

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 388**

51 Int. Cl.:

C21B 3/06	(2006.01)
C22B 7/04	(2006.01)
C21B 11/10	(2006.01)
C21B 13/12	(2006.01)
C21C 5/56	(2006.01)
C22B 5/10	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2004 PCT/AT2004/000161**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.11.2004 WO04101828**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2004 E 04731853 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 1627084**

54 Título: **Procedimiento para la utilización de escoria**

30 Prioridad:

16.05.2003 AT 7532003

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

28.05.2020

73 Titular/es:

**PRIMETALS TECHNOLOGIES AUSTRIA GMBH
(100.0%)
Turmstraße 44
4031 Linz, AT**

72 Inventor/es:

**FLEISCHANDERL, ALEXANDER y
GENNARI, UDO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 763 388 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la utilización de escoria

5 La invención se refiere a un procedimiento para la utilización de escorias que se originan en la industria metalúrgica de fundición de hierro, que se acumulan en convertidores de acerías y que contienen partículas de hierro oxidadas con la adición de un agente de reducción y reducción de partículas de hierro oxidadas de la escoria, así como de otros óxidos metálicos presentes de manera opcional, mediante este agente de reducción, así como a una planta para la realización del procedimiento.

10 Los procedimientos para tratar escoria de la industria de fundición de hierro tienen el objetivo de formar escorias compatibles con el ambiente que sean principalmente utilizables de manera económica y que puedan emplearse, por ejemplo, en calidad de materia prima para la preparación de sustitutos de clínker de cemento.

15 Por las publicaciones WO0075385, WO 96/24696 o WO 97/46717, por ejemplo, se conocen procedimientos de este tipo. En tal caso se mezclan escorias líquidas que contienen óxido de hierro como, por ejemplo, escorias de acerías, portadores de óxido de hierro tales como, por ejemplo, minerales ferruginosos, minerales débiles básicos, cascarillas de tren de laminación o polvo de fundición de hierro y cal y la escoria de ferrita formada de esta manera se reduce en un reactor de reducción con la formación de un baño de hierro y una fase de sinterización con la combustión de carbono, o bien se inyecta aire caliente.

20 En este procedimiento conocido es desventajosa la alta cantidad de gas residual y la alta pérdida de polvo que resulta de la inyección de materiales residuales y del carbón desde abajo a través del baño. Además, es desventajoso que la pérdida de calor ocasionada por la operación de reducción endotérmica al reducir las partículas de óxido de hierro de la escoria se compense de manera química mediante aire caliente, más precisamente de manera química por la combustión de carbono. Estas medidas causan altas turbulencias y, por lo tanto, también altas pérdidas de carbono debido al contenido elevado de polvo y a la cantidad elevada de gas residual. El calentamiento químico por combustión de carbono los equilibrios químicos y, por lo tanto, el curso del procedimiento al tratar las escorias. Las altas emisiones de CO₂ que se originan de manera inevitable son una desventaja económica en vista de los impuestos por CO₂ que próximamente se volverán obligatorios y no corresponden a la tendencia hacia procedimientos sostenibles. Además, la utilización de escoria se efectúa en convertidores o reactores de reducción estacionarios de un diseño complejo de modo que se requieren altos costes de inversión.

30 Otra desventaja de los procedimientos conocidos es que la operación es discontinua, es decir que la escoria que va a tratarse se carga, se trata hasta acabar y luego se deja verter o bien se sangra. Esto causa reacciones vigorosas para cada carga de escoria acompañadas de una modificación esencial de las composiciones químicas de las fases que se encuentran en el recipiente de reacción, lo cual causa a su vez una alta carga sobre el revestimiento ignífugo de los recipientes de reacción, es decir del convertidor o de los reactores de reducción estacionarios. Esta carga alta se intensifica adicionalmente por el calor químico antes mencionado.

35 La invención tiene como propósito evitar estas desventajas y dificultades que plantea el objetivo de proporcionar un procedimiento del tipo mencionado al principio y un equipo para la realización del procedimiento, el cual se las arregla con medios simples, es decir que sólo se requieren costes bajos de inversión. Aparte de esto, en lo posible deben impedirse pérdida de polvo y sólo se presentan pequeños trabajos de mantenimiento y reparación; es decir que la composición química de las fases que se encuentran en el recipiente de reactor debe cambiar continuamente y en su totalidad sólo muy poco por la carga de escorias y la inyección de polvos. Otro aspecto esencial es que el consumo de calor que ocurre durante la reducción endotérmica se compensa por un suministro de calor que no causa cambios en el equilibrio químico de modo que el tratamiento de la escoria puede tener lugar sin verse afectado por la introducción de calor, es decir por el suministro de energía. Este tipo de suministro de calor también debe provocar una emisión más baja de CO₂ que la descrita en el estado de la técnica para poder utilizar las ventajas de un ahorro de CO₂ en el caso de un impuesto al CO₂ que se deba pagar en el futuro. La cantidad de gas residual que se reduce en comparación con el estado de la técnica también conduce a una emisión más baja de polvo y, por lo tanto, a una utilización más eficiente de los materiales introducidos.

Este objetivo se logra según la invención gracias a la combinación de las siguientes características:

50 - cargar la escoria en un recipiente reactor, de preferencia en un reactor de cazoleta basculante, sobre un material fundido de hierro residual que contiene carbono disuelto, lenta y continuamente durante un lapso de tiempo prolongado,

- calentar eléctricamente la escoria y el material fundido de hierro, así como el material fundido de hierro que recién se forma durante un lapso de tiempo prolongado,

55 - inyectar un agente de reducción que contiene carbono, gas, de preferencia con gas inerte, durante un lapso de tiempo prolongado por medio de una lanceta en una zona cercana a la interfaz entre la escoria y el material fundido de hierro o directamente en el material fundido de hierro, más precisamente disolviendo el carbono en el material fundido de hierro y mezclando el material fundido de hierro y la escoria,

- disolver el carbono del agente de reducción en un material fundido de hierro y
 - reducir partículas de hierro oxidadas de la escoria con la formación de hierro metálico y CO durante un lapso de tiempo prolongado,
 - formar una escoria espumada gracias al CO resultante durante un lapso de tiempo prolongado,
- 5
- introducir un gas que contiene oxígeno, u oxígeno, en la escoria espumada y realizar una combustión posterior de CO a CO₂ durante un lapso de tiempo prolongado, en cuyo caso la introducción se realiza en la mitad superior, de preferencia en el tercio superior de la altura de la escoria (2').
 - enjuagar en el fondo el recipiente reactor con gas inerte durante un lapso de tiempo prolongado,
 - descargar la escoria tratada y, opcionalmente,

- 10
- descargar a continuación el material fundido de hierro dejando un material fundido de hierro residual que contiene carbono disuelto en el recipiente reactor, en cuyo caso un lapso de tiempo prolongado se refiere al lapso de tiempo esencialmente de una descarga de escoria y opcionalmente de material de hierro fundido hasta la siguiente descarga de escoria.

15

La carga de la escoria líquida resulta del ajuste a los tiempos de carga del convertidor de acería (por ejemplo, convertidores LD o convertidores AOD en el caso de acería inoxidable) y de las cantidades de la escoria líquida producida en tal caso. Las dimensiones del equipo y la velocidad de la carga se ajustan de modo que la o las cantidades de escoria que se produce(n) en el o los convertidores de acerías pueda(n) tratarse en el lapso de tiempo entre las sangrías en el reactor de reducción según la invención. En tal caso, también pueden recogerse las cantidades de escoria de dos o más cargas de convertidor y luego cargarse continuamente en el reactor de reducción.

20

Debido a la introducción de la escoria lenta y continuamente durante un lapso de tiempo prolongado, por unidad de tiempo y con respecto a la cantidad que ya está presente, en el recipiente reactor entran cantidades relativamente bajas de escoria que va a tratarse de modo que se modifique sólo muy poco la composición química de las fases que se encuentran en el recipiente reactor. Por lo tanto, se garantiza una operación llamada "casi-continua", es decir una conversión continua de los materiales empleados incluso si la descarga de la escoria tratada se efectúa siempre discontinuamente a más tardar si se alcanza la capacidad máxima del recipiente reactor.

25

Mediante calentamiento eléctrico de la cantidad continuamente creciente de escoria y del material fundido de hierro residual, así como del material fundido de hierro recién formado durante un lapso de tiempo prolongado igualmente se garantiza una "casi-continuidad". Además, las reacciones químicas no se ven afectadas por la operación de calentamiento. Esto incluye la ventaja de que las reacciones químicas puedan apreciarse y controlarse más fácilmente, lo cual tiene un efecto ventajoso en la calidad de los productos descargados, es decir la escoria tratada y el material fundido de hierro tratado.

30

Otra ventaja esencial resulta de la inyección del agente de reducción, que contiene carbono, directamente en el material fundido de hierro o en una región cercana a la interfaz entre la escoria y el material fundido de hierro, respectivamente, puesto que esto inevitablemente implica la disolución de casi toda la cantidad de carbono inyectada en el material fundido de hierro y, por medio del gas soplado en dirección ascendente, una mezcla de material fundido de hierro y escoria y, por lo tanto, una reducción directa que transcurre de una manera óptima. En este caso, el contacto directo de las gotas de metal que contienen carbono con la escoria que contiene óxido de metal desempeña un papel esencial, más precisamente por la gran superficie de la interfaz que se forma en este caso y se encuentra disponible para la reducción. Se llega a una reducción directa de los óxidos de metal reducibles de la escoria con el carbono disuelto en el material fundido de metal.

35

40

La introducción del agente de reducción con ayuda de una lanceta también es importante, especialmente ya que de esta manera se da una posibilidad óptima de regulación (ajuste de una altura particular) para el procedimiento, más precisamente a diferencia de las toberas de fondo, porque estas soplarían hacia arriba los agentes agregados, por lo cual habría una salida considerable de estos agentes debido al llamado soplado atravesado con el gas inyectado en la corriente de salida y, por lo tanto, habría una gran acumulación de polvo. También, por medio de lancetas se logra tiempo de residencia más largo de los agentes de reducción en el baño de metal y de esta manera una disolución más eficiente del carbono del medio de reducción en el baño de metal.

45

Preferentemente, también pueden introducirse lenta y continuamente materiales residuales, principalmente materiales residuales de fundición tales como residuos de depósito de chatarra, polvos que contienen óxido de hierro y lodos provenientes de procedimientos de purificación de gas, cascarillas, etc., con gas, de preferencia con gas inerte, por medio de una lanceta en una región cercana a la interfaz entre la escoria y el material fundido de hierro, o directamente en el material fundido de hierro y más precisamente mezclando el material fundido de hierro y la escoria, durante un lapso de tiempo prolongado.

50

Esto también se aplica para la introducción de materiales auxiliares como bauxita, ventajosamente materiales auxiliares de la recuperación de bauxita como, por ejemplo, lodo rojo y/o cal pulverizada y/o soportes de silicio,

55

- 5 ventajosamente materiales residuales que contienen Si tales como cenizas volantes, cenizas de caldera o arenas de fundición gastadas que igualmente se inyectan por medio de gas, de preferencia con gas inerte, por medio de una lanceta en una región cercana de la interfaz entre la escoria y el material fundido de hierro, o directamente en el material fundido y más precisamente en cada caso mezclando material fundido de hierro y escoria, lenta y continuamente durante un lapso de tiempo prolongado.
- Para el tratamiento de la escoria puede ser ventajoso si los materiales residuales y/o adyuvantes se inyectan en el recipiente reactor a otra altura distinta del agente reductor, de preferencia por encima de la inyección del agente de reducción, por ejemplo, directamente en la región de la capa límite entre el material fundido de hierro y la escoria espumada que se forma por encima de este.
- 10 Según una forma preferida de realización, la inyección de un agente de reducción que contiene carbono y/o de materiales residuales y/o de adyuvantes se efectúa transversalmente frente a la interfaz del material fundido de hierro que se encuentra en el recipiente reactor y la escoria que se encuentra encima de este.
- En el procedimiento según la invención las etapas procedimentales que deben realizarse durante un lapso de tiempo prolongado esencialmente se realizan desde la descarga de la escoria, así como opcionalmente del material fundido de hierro hasta la siguiente descarga de escoria y, por lo tanto, esencialmente de modo simultáneo.
- 15 Puesto que la cantidad de materiales minerales en los materiales residuales metalúrgicos (de fundiciones) que van a tratarse, especialmente escorias y polvos, es superior a la de los óxidos metálicos reducibles, resulta una producción de escoria tratada en una medida esencialmente superior a la producción de materiales fundidos de hierro tratados, de modo que las escorias se descargan varias veces de manera sucesiva solamente después de que se vierte el material fundido de hierro. Si las etapas procedimentales que van a realizarse durante un lapso de tiempo prolongado se efectúan respectivamente durante el lapso de tiempo entre dos descargas sucesivas de escoria, opcionalmente después de la descarga de material fundido de hierro y a continuación de escoria, entonces los materiales residuales que van a prepararse, es decir ante todo escorias y polvo, se adicionan en las cantidades más bajas posibles por unidad de tiempo que sean compatibles con la logística de la operación de la acería, es decir de la escoria líquida producida y que va a tratarse por unidad de tiempo. Sin embargo, puede ser necesario interrumpir temporalmente la introducción de escoria y/o la inyección de materiales residuales y/o agentes de reducción, por ejemplo, para reemplazar un envase de escoria vacío por uno lleno o para tomar muestras intermedias o para llevar a cabo un ajuste en la composición de escoria incrementando temporalmente la introducción de adyuvantes, etc. Estas interrupciones de la carga y de la inyección, pero también del calentamiento eléctrico, son factibles según la invención independientemente entre sí para que sea posible una adaptación ideal a los requerimientos dentro de un lapso de tiempo entre dos sangrías de escoria.
- 20
25
30
- Para evitar soplar carbono en el gas residual o una combustión de carbono en la zona de oxidación en la región superior de la escoria espumada preferentemente se realiza la inyección de un agente de reducción que contiene carbono solamente hasta que se alcance el límite de saturación de carbono en el material fundido de hierro.
- 35 Para asegurar una combustión posterior eficiente de una parte del CO resultante durante la reducción, que no perjudique el procedimiento de reducción, según la invención se realiza la introducción de un gas que contiene oxígeno, o de oxígeno, en la escoria en la mitad superior, ventajosamente en el tercio más alto de la altura de la escoria.
- Ha demostrado ser ventajoso si la inyección, ante todo de los adyuvantes y/o materiales residuales se efectúa en una región de altura a ambos lados de la interfaz entre la escoria y el material fundido de hierro, la cual se extiende por máximo 25% de la altura total de la escoria o una región de altura igual en el material fundido de hierro, de preferencia máximo 10% de la altura total de la escoria, o bien a manera de imagen especular de esta en el material fundido de hierro.
- 40 Para una conversión particularmente rápida de las sustancias introducidas, estas sustancias se inyectan convenientemente a través de aberturas de descarga laterales de la lanceta en una dirección aproximadamente horizontal o ligeramente oblicua frente a la interfaz plana idealizada.
- 45 El calentamiento eléctrico se efectúa preferentemente por medio de un arco eléctrico y/o calentamiento con resistencia si el quemado de un arco eléctrico no es posible debido a la escoria espumada que se forma.
- La escoria se carga preferiblemente al menos de forma parcial en forma líquida.
- 50 Una característica procedimental particular es que la reducción de los óxidos metálicos se efectúa principalmente mediante una reducción directa con ayuda del carbono disuelto en el material fundido de metal y no se genera CO gaseoso extra por la combustión de carbono con oxígeno, ni se usa.
- Para reducir impuestos difícilmente reducibles como, por ejemplo, MnO, Cr₂O₃, P₂O₅, a valores profundos deseados de manera correspondiente en la escoria tratada, se efectúa un empleo de agentes de reducción más fuertes frente al carbono, tales como aluminio, ferro-silicio, carburo de calcio, etc., de preferencia en la fase final de la reducción antes de descargar la escoria tratada.
- 55

5 Para acondicionar además las propiedades de la escoria tratada, si es necesario después de terminada la adición de agentes de reducción, se efectúa otra adición de sustancias adyuvantes. Esta adición posible según la invención, que puede efectuarse de modo temporalmente independiente y controlado tiene la ventaja, entre otras, de que primero puede efectuarse una reducción más efectiva de óxidos en el caso de una fuerza básica más baja, tales como MnO o P₂O₅, y solamente a continuación se ajusta la composición de escoria a la fuerza básica deseada. El procedimiento según la invención hace posible además la introducción de minerales que contienen óxido de hierro, sales como minerales finos, minerales de cromita, etc., igualmente de manera ventajosa por medio de una lanceta de inyección. Según la invención ha de formarse una escoria espumada con una altura tan grande como sea posible aprovechando la altura del recipiente de reactor de reducción la cual se selecciona grande por esta razón. Por esta razón, de manera ventajosa se mide la altura de la escoria y al exceder la altura máxima permitida y caso de un déficit del valor límite de la altura de escoria se toman medidas correctivas.

De preferencia, después de introducir sustancias residuales y/o sustancias adyuvantes y/o agentes de reducción y antes de descargar la escoria tratada se espera una sedimentación de gotas de metal fuera de la escoria.

15 Para tratar bien el material ignífugo en el recipiente del reactor y para ahorrar suministro de energía de manera conveniente se efectúa el tratamiento de la escoria en el recipiente del reactor a una temperatura más baja que para una granulación de la escoria tratada.

Un procedimiento según la invención puede realizarse en un equipo con las siguientes características:

- un reactor basculante de cazoleta en cuyo espacio interno la altura excede el diámetro más grande y el cual está equipado con
- 20 - toberas de fondo y/o fregaderos de fondo que suministran gas, de preferencia gas inerte,
- al menos una lanceta que suministra oxígeno que puede insertarse desde arriba en el reactor de cazoleta,
- con al menos una lanceta que suministra un agente de reducción que contiene carbono, que puede insertarse desde arriba en el reactor forma de cazoleta,
- y con un dispositivo eléctrico de calentamiento, de preferencia electrodos de arco eléctrico insertables desde arriba.

25 Para poder introducir la escoria que va a tratarse durante un lapso de tiempo prolongado en el recipiente de reacción se prevé un dispositivo lentamente basculante de carga de escoria para escoria líquida, en cuyo caso la velocidad de basculación se ajusta a los tiempos que siguen a la carga de la escoria líquida resultante de los equipos técnicos primarios, ante todo de los convertidores (habitualmente convertidores LD o convertidores AOD en el caso de acerías inoxidable).

30 Para introducir escoria solidificada, ha resultado ser conveniente un dispositivo de carga propio; preferentemente, dicho dispositivo es diseñado como un canalón de vibración o como tolva o como combinación de canalón de vibración/tolva.

El reactor en forma de cazoleta está equipado ventajosamente con al menos una lanceta introducible desde arriba para la inyección de materiales residuales y/o sustancias adyuvantes.

35 Para poder cargar también sustancias de suministro en forma de trozos más grandes, por ejemplo, paquetes de chatarra, etc., el recipiente del reactor está equipado con una abertura que hace esto posible. Esta abertura se encuentra en la etapa del recipiente del reactor que ventajosamente también sirve para mantener una presión negativa para la succión de gases residuales.

40 Según una forma preferida de realización, la lanceta presenta al menos una abertura de salida para el agente de reducción y al menos una abertura de salida dispuesta a un nivel más alto para las sustancias residuales y/o sustancias adyuvantes.

La invención se explica a continuación más detalladamente por medio de un esquema de flujo representado en la figura 1, así como varios ejemplos de realización. La figura 2 ilustra un recipiente reactor en vista lateral; la figura 3 en vista superior. La figura 4 muestra el recipiente reactor en vista seccional durante el empleo.

45 Con 1 se designa un convertidor de acería del cual se vierte por una parte la escoria 2, en el caso representado escoria LD, en una cazoleta de escoria 3 y, por otra parte, se descarga acero 4. De esta cazoleta de escoria 3, la escoria 2 llega a una estación de basculación 6 por medio de una cazoleta de transporte 5; dicha estación de basculación hace posible que la escoria líquida 2 que va a tratarse fluya lenta y continuamente a un reactor forma de cazoleta 7 basculante erguido mediante la basculación de la cazoleta de transporte 5.

50 La carga de la escoria 2 se efectúa preferiblemente en forma líquida para aquellas escorias en las cuales esto es logísticamente posible y práctico. Esto es posible, por ejemplo, en el caso de escoria de convertidor (escoria LD para acero C o bien escoria AOD en el caso de acero inoxidable). La razón para esta forma de carga preferida es la ventaja

energética por el alto contenido de calor de la escoria líquida 2 con una correspondientemente baja demanda de energía para el calentamiento y la reducción de los óxidos metálicos.

5 En el reactor de cazoleta 7 después de la última sangría de la escoria 2 se encuentra contenido además un material sido de hierro residual 25. Este se sangra de modo completo sólo para trabajos de reparación; de otra manera siempre queda al menos un fondo de metal con suficiente altura (normalmente al menos 0,6 m) en el recipiente de reactor 7. Después de cada quinta sangría de escoria normalmente también se efectúa una sangría del baño de metal adicional que resulta entretanto por reducción de los óxidos metálicos para no exceder una altura máxima de baño de metal (normalmente alrededor de 1,25 m) y, por lo tanto, retener suficiente freeboard (borda libre) para la formación de la escoria espumada.

10 Mientras dura el llenado para la escoria líquida 2 se ha efectuado ya una reducción de los óxidos metálicos contenidos (principalmente FeO_x , además también MnO ; en caso de escorias inoxidables también cantidades significativas de Cr_2O_3 y NiO) mediante reacción con el carbono disuelto, contenido en el metal.

15 El reactor basculante 7 de cazoleta presenta una altura 9 que excede el diámetro interno 8 más grande. Está equipado con calentamiento de electrodos 10, así como una o varias lancetas 11 que pueden insertarse desde arriba para la inyección que se efectúa con gas inerte de sustancias de suministro introducidas desde contenedores de almacenamiento 12, tales como agentes de reducción, sustancias adyuvantes y/o sustancias residuales y/o minerales, y con un dispositivo 13 para toma de muestras. En sus extremos inferiores, estas lancetas 11 se proveen preferentemente de aberturas de salida dispuestas lateralmente para las sustancias que van a introducirse. En el fondo del reactor de cazoleta 7 se proveen toberas de enjuague 14 para introducir un gas inerte como el nitrógeno. Además, una lanceta 15 sirve para inyectar oxígeno. Este llega sólo a la parte superior del espacio interno, es decir a la escoria espumada que se forma.

20 Para descargar escoria 16 tratada y material fundido de hierro 17 tratado, el reactor de cazoleta 7 se vuelca y la escoria 16 tratada se vacía a una cazoleta de transporte 18 y luego se lleva a un dispositivo de granulación 19'. Si el material fundido de hierro 17 se descarga, esto se efectúa igualmente volcando el reactor de cazoleta 7 después de descargar la escoria 16; dicho material fundido de hierro 17 se lleva opcionalmente por medio de una cazoleta de transporte 19 a una estación de tratamiento de cazoleta 20 y luego al convertidor 1.

25 Como puede verse de las figuras 2 y 3, los electrodos 10 penetran por el centro de una tapa 21 del reactor de cazoleta 7 la cual sirve para succionar gas residual; por el contrario, la lanceta 15 que suministra oxígeno, además de la abertura 23 provista en la tapa 21 y de la abertura 23 conectada a un ducto de succión 22, está equipada con un quemador 23'.

Un dispositivo transportador representado de manera esquemática en la figura 1 sirve para introducir escoria solidificada, por ejemplo, un canalón de vibración 24 por medio del cual la escoria sólida en trozos también puede introducirse en el reactor de cazoleta 7 durante un lapso de tiempo prolongado, de preferencia durante un lapso de tiempo entre dos operaciones de vaciado.

35 La figura 4 ilustra las operaciones en el interior del reactor de cazoleta 7. Este presenta un material fundido residual 25 de hierro (arrabio), el cual se complementa con material fundido de hierro recién formado. Sobre el material fundido de hierro 25 se encuentra la escoria 2' en estado espumoso. Puede verse que una lanceta 11 llega profundamente al interior del reactor de cazoleta 7 y comprende en su extremo inferior una abertura 28 de salida lateral para la introducción de agentes de reducción 29. Este extremo de la lanceta 11 configurada como una lanceta de puerto dual (Dual-Port) se empuja hacia adelante hasta el material fundido de hierro 25. Encima de esto y más precisamente cerca al nivel de la interfaz 26 entre el material fundido de hierro 25 y la escoria 2', la lanceta 11 tiene otra abertura 30 de salida lateral para la introducción de sustancias adyuvantes y/o sustancias residuales 27 y, en dado caso, minerales. La introducción de escoria sólida 2" se ilustra igualmente en esta figura.

40 La lanceta 15 que suministra oxígeno se proyecta hacia la región superior de la escoria espumada 2' y proporciona una combustión posterior del CO que se forma al reducir la escoria. En esta región de altura se forma una zona de oxidación 32 por encima de una zona de reducción 31.

Para acelerar la reacción se inyecta gas inerte, de preferencia nitrógeno, por medio de toberas de enjuague 14 insertadas en el fondo del reactor de cazoleta 7.

45 Para regular la altura de la escoria espumada se proporciona un dispositivo para medir la altura de la escoria espumada, lo cual puede realizarse por medio de una cámara, láser o ultrasonido.

A continuación, se explica la función de una planta por medio de los ejemplos.

Ejemplo A

55 Las cantidades indicadas de escorias y sustancias residuales son cantidades específicas típicas tal como se obtienen durante la producción de 1 t de acero líquido (liquid steel = LS), acero de carbono tal como, por ejemplo, acero de construcción, según el procedimiento LD.

Igualmente se indican las cantidades necesarias para esto de agente de reducción 29, de sustancias adyuvantes 27 y de energía eléctrica.

Tabla 1: Materiales utilizados

Nombre	Escoria LD	Escoria de cazoleta	Escoria De-S	Polvo LD	Polvo HO	Cascarillas	Cenizas volantes
Componentes	%	%	%	%	%	%	%
Al ₂ O ₃	2,62	18,72	3,59	0,21	1,73	0,56	19,44
C	0,09	0,00	4,30	1,44	27,41	0,00	10,76
CaO	40,35	41,41	12,60	7,47	5,28	0,00	4,28
Cr ₂ O ₃ (Cr)	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,01
Fe	0,49	0,19	59,32	15,15	1,02	1,49	0,48
FeO	15,20	0,00	4,41	25,55	7,72	63,98	0,97
Fe ₂ O ₃	8,38	0,00	0,00	46,68	45,68	25,78	4,60
MgO	6,16	14,75	3,69	0,31	1,42	0,23	3,19
MnO (Mn)	4,67	0,41	0,82	0,93	1,42	1,36	0,10
NiO(Ni)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
SiO ₂ (Si)	17,18	22,59	10,66	0,82	6,80	2,39	51,21
TiO ₂ (Ti)	0,53	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85

5 110 kg/t de LS de escoria líquida LD 2 con la composición indicada en la tabla 1 se funden en una cazoleta de escoria 3 desde el convertidor LD 1. El contenido de dicha cazoleta de escoria 3 se vierte en una cazoleta de transporte 5. A continuación, la cazoleta de transporte 5 se monta sobre una estación de basculación 6 y la escoria líquida 2 se vierte lenta y continuamente sobre un baño de metal de arrabio 25 en un equipo de reducción 7 basculante, similar a un horno de cazoleta.

10 12 kg/t de escoria de horno de cazoleta de LS 2" y 8 kg/t de LS de escoria de desulfuración (De-S) se cargan lenta y continuamente por medio de un canal un de vibración 24 y una tolva en el reactor de cazoleta 7 (composición asimismo en la tabla 1).

15 La energía necesaria (90 kWh/t LS) para el calentamiento de la escoria 2, 2" y la compensación de las pérdidas de calor, pero también para la reducción endotérmica directa de los óxidos metálicos (ante todo óxido de hierro) por medio de carbono disuelto se introduce eléctricamente por medio de tres electrodos 10.

20 La reducción de los óxidos de metal de la escoria introducida 2, 2" se efectúa ya durante el vaciado y el calentamiento simultáneo mediante reducción directa por carbono disuelto en arrabio líquido 25. El carbono consumido se reemplaza por inyección profunda de agente de reducción 29, es decir 4,7 kg/t de LS de polvo de carbón y 2 kg/t de LS de coque, en el baño metálico 25 (análisis: véase tabla 2).

Tabla 2: Agentes de reducción

Nombre	Carbón	Coque
Componentes	%	%
C	83,18	91,66
Al ₂ O ₃	2,83	1,79

Nombre	Carbón	Coque
CaO	0,57	0,26
Fe ₂ O ₃	0,74	0,00
MgO	0,45	0,15
SiO ₂	5,20	2,98
TiO ₂	0,16	0,07

5 En adición al agente de reducción 29, las sustancias residuales 27 que normalmente se acumulan en una operación de acería de C, es decir 17 kg/t de LS de polvo de LD, 15 kg/t de LS de polvo de alto horno y 5 kg/t de LS de cascarilla se inyectan con N₂, por medio de lancetas de inyección 11 (composiciones en la tabla 1). La inyección de estas sustancias residuales que contienen óxido de hierro se efectúa cerca de la capa límite 26 entre el material fundido de hierro 25/escoria 2 para aumentar la superficie de esta capa límite.

Para ajustar la composición última de escoria para un aglutinante hidráulico en calidad de reemplazo de clínker adicionalmente se inyectan 35 kg/t de LS de cenizas voladoras en calidad de proveedor de SiO₂.

Para la inyección neumática y el enjuague del fondo se necesitan 6 Nm³ de N₂/t de LS.

10 La reducción se efectúa a una temperatura de 1420°C. En este intervalo de temperaturas se forma una escoria espumada 2' gracias al CO que se origina durante la reducción. La gran área de contacto de los óxidos metálicos con las gotas de metal dispersadas allí selectivamente da lugar a una reducción directa eficiente el carbono disuelto en las gotas de metal. Para mejorar la balanza de energía y para lograr el valor indicado potencia calorífica eléctrica se efectúa parcialmente una combustión posterior del CO resultante durante la reducción mediante O₂. 4 kg/t de LS de O₂ se inyectan por lancetas de O₂ 15 en el tercio superior de la escoria espumada 2' y oxidan 25% del CO en CO₂. Este grado de combustión posterior relativamente bajo es fácilmente controlable y da lugar a una transferencia de calor eficiente de la energía liberada de esta manera devuelta a la escoria espumada 2' y al material fundido de metal 25. La inyección de O₂ se efectúa de modo que se evite en gran medida un mezclado de dicha zona de oxidación 32 con la zona de reducción 31 en la cual se efectúa la reducción de las partículas de óxido de metal.

20 En el gas residual se encuentra solamente más CO₂, más precisamente 45 kg/t de LS como resultado de la siguiente combustión completa. Éste es un valor muy bajo que puede lograrse solamente mediante la reducción directa preferida y el calentamiento eléctrico y ofrece ventajas correspondientes en vista de los inminentes impuestos por CO₂.

25 A 1 kg/t de LS, el contenido de polvo es muy bajo un debido a la profunda inyección de carbón y debido al efecto del filtro de la escoria espumada 2', lo cual representa una ventaja en términos de la descarga y de la prevención de polvo de filtro.

Después de la conversión de toda la cantidad de escoria LD 2, de la inyección finalizada de las sustancias residuales restantes 27 y del agente de reducción 29 y terminada la reducción, se saca una muestra de escoria y se verifica la coincidencia con el análisis pre-calculado. El análisis objetivo logrado de 125 kg/t de LS producidos de escoria 16 se encuentra contenido en la tabla 3.

30

Tabla 3: Producto de escoria

Componente	%
CaO	45,60
SiO ₂	33,82
Al ₂ O ₃	10,52
MgO	7,24
MnO	1,20
TiO ₂	0,80
FeO	0,20

ES 2 763 388 T3

Fe_met.	0,10
Cr ₂ O ₃	0,20
P ₂ O ₅	0,30
Suma	99,98

5 A continuación, la temperatura se incrementa a 1450°C para obtener, por una parte, la temperatura requerida para la granulación subsiguiente de la escoria tratada 16 y, por otra parte, para promover la deposición de las gotas metálicas dispersadas de la escoria espumada como un resultado de la viscosidad reducida. Para este propósito se observa un tiempo de espera de 5 minutos.

A continuación, la escoria excepto por una cantidad restante se vierte sobre una cazoleta de transporte 18 inclinando el recipiente de reactor 7. El contenido de la cazoleta de transporte 18 se carga a un granulado por cinco 19. La granulación con solidificación rápida y, por lo tanto, de tipo vidrio se efectúa dividiendo el chorro de escoria en gotas finas sobre un disco de rotación y enfriando rápidamente las gotas finas en la corriente de aire.

10 El baño metálico 25 junto con los 54 kg/t de LS de metal obtenidos por la reducción (análisis: véase tabla 4) no se sangra después de cada tratamiento de escoria en el reactor de cazoleta 7, sino que permanece allí hasta que ya no hay suficiente freeboard para la escoria espumada 2'. Este es el caso normalmente después de cinco tratamientos, pero puede variar en caso de necesidad mediante la geometría del reactor de cazoleta 7.

Tabla 4: Producto de metal

Componente	%
Fe	87,11
C	4,00
Mn	6,10
Cr	0,90
Ni	0,01
P	1,44
S	0,04
Suma	99,60

15 A continuación, el reactor de cazoleta 7 se lleva de vuelta a la posición de tratamiento y a su vez se agrega lenta y continuamente la siguiente carga de escoria LD 2. Las etapas procedimentales restantes también se repiten según el esquema indicado anteriormente.

20 Después de los cinco tratamientos también se sangra el baño de metal 25 excepto por un fondo de metal de una altura de al menos 0,6 m y se somete a un tratamiento de De-P. Después, dicho baño de metal sirve para incrementar la cantidad de arrabio disponible en una planta metalúrgica integrada y, por lo tanto, para incrementar la producción, o para ahorrar materias primas, energía y producción de CO₂ en las unidades primarias de la planta de coque y alto horno.

Ejemplo B

25 Las cantidades indicadas de escorias y polvos son cantidades específicas típicas tal como se obtienen durante la producción de 1 tonelada de acero inoxidable líquido.

Las cantidades necesarias para esto de agentes de reducción 29, sustancias adyuvantes 27 y energía eléctrica se calculan y se indican igualmente.

Tabla 1: Materiales utilizados

No mbr e	Escoria inoxidable	Polvo inoxidable	Cenizas volantes

ES 2 763 388 T3

	%	%	%
CaO	46,13	18,59	4,28
SiO ₂	26,92	7,30	51,21
Al ₂ O ₃	6,30	0,00	19,44
MgO	8,00	3,30	3,19
C	0,00	0,00	10,76
Cr ₂ O ₃	4,20	16,44	0,01
Fe	2,52	0,00	0,48
FeO	3,40	0,00	0,97
Fe ₂ O ₃	0,00	40,28	4,60
MnO	1,50	3,60	0,10
NiO	0,22	3,51	0,00
TiO ₂	0,73	0,00	0,85

5 317 kg/t de LS de escoria líquida inoxidable (AOD) 2 con la composición indicada en la tabla 1 se vierte el convertidor AOD 1 a una cazoleta de escoria 3. El contenido de esta cazoleta de escoria 3 se vuelca en una cazoleta de transporte 5. A continuación, la cazoleta de transporte 5 se monta sobre una estación de basculación 6 y la escoria líquida 2 se vierte lenta y continuamente sobre el baño de metal residual 25 que contiene Cr/Ni en una unidad de reducción basculante 7 similar al horno de cazoleta.

10 La energía necesaria (204 kWh/t de LS) para el calentamiento de la escoria 2 y la compensación de pérdidas de calor, pero también para la reducción directa endotérmica de los óxidos metálicos (ante todo óxido de hierro, pero también grandes cantidades de óxido de cromo y óxido de níquel) por medio de carbono disuelto se introduce eléctricamente a través de tres electrodos 10.

15 La reducción de los óxidos metálicos de la escoria 2 introducida se efectúa ya durante el llenado y calentamiento simultáneo mediante reducción directa por el carbono disuelto en el arrabio aleado. El carbono consumido se reemplaza mediante inyección profunda de agente de reducción 29, es decir 6,1 kg/t de LS de polvo de carbón y 2,0 kg/t de LS de coque, en el baño metálico 25 (análisis: véase tabla 2).

Tabla 2: Agente de reducción

Nombre	Carbón	Coque
	%	%
Componentes	%	%
C	83,18	91,66
Al ₂ O ₃	2,83	1,79
CaO	0,57	0,26
Fe ₂ O ₃	0,74	0,00
MgO	0,45	0,15
SiO ₂	5,20	2,98
TiO ₂	0,16	0,07

En adición al agente de reducción 29, las sustancias residuales 27 que normalmente se acumulan en una operación de acería inoxidable, es decir 36 kg/t de LS de polvo inoxidable que contiene altas cantidades de Cr y Ni, se inyectan mediante las lancetas de inyección 11 (la composición igualmente en la tabla 1). La inyección se efectúa cerca de la capa limítrofe 26 entre el baño metálico 25/escoria espumada 2' para agrandar la superficie de esta capa limítrofe 26.

- 5 Para ajustar la composición óptima de escoria para un aglutinante hidráulico como un sustituto de clínker se inyectan adicionalmente 70 kg/t de LS de cenizas volantes en calidad de proveedor de SiO₂. Ventajosamente se usa una ceniza volante que tenga un relativamente alto contenido de carbono.

Para la inyección neumática y el enjuague del fondo se requieren 7 Nm³ de N₂/t de LS.

- 10 La reducción se efectúa primero con carbono a una temperatura de 1430°C. En esta región de la temperatura se forma una escoria espumada 2' debido al CO resultante durante la reducción. La gran área de contacto de los óxidos metálicos con las gotas de metal dispersadas allí selectivamente da lugar a una reducción directa eficiente por el carbono disuelto en las gotas de metal.

- 15 Para mejorar el balance de energía y para lograr el valor indicado de potencia calorífica eléctrica se efectúa parcialmente una combustión posterior del CO resultante durante la reducción mediante O₂. 4,0 kg/t de LS de O₂ se inyectan por medio de lancetas de O₂ 15 en el tercio superior de la escoria espumada 2' y oxida el 25% del CO en CO₂. Este grado relativamente bajo de combustión posterior es fácilmente controlable y da lugar a una transferencia de calor eficiente de la energía liberada de esta manera de vuelta a la escoria espumada 2' y al material fundido de metal 25. La inyección de O₂ se realiza de modo que se impida en gran medida un mezclado de esta zona de oxidación 32 con la zona de reducción 31 en la cual se efectúa la reducción de las partículas de óxido metálico.

- 20 Como resultado de la siguiente combustión completa sólo puede encontrarse CO₂ en el gas residual, más precisamente 44 kg/t de LS. Éste es un valor muy bajo que puede lograrse sólo mediante la reducción directa preferida y el calentamiento eléctrico y ofrece ventajas correspondientes en vista de los inminentes impuestos por CO₂.

Debido a la infección profunda del carbón y debido al efecto del filtro de la escoria espumada 2' el contenido de polvo de 1,2 kg/t de LS es muy bajo, lo cual representa una ventaja al descargar y evitar el polvo de filtro.

- 25 Después de la fase de la carga den escoria inoxidable 2, del polvo inoxidable 27 y de las cenizas volantes y la reducción por medio del carbón disuelto en el baño metálico 25, dicho carbón ha sido reemplazado mediante la inyección de agentes de reducción 29; una muestra de escoria se saca y se verifica la conformidad con el análisis pre-calculado a continuación se adiciona 1 kg/t de LS de Fe75Si en calidad de un agente de reducción más fuerte para reducir los contenidos de óxidos difícilmente reducibles, ante todo de Cr₂O₃, y se observa un tiempo de espera de 5 minutos. El análisis objetivo logrado de 354 kg/t de LS de escoria 16 producidos se encuentra contenido en la tabla 3.
- 30

Tabla 3: Producto de escoria

Componente	%
CaO	44,59
SiO ₂	35,86
Al ₂ O ₃	9,66
MgO	8,24
TiO ₂	0,80
MnO	0,50
FeO	0,20
Fe_met.	0,10
Cr ₂ O ₃	0,02
P ₂ O ₅	0,01
Suma	99,98

A continuación, la temperatura se incrementa a 1460°C para obtener, por una parte, la temperatura requerida para la subsiguiente granulación de la escoria tratada 16 y para promover, por otra parte, la deposición de las gotas metálicas

dispersadas de la escoria espumada 2' como un resultado de la viscosidad reducida. Para este propósito se observa un tiempo de espera de 5 minutos.

5 A continuación, la escoria, excepto por una cantidad remanente, se vierte a una cazoleta de transporte 18 volcando el reactor de cazoleta 7. El contenido de la cazoleta de transporte 18 se carga a granulado seco 19. Se efectúa una granulación que incluye una solidificación rápida y, por lo tanto, similar al vidrio partiendo el chorro de escoria en gotas finas sobre un disco de rotación y enfriando rápidamente las gotas finas en la corriente de aire.

10 El baño de metal 25 que incluye 50 kg/t de LS de metal obtenido por reducción (análisis: véase tabla 4) no se sangra después de cada tratamiento de escoria en el reactor de cazoleta 7, pero permanece allí hasta que ya no haya suficiente freeboard para la escoria espumada 2'. Normalmente este es el caso después de cinco tratamientos, aunque si es necesario puede variar por la geometría del reactor de cazoleta 7.

Tabla 4: Producto de metal

Componente	%
Fe	58,12
C	5,00
Cr	26,20
Mn	6,77
Ni	3,08
P	0,10
S	0,04
Suma	99,31

15 A continuación, el reactor de cazoletas se lleva de vuelta a la posición de tratamiento y la siguiente carga de escoria LD 2 se agrega nuevamente de manera lenta continua. Las etapas procedimentales restantes también se repiten de acuerdo con el esquema antes indicado.

20 Después de los cinco tratamientos también se sangra el baño de metal 25, excepto por un fondo de metal de una altura de al menos 0,6 m y, si es necesario, se somete a un tratamiento de De-P. después de esto, dicho baño de metal sirve para incrementar la cantidad de arrabio disponible en una planta metalúrgica integrada y, por lo tanto, al incrementar la producción o para ahorrar materias primas, energía y producción de CO2 en las unidades primarias de planta de coque y alto horno.

25 Una gran ventaja del procedimiento según la invención es la posibilidad de realizar un ajuste fino selectivo de la escoria que se ha producido mediante inyección de varias sustancias residuales y, si es necesario, también de sustancias adyuvantes. De preferencia, la demanda de diversos materiales iniciales se calcula en un modelo del procedimiento con base en el análisis conocido de los materiales iniciales y las cantidades respectivas se inyectan controlando los parámetros de la planta de inyección. Se realiza una verificación tomando muestras de escoria y de baño de metal.

Por una parte, la temperatura puede determinarse usando una lanceta de temperatura automatizada (termocupla de inmersión). Por otra parte, la temperatura puede controlarse entretanto continuamente por medio de pirómetros.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para utilizar escoria (2, 2'') proveniente de la industria de fundición de hierro, que contiene partículas oxidadas de hierro, que se acumula en convertidores de acerías, con la adición de un agente de reducción (29) y reducción de partículas oxidadas de hierro de la escoria (2, 2''), así como otros óxidos metálicos cualesquiera, opcionalmente presentes, por medio de este agente de reducción (29), caracterizado por la combinación de las siguientes características:
- 5 - cargar la escoria (2, 2'') en un recipiente de reactor (7), de preferencia en un reactor de cazoleta (7) basculante, sobre un material fundido de hierro residual (25) el cual contiene carbono disuelto, de manera lenta y continua durante un lapso de tiempo prolongado,
- 10 - cargar eléctricamente la escoria (2) y el material fundido de hierro residual, así como el material fundido de hierro (17) recién formado durante un lapso de tiempo prolongado,
- inyectar un agente de reducción (29) que contiene carbono con gas, de preferencia con gas inerte, durante un lapso de tiempo prolongado por medio de una lanceta (11) en una región cercana a la interfaz (26) entre la escoria (2) y el material fundido de hierro (25) o directamente en el material fundido de hierro (25), más precisamente disolviendo carbono en el material fundido de hierro (25) y mezclando material fundido de hierro (25) y escoria (2),
- 15 - disolver el carbono del agente de reducción (29) en el material fundido de hierro (25) y
- reducir partículas de hierro oxidadas de la escoria (2) con la formación de hierro metálico y CO durante un lapso de tiempo prolongado,
- formar una escoria espumada (2') por medio del CO resultante durante un lapso de tiempo prolongado,
- 20 - introducir un gas que contiene oxígeno, u oxígeno en la escoria espumada (2') y realizar una combustión posterior de CO en CO₂ durante un lapso de tiempo prolongado, en cuyo caso la introducción se realiza en la mitad superior, de preferencia en el tercio más alto de la altura de la escoria (2'),
- enjuagar el fondo del recipiente de reactor (7) con gas inerte durante un lapso de tiempo prolongado,
- descargar la escoria preparada (16) y opcionalmente
- 25 -descargar a continuación el material fundido de hierro (17) dejando un material fundido de hierro residual (25) que contiene carbono disuelto en el recipiente de reactor (7),
- donde el lapso de tiempo prolongado se refiere al lapso de tiempo esencialmente desde una descarga de escoria y opcionalmente de material fundido de hierro hasta la siguiente descarga de escoria.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por inyectar sustancias residuales (27) principalmente sustancias residuales de fundición de hierro tales como residuos de depósito de chatarra, polvos que contienen óxido de hierro y lodos de procedimientos de purificación de gas, cascarilla, etc., con gas, de preferencia con gas inerte, por medio de una lanceta (11) en una región cercana a la interfaz (26) entre la escoria (2') y el material fundido de hierro (25) o directamente el material fundido de hierro (25), más precisamente mezclando lenta y continuamente el material fundido de hierro (25) y la escoria (2') durante un lapso de tiempo prolongado.
- 30
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por inyectar sustancias adyuvantes (27), como bauxita y/o cal pulverizada y/o soportes de silicio, por medio de gas, preferentemente con gas inerte, por medio de una lanceta (11) en una región cercana a la interfaz (26) entre la escoria (2') y el material fundido de hierro (25) o directamente en el material fundido de hierro (25), y más precisamente en cada caso mezclando lenta y continuamente material fundido de hierro (25) y escoria (2') durante un lapso de tiempo prolongado.
- 35
4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, caracterizado porque las sustancias residuales (27) y/o las sustancias adyuvantes (27) se inyectan a otra altura diferente de la del agente de reducción (29) en el recipiente de reactor (7), de preferencia por encima de la inyección del agente de reducción (29).
- 40
5. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la inyección de un agente de reducción (29) que contiene carbono y/o de sustancias residuales (27) y/o sustancias adyuvantes (27) se efectúa oblicuamente frente a la interfaz (26) del material fundido de hierro (25) que se encuentra en el recipiente del reactor (7) y de la escoria (2') que se encuentra encima de este.
- 45
6. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la inyección de un agente de reducción (29) que contiene carbono se realiza hasta que se logre un máximo del límite de saturación de carbono en el material fundido de hierro (25).
- 50
7. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la inyección de sustancias adyuvantes (27) y/o sustancias residuales (27) se efectúa en una región de altura a ambos lados de la interfaz (26)

entre la escoria y el material fundido de hierro, la cual se extiende por máximo 25% de la altura total de la escoria o en una región de altura igual en el material fundido de hierro (25), de preferencia máximo 10% de la altura total de la escoria (2') o bien a manera de imagen especular de esta en el material fundido de hierro (25).

- 5 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque las sustancias (27, 29) que van a inyectarse se inyectan a través de aberturas de salida laterales (28, 30) de la lanceta (11) en dirección aproximadamente horizontal ligeramente oblicua frente a la interfaz (26) plana idealizada.
9. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el calentamiento eléctrico se efectúa por medio de arco eléctrico y/o calentamiento con resistencia.
- 10 10. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la escoria (2) se carga al menos parcialmente en forma líquida.
11. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la reducción de los óxidos metálicos se efectúa principalmente mediante una reducción directa con ayuda del carbono disuelto en el material fundido de metal.
- 15 12. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por un empleo de un agente de reducción más fuerte en comparación con el carbono, tal como aluminio, ferrosilicio, carburo de calcio, etc., preferentemente en la fase final de la reducción antes de una descarga de la escoria (2') tratada.
13. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque las sustancias adyuvantes (27) se agregan para acondicionamiento de las propiedades de escoria después de terminada la adición de los agentes de reducción (29).
- 20 14. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque adicionalmente se agregan minerales que contienen óxido de hierro tales como minerales finos, minerales de cromita.
15. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque se mide la altura de la escoria (2') y al exceder la altura máxima permitida cuando la altura de la escoria no alcanza un valor límite se toman acciones correctivas.
- 25 16. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque después de introducir sustancias residuales (27) y/o sustancias adyuvantes (27) y/o agentes de reducción (29) y antes de descargar la escoria tratada (2') se espera una sedimentación de gotas de metal fuera de la escoria (2').

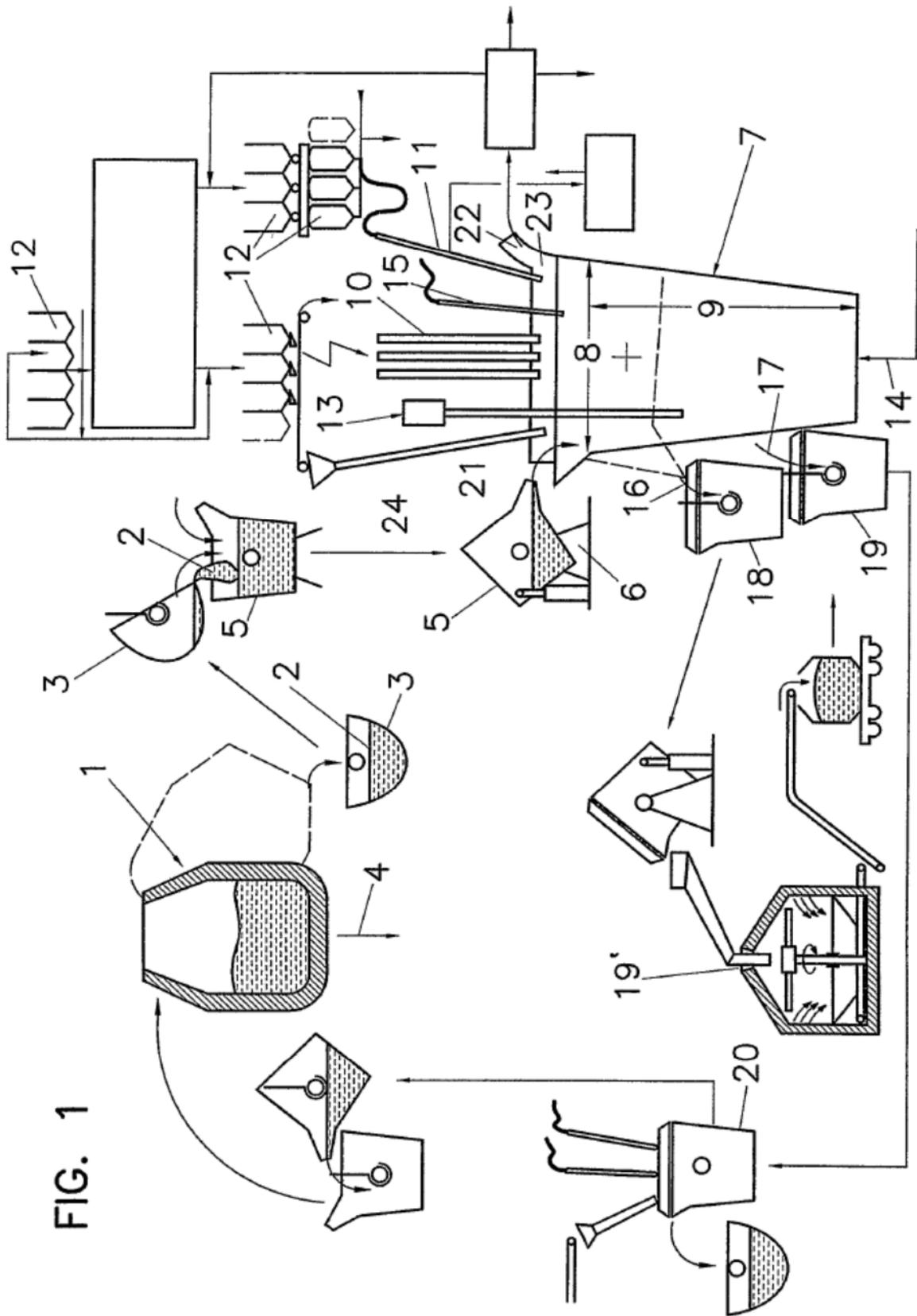
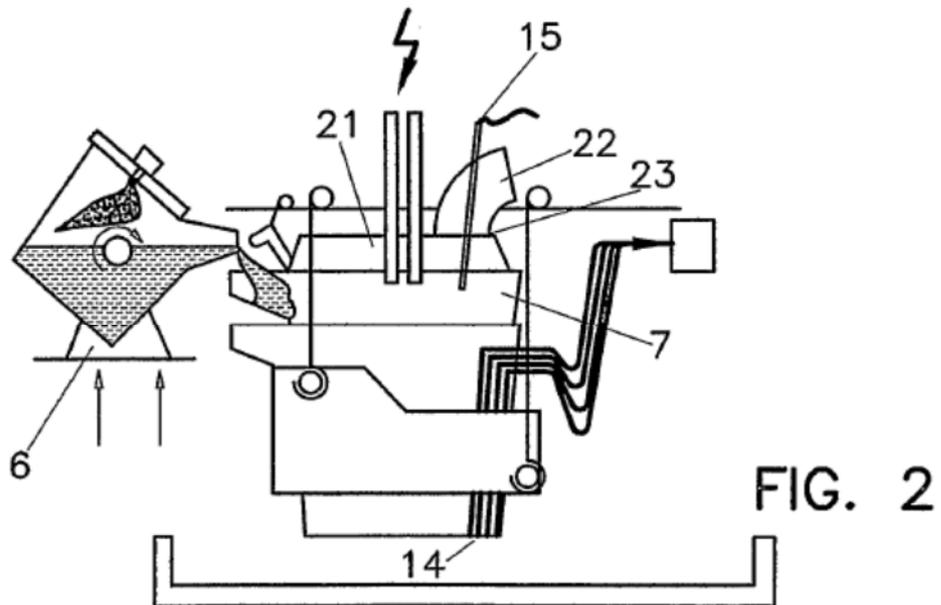
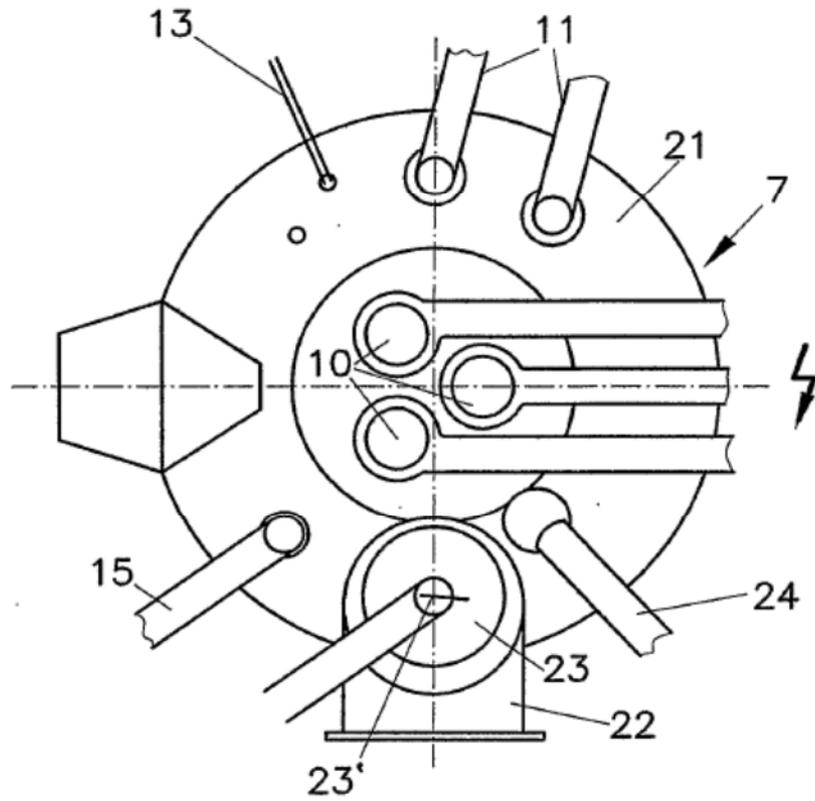


FIG. 3



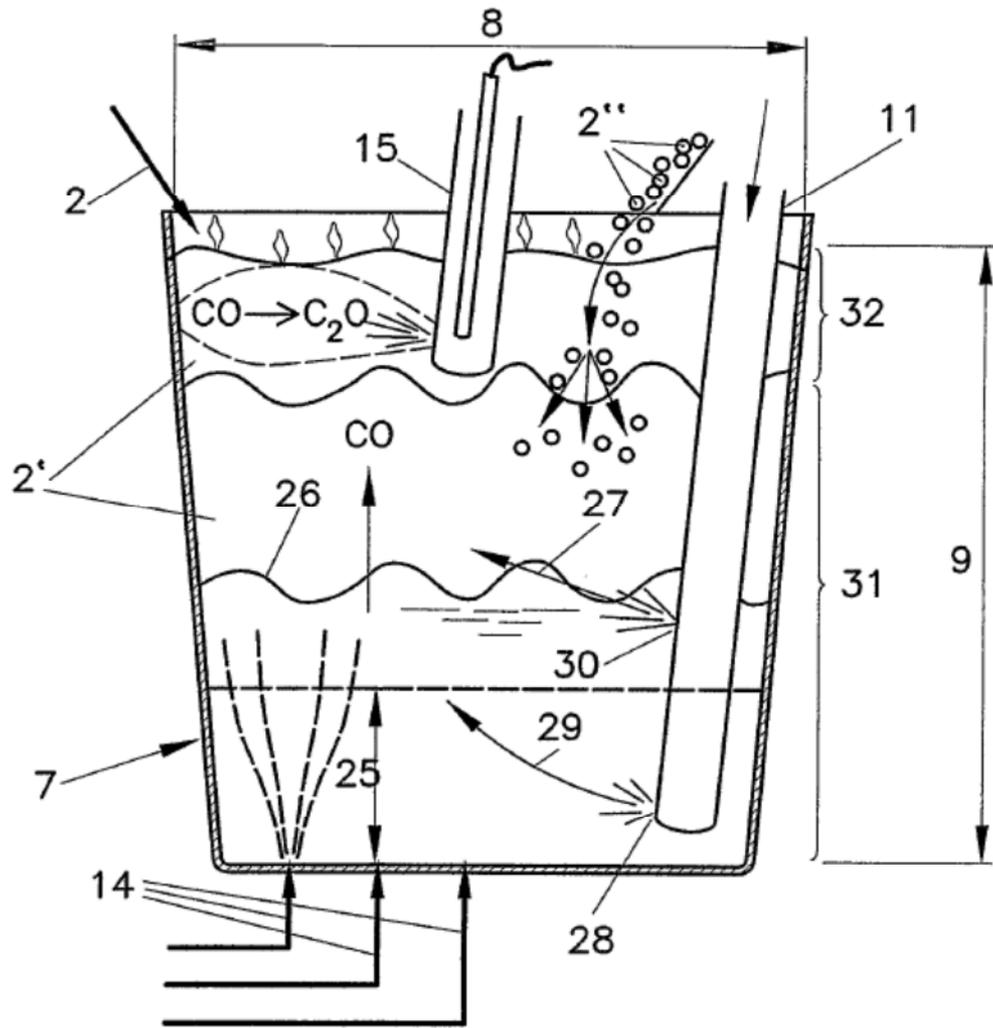


FIG. 4