inyecta en la fundición como protección de las toberas, un gas inerte, vapor, CO₂, CO o sus mezclas.

23. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la fundición base se compone de arrabio desfosforado y se incorpora a una temperatura del baño de 1 220 a 1 650°C por lo menos en la primera etapa del procedimiento y presenta la siguiente composición:

2,0 - 4,7% en peso de C,

< 1,0% en peso de Mn,

< 0,025% en peso de P,

< 0,05% en peso de S,

si es el caso con proporciones variables de Cr y Ni, restos de Fe e impurezas resultantes del proceso.

24. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la fundición base se produce por acción de energía eléctrica y, si es el caso, se carbura adicionalmente en la primera o en la segunda etapa del procedimiento.

25. Procedimiento según una de las Reivindicaciones 1 a 23, **caracterizado** porque la fundición base se forma a partir de materiales de desecho de la producción de ferróniquel mediante la reducción de la fundición.

26. Procedimiento según una de las Reivindicaciones 1 a 23, **caracterizado** porque una fundición base se forma proporcionalmente de arrabio desfosforado y hasta 50% de materiales de desecho de la producción de ferróniquel.

27. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la escoria fría o líquida o caliente, con Cr₂O₃ no reducida, derivada de la tercera etapa del procedimiento, se restituye a la primera e incluso a la segunda etapa del procedimiento preferentemente y ahí se reduce con un agente de reducción que contiene C.

28. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque en los últimos minutos del soplado de la segunda etapa del procedimiento, se agrega HCFerCr con 2,0 a 0,0% en peso de Si para reducir y acondicionamiento parcial de la escoria y aleación de la fundición, así como para descarga energética de la tercera etapa del procedimiento.

29. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque en los últimos minutos del soplado de la primera y/o segunda etapas del procedimiento, la basicidad de la escoria (CaO/SiO₂) se reduce desde 2,0 a 2,5 a aprox. 1,4 por adición de portadores de SiO₂, y el análisis de la escoria de los portadores de óxido de hierro y de Al₂O₃ la escoria se ajusta a valores como los exigidos en la industria del cemento para escorias que se utilizan como sustitutos de clinker o aditivos de trituración en la producción de cemento.

30. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque las escorias de la primera y/o la segunda etapas del procedimiento se acondicionan al análisis y temperatura deseados después del vaciado de la fundición metálica.

31. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque a continuación de la tercera etapa del procedimiento, la fundición aleada se somete, preferentemente después del procedimiento VOD, a un tratamiento metalúrgico con cuchara, que comprende uno o varias de las medidas: descarburación fina, aleación fina, desnitrificación, reducción, desulfuración, así como una regulación de temperatura y un tratamiento de lavado de la fundición.

ES 2 285 456 T3

32. Procedimiento según una de las Reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque las cantidades de materiales utilizados incorporados en cada una de las etapas del procedimiento, especialmente mineral de Cr y otros portadores de agentes de aleación que tienen óxido, hidróxidos o que contienen hierro, así como fundición base y si es el caso, chatarra, se determinan de modo tal, que en cada una de las etapas del procedimiento se logren los periodos de sangría, que corresponden a los tiempos del ciclo necesarios para la colada continua subsiguiente de las cargas u otros tiempos del ciclo para el colado de la fundición metálica.

33. Procedimiento según las Reivindicación 32, **caracterizado** porque un modelo de proceso que rige el procedimiento de fabricación de acero, incluye medidas directrices de un proceso de colada subordinado, como la velocidad de colada y el formato de colada, o tiempos del ciclo de la colada de ferroaleaciones, para la determinación de las cantidades de los materiales utilizados incorporados en cada una de las etapas del procedimiento.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

1. Etapa del procedimiento

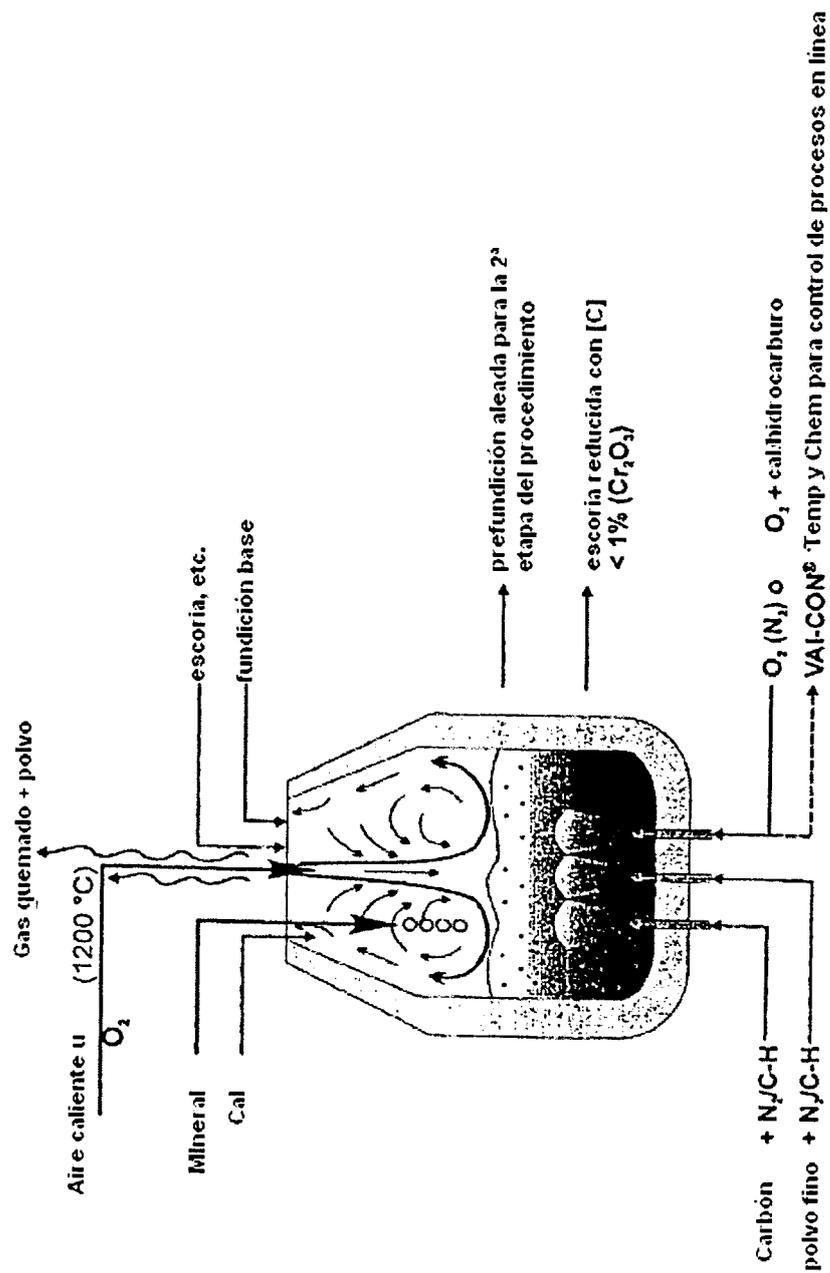


Fig. 1

2ª etapa del procedimiento

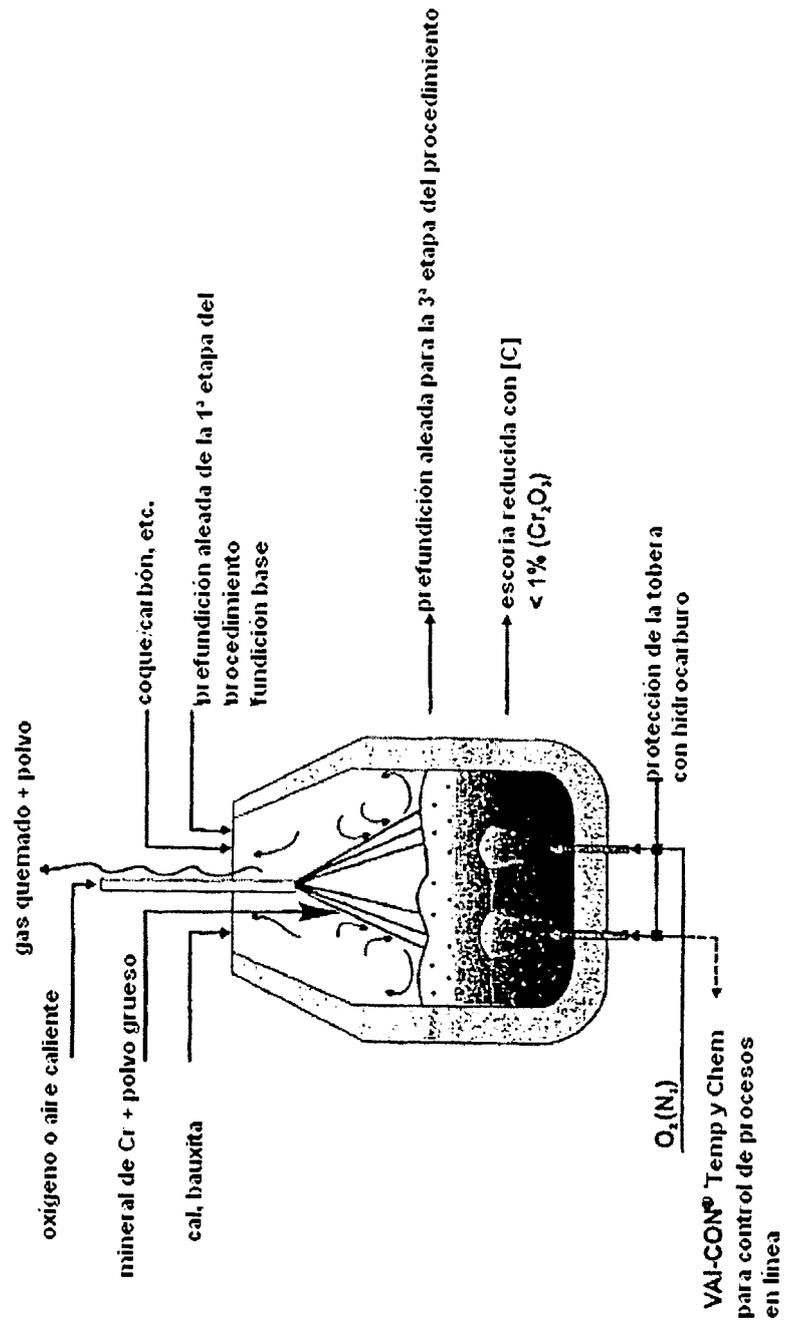


Fig. 2

3ª etapa del procedimiento

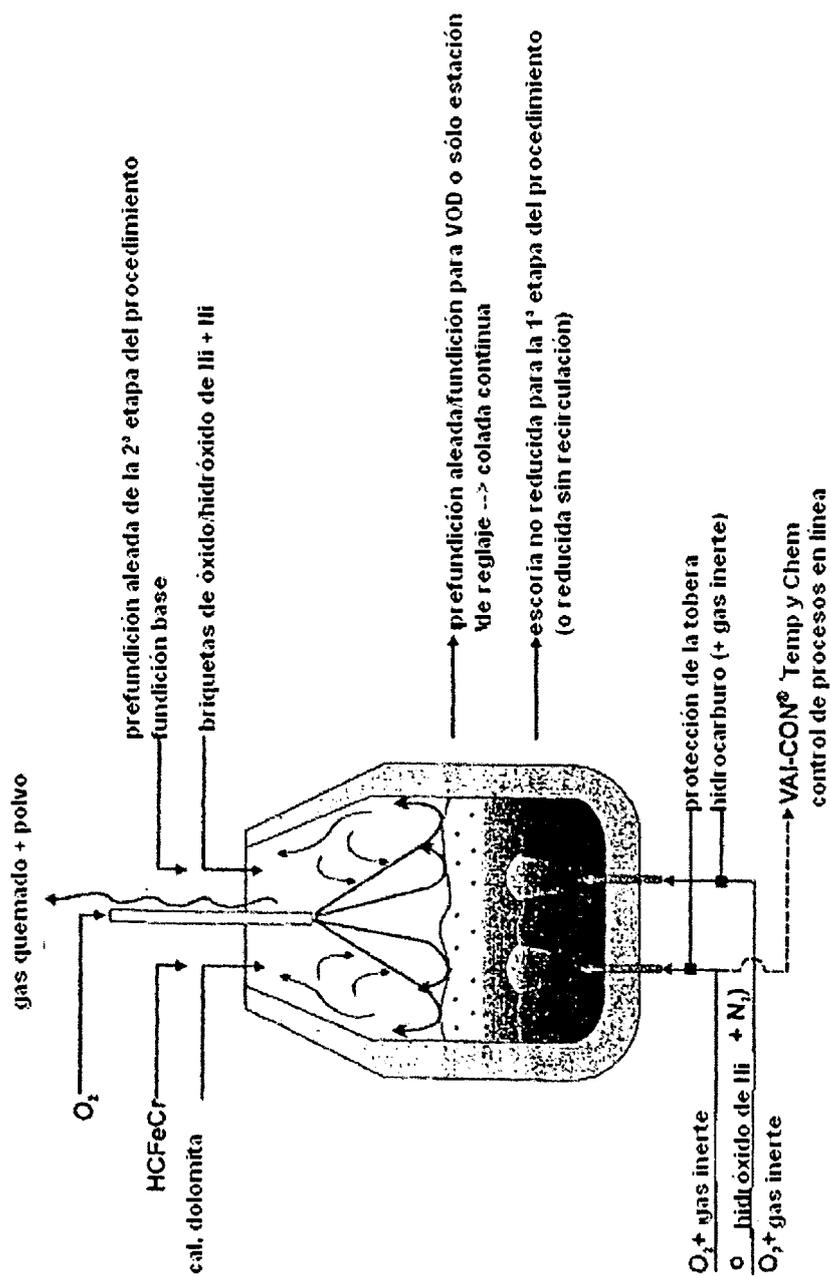


Fig. 3

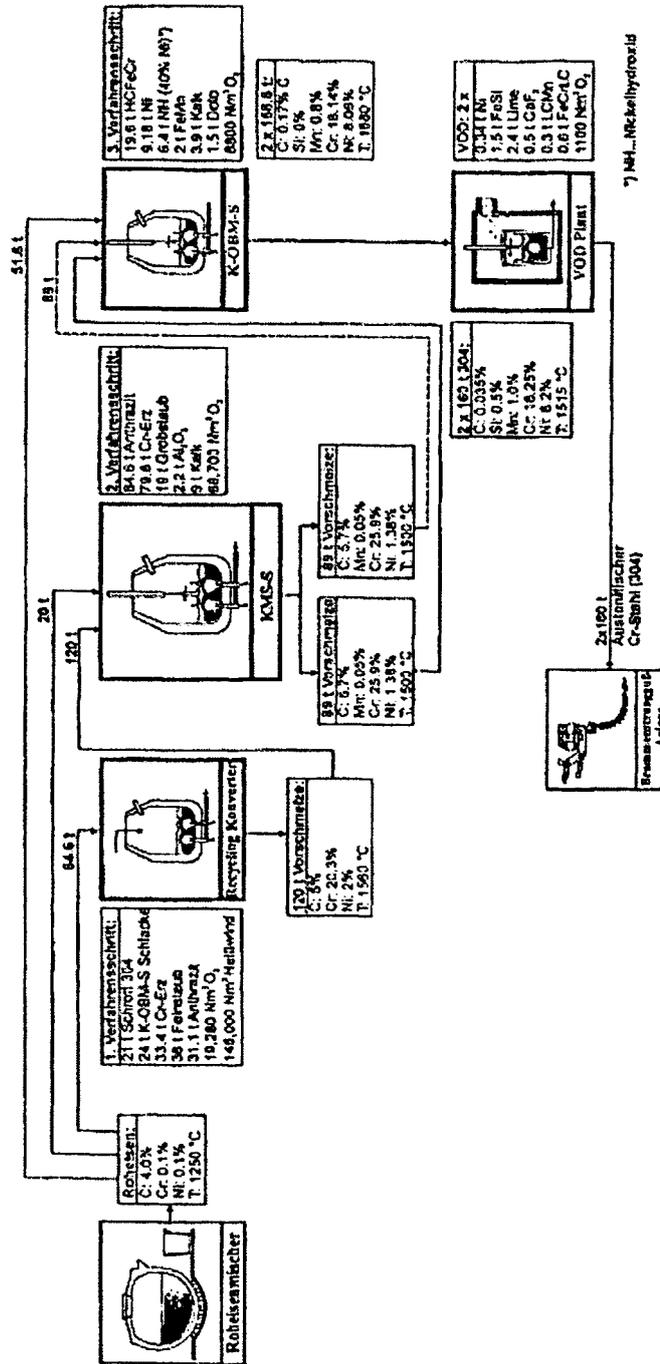


Fig. 4

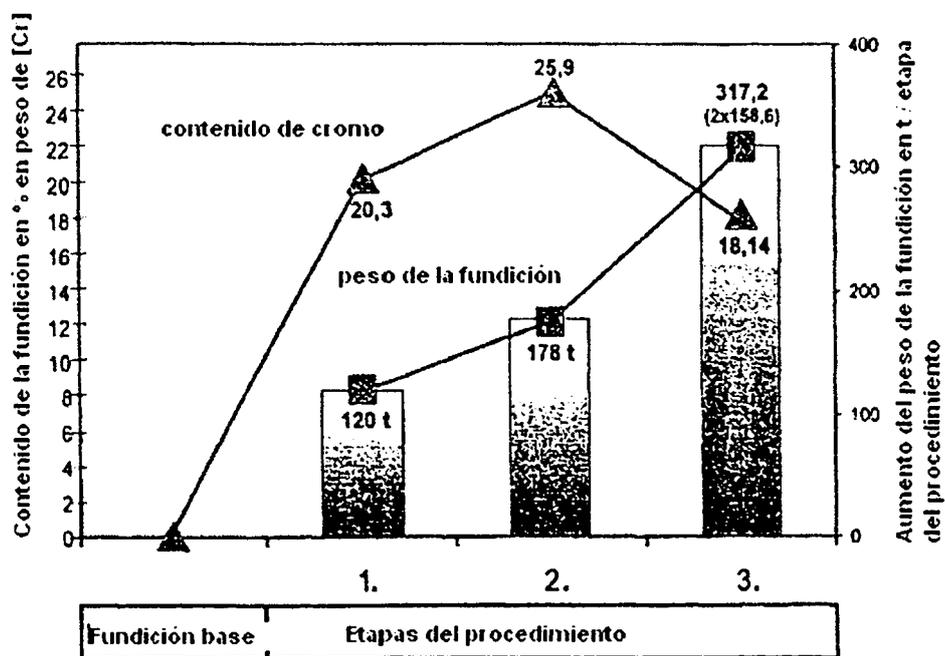


Fig. 5