

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 992 768**

(51) Int. Cl.:

**C21B 3/08**

(2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2021 PCT/IB2021/050915**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **12.08.2021 WO21156789**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2021 E 21709095 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024 EP 4100551**

---

(54) Título: **Proceso y aparato para la granulación de escoria derivada de la producción siderúrgica**

(30) Prioridad:

**07.02.2020 IT 202000002449**

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

**17.12.2024**

(73) Titular/es:

**TENOVA S.P.A. (100.0%)  
Via Monte Rosa, 93  
20149 Milano, IT**

(72) Inventor/es:

**GUZZON, MARTA;  
MALFA, ENRICO;  
BOZZETTI, LUCIO;  
BISSOLI, MATTIA y  
PRAOLINI, FABIO**

(74) Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 992 768 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

Proceso y aparato para la granulación de escoria derivada de la producción siderúrgica

### Campo de la invención

La presente invención se refiere a un proceso para la granulación de escoria derivada de la producción siderúrgica, en particular, un proceso para la granulación en seco de escoria, además de un aparato adecuado para implementar este proceso.

En particular, el proceso y aparato según la presente invención permiten la producción de granulados con diferentes características dependiendo del uso previsto, demostrando, de este modo, ser particularmente versátiles.

### Estado de la técnica

Como es sabido, los procesos siderúrgicos para la producción de hierro y acero fundidos generan cantidades significativas de escoria cuya composición está estrechamente relacionada con las características de las materias primas y los elementos aditivos usados en el proceso.

Dependiendo de si la escoria se deriva de procesos siderúrgicos en altos hornos, en convertidores de oxígeno, en hornos de arco eléctrico, en hornos de refinación de cuchara, etc., la escoria tendrá diferentes características químicas y físicas. La escoria se clasifica, en base a las regulaciones actualmente vigentes tales como el Reglamento (EC) Nº 1907/2006 con relación al registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas (REACH), según estas características químicas y físicas. En algunos casos, algunos tipos de escoria se reconocen como subproductos, no obstante, se consideran mucho más a menudo como que son residuos a ser eliminados y, por lo tanto, representan un problema grave tanto desde el punto de vista medioambiental como desde el punto de vista logístico.

La escoria producida por los hornos de refinación de cuchara (SMS), por ejemplo, después del enfriamiento, sufre una transformación de la red cristalina que conduce a la formación de un material fino y polvoriento, lo que complica enormemente la gestión medioambiental y logística.

Se han propuesto numerosos sistemas y procesos para resolver los problemas mencionados, con el objetivo de simplificar la gestión de escoria de una forma medioambientalmente segura y sostenible desde un punto de vista económico, transformando la escoria en un producto que se puede reutilizar en otros campos de aplicación tales como - por ejemplo - aplicación civil, donde la escoria se puede usar como material inerte en la construcción de superficies de carreteras.

Una de las técnicas usadas es la granulación con agua o granulación en seco.

La granulación en seco, cuando sea posible, es preferible a la de con agua en la medida que evita el consumo de agua y reduce la necesidad de tratamiento.

En la granulación en seco, un ejemplo de la cual se proporciona en los documentos US 4.218.201, JP S61 58845 A y JP 2017 081814 A, un flujo de escoria de alto horno en estado líquido se golpea por un chorro de aire que rompe el flujo de escoria líquida en una multiplicidad de gotas que se solidifican casi instantáneamente. El granulado obtenido de la solidificación de la escoria fundida se recoge posteriormente y luego se transporta fácilmente sin tratamiento adicional.

Este método, no obstante, tiene diversos inconvenientes y, en particular, es cualquier cosa menos versátil, no permitiendo que sea obtenida escoria granulada que tenga características físicas diferentes.

Como, por el contrario, dependiendo de los usos finales de la escoria granulada, las características requeridas son diferentes (cuando la escoria se usa, por ejemplo, como producto inerte en el campo civil, es preferible que la estructura morfológica sea predominantemente amorfa, es decir, vítreo, mientras que en el caso de otros usos, por ejemplo, cuando se usa como aglutinante, el granulado debe tener una estructura predominantemente cristalina, posiblemente después del devastado), se siente la necesidad en el campo de tener una planta flexible, que permita que sea implementado un proceso de granulación flexible para ser capaz de producir granulados con diferentes características dependiendo del uso previsto.

### Compendio de la invención

A la luz de lo anterior, la tarea de la presente invención es proporcionar un proceso de granulación en seco de escoria generada por procesos siderúrgicos que sea particularmente flexible como para ser capaz de obtener granulados con diferentes características físicas, permitiendo que estos granulados sean destinados a diferentes usos finales.

Dentro de esta tarea, el objetivo de la presente invención también es proporcionar un aparato para la granulación en seco de escoria generada por procesos siderúrgicos capaz de implementar este proceso.

Dentro de esta tarea, el objetivo de la presente invención es proporcionar un proceso y un aparato que permitan que sean efectuadas granulaciones en seco controladas, para ser capaz de variar el ritmo de enfriamiento de la escoria y obtener, de este modo, estructuras granulares físicamente diferentes.

5 La tarea antes mencionada, además de los objetivos antes mencionados y otros que parecerán más evidentes más adelante, se logran mediante un proceso de granulación en seco de escoria fundida, en particular, escoria fundida generada por procesos siderúrgicos, según la reivindicación 1 adjunta, y también un aparato para la granulación en seco de escoria fundida, en particular, de escoria fundida generada por procesos siderúrgicos, según la reivindicación 4.

10 Características adicionales de las realizaciones preferidas del proceso de granulación y del aparato de granulación de escoria según de la presente invención descrita en la presente solicitud de patente son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

#### **Lista de figuras**

15 Características y ventajas adicionales llegarán a ser más evidentes a partir de la descripción de algunas realizaciones preferidas, pero no exclusivas, del aparato según la presente invención capaz de implementar el proceso que también es el objeto de la presente invención, ilustrada con propósitos indicativos y no limitantes con la ayuda de los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 muestra esquemáticamente un diagrama que indica la fases sólidas que se pueden obtener según el ritmo de enfriamiento de la escoria (en un plano cartesiano en el que el tiempo se indica en abscisas y la temperatura se indica en ordenadas);

20 - las figuras 2 y 3 indican respectivamente un diagrama de la trayectoria y, por lo tanto, de la permanencia en el aire de las partículas de escoria en un proceso de granulación en seco del tipo conocido y, en la figura 3, la tendencia relativa de las curvas de enfriamiento en el gráfico cartesiano de la figura 1;

- las figuras 4 y 4 bis muestran vistas esquemáticas simplificadas de una primera realización del aparato según la presente invención, respectivamente en un primer (figura 4) y en un segundo (figura 4bis) modo de operación;

25 - las figuras 5 y 5 bis muestran vistas esquemáticas simplificadas de una segunda realización del aparato según la presente invención, respectivamente en un primer (figura 5) y en un segundo (figura 5 bis) modo de operación;

- las figuras 6 y 6 bis muestran vistas esquemáticas simplificadas de una tercera realización del aparato según la presente invención, respectivamente en un primer (figura 6) y en un segundo (figura 6 bis) modo de operación;

30 - las figuras 7 y 7 bis muestran vistas esquemáticas simplificadas del aparato según la presente invención, respectivamente en un primer (figura 7) y en un segundo (figura 7 bis) modo de operación;

- la figura 8 muestra una vista esquemática simplificada de una quinta realización del aparato según la presente invención;

- la figura 9 muestra una vista esquemática simplificada de un aparato según la realización de la figura 8 insertado en una posible planta de tratamiento de escoria;

35 - la figura 10 muestra un diagrama que muestra las fases sólidas (cristalina y amorfa) que se pueden obtener según el ritmo de enfriamiento de la escoria (en un plano cartesiano en el que el tiempo se indica en abscisas y la temperatura se indica en ordenadas);

- la figura 11 ilustra una vista esquemática simplificada de una sexta realización del aparato según la presente invención.

#### **40 Descripción detallada de la invención**

Con referencia particular a las figuras adjuntas, según una primera realización preferida de la presente invención, el aparato 1 para la granulación en seco de la escoria fundida S, en particular escoria fundida generada por procesos siderúrgicos, comprende al menos un recipiente 10 que contiene la escoria fundida en el estado líquido S a ser tratada, medios para generar un flujo de gas 20 para la generación de un flujo 25 de gas (o mezcla de gases, por ejemplo, aire en condiciones ambientales) adecuado para envolver el flujo Q de escoria S cuando ésta se derrama desde dicho recipiente 10 antes de que dicho flujo Q entre en contacto con otras partes del aparato, rompiendo el flujo Q de escoria S en pequeñas gotas y empujando estas gotas de dicho flujo Q de escoria S a lo largo de una trayectoria que tiene al menos un componente a lo largo de la dirección longitudinal L lejos de dichos medios para generar un flujo de aire 20 y desde dicho recipiente 10.

50 Es extremadamente importante en el proceso según la presente invención que el flujo de escoria derramada desde el recipiente se golpee por el chorro de aire cuando aún está en vuelo, antes de que entre en contacto con otras partes o superficies del aparato, tales como conductos, toboganes o, como es conocido que se usa en el tratamiento

de escoria de alto horno y escoria de horno de arco eléctrico (EAF), con rodillos de granulación. De hecho, la granulación por rodillos no se puede usar en el tratamiento de escorias de LF (hornos de cuchara) o metalurgia secundaria, que, por el contrario, es el campo de aplicación de la presente invención. Mientras que la escoria de alto horno y la escoria de horno de arco eléctrico (EAF) están, de hecho, esencialmente libres de partes metálicas líquidas suspendidas, la escoria de LF/metalurgia secundaria que se derrama o se extrae del recipiente o la cuchara muy a menudo se mezcla con una parte nada despreciable de metal líquido (acero líquido), que, cuando cae sobre el rodillo granulador lo daña muy rápidamente, acortando de manera inaceptable, la vida útil del rodillo y haciendo que el proceso sea generalmente inutilizable.

El recipiente 10 puede ser, a modo de ejemplo, una cuchara (es decir, una vasija de carpintería metálica revestida internamente con material refractario) o un caldero (vasija de hierro fundido con o sin refractario interno)

El aparato 1 también comprende medios 30 para recoger y transportar los gránulos de escoria enfriados y medios para desviar y/o detener 40 dicho flujo Q de escoria S con el fin de obtener gránulos de escoria que tienen las características morfológicas deseadas.

El aparato 1 para la granulación en seco de escoria S objeto de la presente invención es adecuado para implementar un proceso de granulación en seco también objeto de la presente invención, que se caracteriza por que comprende al menos un paso que consiste en controlar y modificar el tiempo y/o ritmo de enfriamiento de las gotas/gránulos del flujo Q de escoria S con el fin de obtener gránulos de escoria que tengan las características morfológicas deseadas, con las consiguientes ventajas ilustradas anteriormente.

El paso para controlar y modificar el tiempo y/o el ritmo de enfriamiento de dichas gotas/gránulos de dicho flujo Q de escoria S comprende preferiblemente al menos un paso que consiste en controlar y modificar el tiempo de residencia en vuelo de dichas gotitas/gránulos accionados por dicho chorro de gas 25 que golpea directamente el flujo Q derramado desde dicho recipiente 10, desviando y/o deteniendo su movimiento por medio de medios de desviación y/o detención 40 de dicho flujo Q.

Dichos medios de desviación y/o detención 40 de dicho flujo en gotas/gránulos Q de escoria S están configurados para interceptar dicho flujo Q y causar la precipitación de dichos gránulos de escoria S en dichos medios 30 para recoger y transportar los gránulos de escoria enfriados.

Con el fin de controlar y modificar el tiempo de residencia en vuelo de las gotas/gránulos del flujo Q de escoria S, los medios de deflexión y/o detención del flujo de escoria comprenden al menos una placa o un panel 40 colocado en un punto del componente a lo largo de la dirección longitudinal L de la trayectoria del flujo en gotas/gránulos Q de escoria S empujados por el chorro de gas 25. Dicha placa o panel 40 es móvil a lo largo de dicha dirección longitudinal L para ser capaz de variar el tiempo de residencia en vuelo de los gránulos del flujo en vuelo Q colocando dicha placa o panel 40 en diferentes puntos de la trayectoria de vuelo de dichas gotas/gránulos que, en consecuencia, se precipitarán en el medio de recogida 30 después un periodo de enfriamiento en vuelo que se puede controlar y variar por el operador según donde coloque la placa o panel 40.

Ejemplos no limitantes de los medios de recogida y transporte 30 pueden ser sistemas tales como transportadores de vibración u oscilación, tales como los vibroextractores, o aquellos con placas. Alternativamente, los medios de recogida y transporte 30 pueden consistir, por ejemplo, en un tambor giratorio e inclinado que transporta el granulado por gravedad. En otras soluciones, los medios de recogida y transporte 30, en lugar de ser del tipo continuo como los mencionados, pueden ser de tipo "lote", tal como, por ejemplo, contenedores de recogida que se pueden mover mediante carretillas elevadoras u otros sistemas.

Este tipo de aparato capaz de efectuar la granulación en seco de escoria se muestra en la figura 2, donde se ilustran esquemáticamente las posibles trayectorias A y B, seguidas por las gotas de escoria fundida derramada que se empujan por el flujo de gas 25.

La gráfica de la figura 3 muestra las curvas de enfriamiento  $C_A$  y  $C_B$  respectivamente de las partículas que siguen la trayectoria A y las que siguen la trayectoria B, todas partiendo de la temperatura inicial  $T_0$  que se puede asumir como que es igual o está cerca del valor de extracción de la escoria S del horno (alrededor de 1.500°C - 1.600°C).

Como se puede ver a partir del gráfico de la figura 1, si el ritmo de enfriamiento es suficientemente alto, como en el caso de las curvas  $C_1$  y  $C_2$ , se obtiene la formación completa de una fase amorfa o vítreo, es decir, donde no se puede identificar una red cristalina. Si, por otra parte, el enfriamiento tiene lugar de manera suficientemente lenta, como en el caso de las curvas  $C_3$  y  $C_4$ , la estructura física obtenida para los gránulos sólidos es en gran medida una red cristalina.

Por esta razón, como ya se mencionó, es posible obtener diferentes propiedades de los gránulos de escoria, en particular diferentes propiedades físicas con relación a las diferentes estructuras de los gránulos, controlando el ritmo de enfriamiento de los gránulos en sí mismos, ajustándolo para tener ritmos de enfriamiento bajos si se han de obtener gránulos cristalinos, o ritmos de enfriamiento altos si se desean gránulos vítreos.

De nuevo con referencia al diagrama de la figura 1, considerando el vértice de la curva discontinua que separa la fase amorf a de la fase cristalina, se puede identificar un par de valores de tiempo  $t_N$  y de temperatura  $T_N$ , que se pueden considerar como que discriminan el resultado que se obtendrá a nivel de estructura del gránulo sólido: si la temperatura  $T_N$  se alcanza en un tiempo menor que  $t_N$ , entonces la estructura del sólido será predominantemente amorf a; si por otra parte la temperatura  $T_N$  se alcanza en un tiempo mayor que  $t_N$ , entonces la estructura del sólido será al menos parcialmente cristalina.

Por debajo de este ritmo crítico (que se puede definir como la relación  $(T_s - T_N)/t_N$ , donde  $T_s$  es la temperatura de solidificación de la escoria), ritmos más bajos conducirán a la generación de gránulos sólidos que tienen una mayor parte cristalina con respecto a la parte amorf a (compárese la curva  $C_4$  con respecto a la curva  $C_3$ ).

10 El aparato según la presente invención permite un proceso a ser implementado en donde el ritmo de enfriamiento de la escoria se controla y se puede variar, permitiendo en consecuencia que la estructura física del gránulo sólido obtenido sea controlada.

15 Con este propósito, el aparato 1 según la presente invención se caracteriza por que comprende además medios de desviación y/o detención 40 de dicho flujo en gotas/gránulos Q de escoria S configurados para interceptar dicho flujo Q y causar la precipitación de dichos gránulos de escoria S en dicho sistema de recogida y transporte. 30 para recoger y transportar los gránulos de escoria enfriados.

Dicho aparato, por lo tanto, implementa un proceso, también objeto de la presente invención, en donde el tiempo y/o el ritmo de enfriamiento de dichas gotas/gránulos de dicho flujo Q de escoria S se pueden controlar y modificar con el fin de obtener gránulos de escoria que tengan las características morfológicas deseadas.

20 En este proceso, un flujo Q de escoria S con una temperatura y un caudal controlados se golpea directamente, es decir, durante su derrame desde el recipiente 10, antes de que entre en contacto con otras partes del aparato, mediante un chorro de gas 25 a una velocidad elevada que aplasta el flujo de escoria en pequeñas gotitas.

25 La velocidad del chorro 25 de gas o mezcla de gases, por ejemplo, ventajosamente aire, es normalmente de alrededor de 50-150 m/s, dependiendo del tamaño de los gránulos a ser producidos (cuanto mayor es la velocidad, menores serán los gránulos de escoria producidos),

30 Además, el caudal m ásico de gas (ventajosamente aire) se regula para tener un pulso que sea tal como para interrumpir el flujo de escoria y proyectar las gotas formadas de este modo a lo largo de trayectorias parabólicas lejos del punto de interacción entre el flujo de escoria y el chorro de gas; en particular, la relación entre los caudales del chorro de gas 25 y el flujo de escoria puede oscilar preferiblemente entre 0,5 y 2 (kg/s de gas sobre kg/s de escoria).

Estas gotas se solidifican rápidamente a lo largo de su trayectoria en vuelo, debido al intercambio de calor convectivo y radiativo con el entorno circundante, extremadamente efectivo dada la gran superficie expuesta y la alta diferencia de temperatura, y luego llegan al suelo o a la estructura de recogida, como se representa esquemáticamente en la figura 2.

35 Dependiendo de las condiciones del proceso, las partículas de escoria pueden seguir, por ejemplo, una trayectoria similar a la indicada con A en la figura 2, que corresponde a una curva de enfriamiento tal como la indicada por  $C_A$  en la figura 3: las partículas que viajan a lo largo de esta trayectoria tienen un tiempo de vuelo que es tal que garantizan un enfriamiento rápido y completo del sólido, para mantener casi toda la estructura amorf a en el gránulo formado.

40 En otras condiciones del proceso, por ejemplo con un chorro de aire 25 que tiene una velocidad menor, la trayectoria seguida por las partículas de escoria podría ser la indicada con B en la figura 2, por lo tanto una trayectoria mucho más corta en el aire con respecto al caso A considerado anteriormente: en este caso, la curva de enfriamiento sigue una tendencia diferente, representada por la curva  $C_B$  en la figura 3. Después del enfriamiento en aire sustancialmente similar al del caso A, la partícula de escoria solidificada llega al suelo cuando esta todavía a una temperatura alta.

45 Una vez que llega al suelo, no hay enfriamiento por intercambio de calor convectivo con el entorno circundante; por lo tanto, la temperatura tenderá a disminuir a un ritmo mucho menor que el del gránulo en vuelo. Esta situación se representa por la curva  $C_B$ , que tiene claramente una discontinuidad a partir del instante en que el gránulo ha llegado al suelo o a la estructura de recogida: el gránulo que está viajando a lo largo de una trayectoria tipo B tendrá en consecuencia una estructura principalmente cristalina, debido al bajo ritmo de enfriamiento al que ya está sometido a altas temperaturas (por encima de la temperatura  $T_N$  definida anteriormente).

Volviendo al aparato según la presente invención capaz de implementar el proceso también objeto de la presente invención, éste comprenderá medios 40 para desviar y/o detener el flujo en gotas/gránulos Q de escoria S móviles a lo largo de dicha dirección longitudinal L y bloqueables en una posición deseada.

Los gránulos impulsados por el chorro de gas 25 viajan, por lo tanto, a lo largo de una sección parabólica en el aire, enfriándose rápidamente, hasta que llegan a dichos medios de desviación y/o de detención 40 que interrumpen o en cualquier caso desvían su vuelo; después del impacto contra el elemento 40, los gránulos se precipitan hacia abajo, creando una capa que tiene un cierto espesor sobre el sistema de transporte 30, que los transporta hacia un procesamiento posterior (este espesor está sustancialmente correlacionado con la velocidad del sistema de transporte y con el caudal de los gránulos generados, a su vez correlacionado con el caudal de la escoria derramada desde el recipiente 10).

De nuevo, y con referencia a la realización mostrada en las figuras 4, 4bis, dichos medios de desviación y/o detención 40 de dicho flujo en gotas/gránulos Q de escoria S comprenden ventajosamente al menos una placa o panel 40 que comprende al menos una superficie de impacto 40c configurada para desviar y/o detener el flujo en gotas/gránulos Q de escoria S y causar la precipitación de dichos gránulos de escoria S en un área predeterminada de dichos medios de recogida y transporte 30.

En una realización preferida de la presente invención, mostrada a modo de ejemplo no limitante en las figuras 5, 5bis, dicha al menos una placa o panel 40 se puede girar alrededor de un eje A sustancialmente horizontal para ser capaz de modificar la inclinación de la superficie de impacto 40c de dicha placa o panel 40 con respecto a la dirección vertical y se pueda bloquear en una posición deseada para ser capaz de modificar la trayectoria y el punto de caída de los gránulos de dicho flujo Q desviado de dicha superficie de impacto 40c dentro de un área predeterminada del sistema de recogida y transporte 30.

Según una variante adicional del aparato según la presente invención, ilustrada a modo de ejemplo no limitante en las figuras 6 y 6bis adjuntas, se puede proporcionar una pluralidad de dichos medios de desviación y/o detención 40 de dicho flujo en gotas/gránulos Q de escoria S, colocados a lo largo de dicha dirección longitudinal L, cada uno de los cuales se puede mover, independientemente unos de otros, entre una primera posición no operativa en la que no interceptan el flujo en gotas/gránulos Q de dicha escoria S y una posición operativa en la que interceptan el flujo en gotas/gránulos Q de dicha escoria S.

Por lo tanto, dicha pluralidad de medios de desviación y/o detención 40 de dicho flujo puede comprender ventajosamente al menos dos placas o paneles 40a, 40b, cada una de dichas placas o paneles 40a, 40b que es móvil, independientemente unas de otras, entre una primera posición que no es operativa (por ejemplo el panel derecho 40b en la figura 6 y el panel izquierdo 40a en la figura 6 bis) en la que no intercepta el flujo en gotas/gránulos Q de dicha escoria S, y una posición operativa (por ejemplo el primer panel 40a a la izquierda en la figura 6 y el segundo panel 40b a la derecha en la figura 6 bis) en la que interceptan el flujo en gotas/gránulos Q de dicha escoria S.

En la presente invención, ilustrado a modo de ejemplo no limitante en las figuras 7 y 7 bis adjuntas, el recipiente 10 y los medios 20 para generar un flujo de gas 25 están montados sobre una estructura de soporte 60, dicha estructura que está equipada con medios 61 que le permiten moverse al menos a lo largo de una dirección paralela a la del flujo de gas 25. El recipiente 10 se puede volcar ventajosamente de una manera controlada actuando sobre actuadores 62 del tipo conocido (por ejemplo actuadores hidráulicos u otros tipos de actuadores, motores eléctricos, etc.). En esta realización, los medios de desviación y/o detención 40 consisten en una pared que tiene una superficie de impacto 40c hacia la que se proyecta el flujo Q de gotas/gránulos de dicha escoria S. Después del impacto con la superficie 40c, estos gránulos se precipitan hacia abajo y se recogen en los medios de recogida y transporte 30, representados a modo de ejemplo en este caso por un contenedor de recogida que se puede mover posteriormente. En esta realización, gracias a los medios de movimiento 61, es posible, por lo tanto, variar la distancia entre la estructura de soporte 60 y la pared 40, variando, en consecuencia, el tiempo de vuelo en el aire de las gotas/gránulos de escoria. La pared 40 es fija o móvil; además, puede estar hecha, ventajosamente, de material metálico con una alta resistencia a los golpes y al desgaste, y equipada con sistemas de enfriamiento.

En una variante de realización adicional representada esquemáticamente en la figura 11, el aparato 1 para la granulación en seco de escoria S según la presente invención puede comprender ventajosamente un sistema de recogida y transporte 30 que comprende a su vez un tambor 31 que gira alrededor de su propio eje longitudinal para transportar el granulado, alejándolo del área de granulación de la escoria subyacente a dicha placa o panel 40, esta última que está soportada y se mueve a lo largo de la dirección longitudinal L mediante un elemento de soporte móvil 41 adecuado para trasladarse en el interior de dicho tambor 31 con respecto a este último.

Ahora se describirán aspectos preferidos adicionales del aparato según la presente invención a modo de ejemplo no limitante del aparato y proceso según la presente invención en la medida que la implementación de algunos elementos opcionales adicionales puede ser ventajosa para aumentar la efectividad y eficiencia del proceso implementado por este aparato.

Se hace referencia a la realización de la figura 8, donde se puede observar que el recipiente 10 (por ejemplo, un caldero o una cuchara) que contiene la escoria a ser tratada vierte una primera corriente Q' de escoria S en un recipiente de granulación 150 adicional.

Este recipiente de granulación 150 se puede revestir internamente con material refractario y calentar, para controlar eficazmente la temperatura de la escoria a ser tratada. El recipiente de granulación 150 es a su vez adecuado para la descarga controlada de un segundo flujo Q de escoria S destinado a ser golpeado por el chorro de aire (o gas) 25: se puede configurar, por ejemplo, como una "artesa de colada" (molde de artesa de colada/lingotera) que queda fija

- 5 y está equipada con un conducto ajustable 160 para descargar la escoria, o puede estar compuesto, por ejemplo, por una cuchara revestida de material refractario y equipada con una piquera de colada, montada sobre un sistema de vuelco adecuado para controlar el caudal de la escoria que abandona el recipiente en sí mismo.

En cualquier caso, el recipiente de granulación 150, además de asegurar una temperatura constante y, en consecuencia, una viscosidad constante de la escoria contenida en el mismo, permite sustancialmente que los procesos aguas arriba en los que se genera la escoria (procesos por lotes, de hecho), se desacoplen del proceso de granulación, que en consecuencia se puede operar de una manera casi continua e independiente, con un ahorro considerable en el diseño de la planta de diversos equipos auxiliares. En particular, por lo tanto, es posible transferir rápidamente (en un tiempo del orden de unas pocas decenas de segundos) la escoria S líquida desde el recipiente de transporte 10 al recipiente de granulación 150, para hacer rápidamente que el recipiente de transporte 10 esté de nuevo disponible para pasos de proceso posteriores, y prolongar convenientemente el paso de granulación de la escoria hasta un tiempo máximo sustancialmente igual a aquel con el que se produce cíclicamente la escoria (por ejemplo, el tiempo "grifo a grifo" del horno eléctrico, o el tiempo de vertido desde la cuchara a la máquina de colada continua, o el tiempo del ciclo de vaciado de la escoria del alto horno).

20 De nuevo con referencia al diagrama de la figura 8, el flujo Q de escoria que abandona el recipiente de granulación 150 puede adquirir de manera útil una forma ampliada, por ejemplo en base a la conformación del conducto ajustable 160, o en base a la misma forma del recipiente de granulación 150, si se usa para derramar (por ejemplo a través de un piquera de colada) la escoria directamente por medio de vuelco controlado: en otras palabras, puede ser conveniente generar un flujo Q de escoria con una sección que tenga una dimensión predominante en la dirección transversal y una dimensión menor en la dirección longitudinal. Esta conformación ampliada del flujo de escoria puede favorecer el paso de granulación posterior.

25 Con respecto a los medios para generar un flujo de gas 20 para la insuflación de un flujo de gas 25 (preferiblemente aire), éste puede consistir en uno o más compresores o ventiladores, por ejemplo, del tipo centrífugo, adecuados para generar un chorro de gas o mezcla de gases 25 dirigido hacia el flujo Q de escoria procedente del recipiente de granulación 150.

- 30 El gas puede ser, por ejemplo, aire.

Si el flujo Q tiene la forma ampliada descrita anteriormente, los medios 20 para generar el flujo de gas 25 pueden comprender un aparato para distribuir y dividir el caudal suministrado por dicho uno o más compresores o ventiladores.

35 Ahora con respecto a los medios de recogida y transporte 30, éstos están compuestos preferiblemente por un transportador del tipo vibratorio u oscilante, conocido, por ejemplo, para aplicaciones en el mismo campo para el paso de suministro y carga de los materiales de carga en el horno de arco eléctrico tales como, por ejemplo, chatarra ferrosa (sistema Consteel®).

- 40 Los medios de recogida y transporte 30 posiblemente también pueden ser de otros tipos, por ejemplo, transportadores con placas metálicas, o sistemas de transporte "por lotes" tales como recipientes para la recogida y manipulación de materiales a granel: en general, se pueden usar todos los sistemas que sean adecuados para la manipulación de materiales sólidos a altas temperaturas, de manera indicativa por encima de 400°C.

45 El transportador de vibración u oscilación, consistente en una placa rígida generalmente en forma de "U" o "V", o en general dotado con hombros laterales de contención, ofrece la ventaja de ser fácilmente enfriado, por ejemplo, mediante circulación forzada de agua u otro fluido que va en contra del lado inferior (opuesto a aquel sobre el que fluye el material transportado). Para la aplicación en cuestión, este es un aspecto ventajoso, en la medida que, después de la fase de enfriamiento en aire, los gránulos de escoria solidificada requieren un enfriamiento adicional que se puede facilitar si se proporciona un transportador equipado con un sistema de enfriamiento.

- 50 Volviendo al gráfico de la figura 3, la capacidad de enfriamiento del sistema de recogida y transporte 30 afecta a la pendiente de la sección recta de la curva C<sub>B</sub>: en presencia de un circuito de enfriamiento adecuado, de hecho, la temperatura del granulado tenderá a caer más rápidamente en comparación con el caso en el que el sistema de recogida y transporte 30 no se enfriá. Opcionalmente, se puede recuperar al menos parte de la energía térmica transferida desde los gránulos al transportador y desde el transportador al fluido de enfriamiento.

- 55 Para completar el sistema de recogida y transporte 30, si esto no se produce con un tambor giratorio, como se muestra en el ejemplo de la figura 8, se puede proporcionar un túnel 350 para contener el volumen que se atraviesa por los gránulos de escoria empujados por el chorro de gas 25. El túnel 350 se enfriá preferiblemente con el fin de facilitar el intercambio de calor de los gránulos de escoria por irradiación

También en este caso, opcionalmente es posible recuperar al menos parte de la energía térmica transferida al fluido que enfriá la estructura del túnel 350. Otra ventaja ofrecida por la presencia del túnel 350 es la reducción de niveles de ruido; además permite que el espacio en el que tiene lugar el intercambio de calor de los gránulos sea confinado, tratando también adecuadamente el aire calentado, evitando de este modo el sobrecalentamiento del entorno circundante, creando potenciales problemas de confort ambiental para los operadores.

Con respecto a los medios de deflexión y/o detención 40 de dicho flujo en gotas/gránulos Q de escoria S configurado para interceptar dicho flujo Q y causar la precipitación de los gránulos de escoria S en dicho sistema de recogida y transporte 30 para recoger y transportar los gránulos de escoria enfriados, éstos pueden comprender uno o más elementos adecuados para componer el obstáculo contra el cual los gránulos de escoria empujados por el chorro de gas 25 detienen su curso en el aire y luego caen sobre el transportador 30.

Se han descrito algunas realizaciones preferidas alternativas con referencia a las figuras 4, 4bis, 5, 5bis, 6 y 6 bis, 7 y 7bis.

Además de lo que ya se ha explicado, se debería observar que si está presente el túnel de contención 350, los medios de desviación y/o detención 40 de dicho flujo en gotas/gránulos Q tendrán una forma y un tamaño comparables a la sección libre formada por el túnel 350 y el transportador 30.

Con referencia a la figura 9, elementos adicionales no indispensable para la implementación de la presente invención pero útiles para optimizar su implementación se ilustrarán ahora, de nuevo a modo de ejemplo no limitante de la presente invención: para el tratamiento del aire que pasa a través del túnel 350, se puede proporcionar adecuadamente un sistema de succión y filtrado 600, que se puede dimensionar por el técnico según las características de la planta. Como se muestra en figura 9, la succión del túnel 350 puede tener lugar preferiblemente en varios puntos, en particular tanto aguas arriba como aguas abajo de dichos uno o más medios de desviación y/o parada 40 del flujo en gotas/gránulos Q, en la medida que éstos en realidad constituyen una considerable caída de presión fluidodinámica para el flujo de aire 25 que está pasando a través del túnel 350.

En algunos casos, dependiendo del tamaño y de las restricciones de la planta, puede ser necesario proporcionar un tercer paso de enfriamiento (después del primero que consiste en la trayectoria de vuelo en el aire y el segundo que consiste en enfriar el granulado recogido por el sistema de transporte 30), para llevar el granulado desde la temperatura de salida del túnel 350 hasta una temperatura adecuada para los pasos posteriores: el tercer paso de enfriamiento se puede llevar a cabo de una manera conocida en un aparato de enfriamiento especial 700 que puede consistir en un sistema de tambor giratorio o con un lecho fluidizado, o por medio de chorros de aire u otros sistemas conocidos por los expertos en la técnica para enfriar materiales sólidos de pequeño tamaño a temperaturas medias. De esta forma, la temperatura de la partícula única de escoria puede seguir una tendencia similar a la mostrada en la figura 10: en el primer paso S1 el enfriamiento es rápido y tiene lugar en aire; posteriormente, cuando la partícula solidificada llega al transportador 30, el enfriamiento se ralentiza como se representa por la sección S2; finalmente, la partícula se somete a un enfriamiento final más rápido, como se representa mediante la sección S3.

Este modo de enfriamiento de los gránulos que abandonan el transportador 30 puede ser necesario en particular cuando se ha de obtener una estructura predominantemente cristalina de los gránulos: en este caso, será necesario tener una sección de enfriamiento corta en aire S1, seguida por un paso de enfriamiento lento S2 que se prolongue adecuadamente (con el fin de permitir el desarrollo adecuado de la fase cristalina), al final del cual los gránulos de escoria todavía pueden estar a temperatura media-alta y, por lo tanto, sería útil un tercer paso de enfriamiento S3 en el aparato 700 apropiado.

Finalmente, el último paso útil para aumentar la eficiencia del proceso y aparato objeto de la presente invención, llegando a la producción de un granulado de escoria pura, consiste en un paso de eliminación de hierro, es decir, la eliminación de los gránulos que contienen elementos ferrosos. Este paso se puede llevar a cabo con una planta de eliminación de hierro 800 conocida adecuada, por ejemplo, con el método magnético. De esta forma, se pueden separar los gránulos 820 de escoria libres de piezas ferrosas, que se pueden almacenar y luego reciclar en los usos finales (por ejemplo: áridos para aplicaciones civiles, etc.), de los gránulos 810 que contienen hierro en diversas formas (metálico, óxidos diversos...), que se reciclarán dentro de la misma planta, por ejemplo, reintroduciéndolos en el horno de arco eléctrico.

De este modo, a partir de la descripción proporcionada hasta ahora se ha mostrado cómo el proceso y el aparato para la granulación en seco de escoria según la presente invención logran la tarea y los objetivos propuestos.

En particular, las ventajas que se pueden obtener del proceso de granulación en seco son evidentes, como también el aparato de granulación en seco objeto de la presente invención, en términos de control de las características físicas del granulado obtenido según los usos previstos.

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso de granulación en seco de escoria fundida (S), en particular escoria fundida generada por procesos siderúrgicos, que comprende al menos los siguientes pasos:

- preparar un recipiente (10) que contiene la escoria fundida en estado líquido (S) a ser tratada;

5 - volcar dicho recipiente (10) para derramar la escoria (S) contenida en el mismo con un flujo preestablecido (Q);

- mientras que el flujo (Q) de escoria (S) se derrama desde dicho recipiente (10) y antes de que entre en contacto con otra parte del aparato, golpeando el flujo de escoria derramada por medio de un chorro (25) de gas generado por unos medios de generación de flujo de gas (20), para romper el flujo (Q) de escoria derramada (S) en pequeñas gotas antes de que dicho flujo (Q) de escoria (S) entre en contacto con otras partes o superficies del aparato, y empujar dichas gotas de dicho flujo (Q) de escoria (S) según una trayectoria que tiene al menos un componente a lo largo de la dirección longitudinal (L) lejos de dichos medios de generación de flujo de gas (20) y de dicho recipiente (10) causando el enfriamiento de dichas gotas durante su vuelo y la solidificación gradual del mismo en gránulos mientras que están en vuelo;

15 - recoger los gránulos de escoria enfriados en un sistema de recogida y transporte (30) que comprende además al menos un paso que consiste en controlar y modificar el tiempo y/o ritmo de enfriamiento de dichas gotas/gránulos de dicho flujo (Q) de escoria (S) con el fin de obtener gránulos de escoria que tienen las características morfológicas deseadas modificando el tiempo de residencia en vuelo de dichas gotas/gránulos de dicho flujo (Q) de escoria (S) empujadas por dicho chorro de aire (25);

20 dicho paso para controlar y modificar el tiempo de residencia en vuelo de dichas gotas/gránulos de dicho flujo (Q) de escoria (S) comprende al menos un paso que consiste en desviar y/o detener el movimiento de dichas gotas/gránulos de dicho flujo (Q) de escoria (S) empujadas por dicho chorro de aire (25) por medio de medios de desviación y/o detención (40) de dicho flujo en gotas/gránulos (Q) dichos medios de desviación para desviar y/o detener (40) dicho flujo en gotas/gránulos (Q) de escoria (S) están configurados para interceptar dicho flujo (Q) y causar la precipitación de dichos gránulos de escoria (S) en un área predeterminada de dicho sistema de recogida (30) para la recogida y transporte de los gránulos de escoria enfriados, caracterizado por que dichos medios de desviación para desviar y/o detener (40) dicho flujo en gotas/gránulos (Q) comprenden al menos una placa o panel (40) colocado en un punto de dicho componente a lo largo de la dirección longitudinal (L) de dicho flujo en gotas/gránulos (Q) de escoria (S), siendo dicha al menos una placa o panel (40) móvil a lo largo de dicha dirección longitudinal (L) o siendo dicho recipiente (10) y los medios de generación de flujo de gas (20) montados sobre una estructura de soporte (60) móvil al menos a lo largo de una dirección paralela a la del flujo de gas (25), dicha placa o panel (40) es fijo o también móvil.

25 2. El proceso de granulación de escoria en seco según la reivindicación 1, caracterizado por que dicha placa o panel (40) se puede mover a lo largo de dicho componente a lo largo de la dirección longitudinal (L) y se puede colocar en diferentes puntos de la trayectoria de vuelo de dichas gotas/gránulos de dicha escoria (S).

30 35 3. El proceso de granulación de escoria en seco según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho recipiente (10) que contiene la escoria fundida en estado líquido (S) a ser tratada y dichos medios de generación de flujo de gas (20) están montados sobre una estructura de soporte (60), dicha estructura que está equipada con medios (61) que le permiten ser movida al menos a lo largo una dirección paralela a la del flujo de gas (25) para variar la distancia entre la estructura de soporte (60) y dichos medios de flexión para desviar y/o detener (40) dicho flujo en gotas/gránulos (Q).

40 45 4. Un aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S), en particular escoria fundida generada por procesos siderúrgicos, dicho aparato que comprende al menos un recipiente (10) que contiene la escoria fundida en estado líquido (S) a ser tratada, medios de generación de flujo de gas (20) para generar un flujo de gas (25) adecuado para envolver el flujo (Q) de escoria (S) derramada desde dicho recipiente (10) mientras que se derrama dicho flujo (Q) y antes de que entre en contacto con otras partes o superficies del aparato, rompiendo el flujo (Q) de escoria (S) en gotas que tienen pequeñas dimensiones y empujando estas gotas de dicho flujo (Q) de escoria (S) según una trayectoria que tiene al menos un componente a lo largo de la dirección longitudinal (L) lejos de dichos medios de generación de flujo de gas (20) y desde dicho recipiente (10), dicho aparato que comprende además medios para recoger y transportar (30) los gránulos de escoria enfriados, y medios para desviar y/o detener (40) dicho flujo en gotas/gránulos (Q) de escoria (S) configurados para interceptar dicho flujo (Q) y causar la precipitación de dichos gránulos de escoria (S) en dicho sistema de recogida y transporte (30) para recoger y transportar los gránulos de escoria enfriados, dichos medios de desviación y/o detención comprenden al menos una placa o un panel (40) colocado en un punto del componente a lo largo de la dirección longitudinal (L) de la trayectoria del flujo en gotas/gránulos (Q) de la escoria (S) empujada por el chorro de gas (25) caracterizado por que dicha al menos una placa o un panel (40) es móvil a lo largo de dicha dirección longitudinal (L) y se puede bloquear en una posición deseada o dicho recipiente (10) que contiene la escoria fundida en estado líquido (S) a ser tratada y dichos medios de generación de flujo de gas (20) están montados sobre una estructura de soporte (60), dicha estructura que está equipada con medios (61) que le permiten que se mueva al menos a lo largo de una dirección paralela a la del flujo

de gas (25) para variar la distancia entre la estructura de soporte (60) y dichos medios de desviación para desviar y/o detener (40) dicho flujo en gotas/gránulos (Q), dicha placa o panel (40) es fijo o también móvil.

5. El aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S) según la reivindicación anterior, caracterizado por que dichos medios para desviar y/o detener (40) dicho flujo en gotas/gránulos (Q) de escoria (S) comprenden al menos una placa o panel (40) que comprende al menos una superficie de impacto (40c) configurada para desviar y/o detener dicho flujo en gotas/gránulos (Q) de escoria (S).

6. El aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S) según la reivindicación anterior, caracterizado por que dicha al menos una placa o panel (40) se puede girar alrededor de un eje sustancialmente horizontal (A) para ser capaz de modificar la inclinación de la superficie de impacto (40c) de dicha placa o panel (40) con respecto a la dirección vertical y se puede bloquear en una posición deseada para ser capaz de modificar la trayectoria y el punto de caída de los gránulos de dicho flujo (Q) desviados por dicha superficie de impacto (40c) dentro del sistema de recogida y transporte (30).

7. El aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S) según una o más de las reivindicaciones 4-6, caracterizado por que comprende una pluralidad de dichos medios para desviar y/o detener (40) dicho flujo en gotas/gránulos (Q) de escoria (S) colocados a lo largo de dicha dirección longitudinal (L), cada uno de los cuales es móvil, independientemente unos de otros, entre una primera posición no operativa en la que no interceptan el flujo en gotas/gránulos (Q) de dicha escoria (S) y una posición operativa en la que interceptan el flujo en gotas/gránulos (Q) de dicha escoria (S).

8. El aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S) según la reivindicación anterior, caracterizado por que dicha pluralidad de medios para desviar y/o detener (40) dicho flujo en gotas/gránulos (Q) de escoria (S) comprende al menos dos placas o paneles (40a, 40b), cada una de dichas placas o paneles (40a, 40b) que es móvil, independientemente unas de otras, entre una primera posición no operativa en la que no interceptan el flujo en gotas/gránulos (Q) de dicha escoria (S), y una posición operativa en la que interceptan el flujo en gotas/gránulos (Q) de dicha escoria (S).

25. 9. El aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S) según una o más de las reivindicaciones 4-8 anteriores, caracterizado por que dicho sistema de recogida y transporte (30) comprende un tambor (31) que gira alrededor de su eje longitudinal para transportar el granulado lejos del área de granulación de la escoria subyacente a dicha placa o panel (40), este último que está soportado y se mueve a lo largo de la dirección longitudinal (L) por un elemento de soporte móvil (41) adecuado para trasladarse en el interior de dicho tambor (31) relativamente a este último.

30. 10. El aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S) según una o más de las reivindicaciones 4-9 anteriores, caracterizado por que dicho sistema de recogida y transporte (30) comprende un túnel (350) para contener el volumen que se atraviesa por el flujo en gotas/gránulos (Q) de dicha escoria (S) empujadas por dicho chorro (25) de aire generado por dichos medios para generar un flujo de aire (20).

35. 11. El aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S) según la reivindicación anterior, caracterizado por que dicho sistema de recogida y transporte (30) comprende un transportador.

12. El aparato (1) para la granulación en seco de escoria fundida (S) según la reivindicación anterior, caracterizado por que dicho transportador (30) y/o dicho túnel (350) están enfriados.

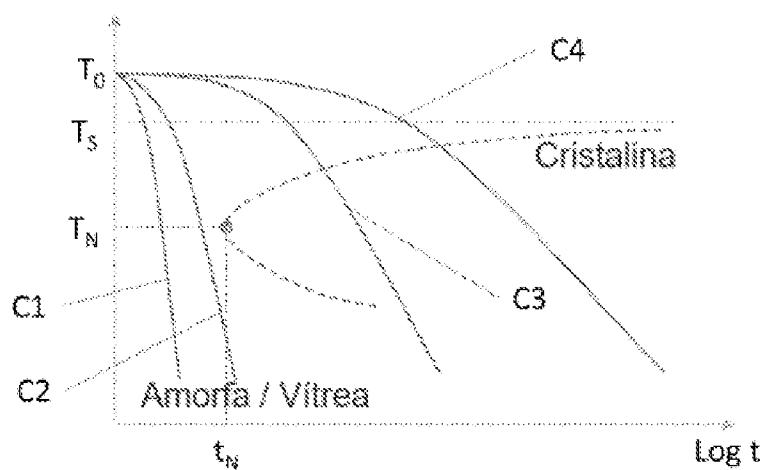


Fig. 1

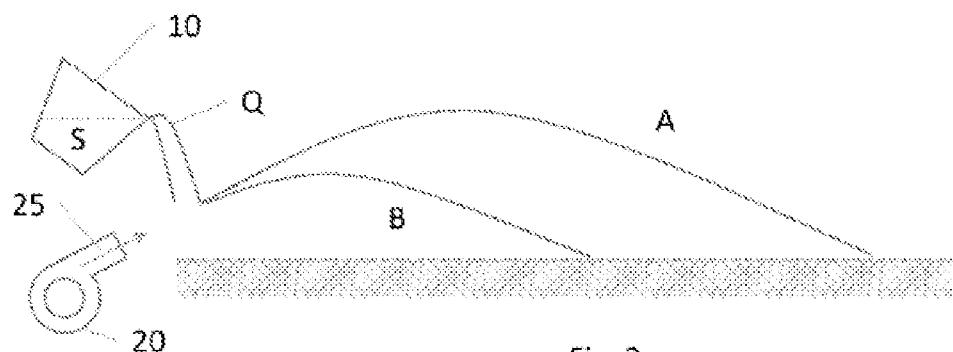


Fig. 2

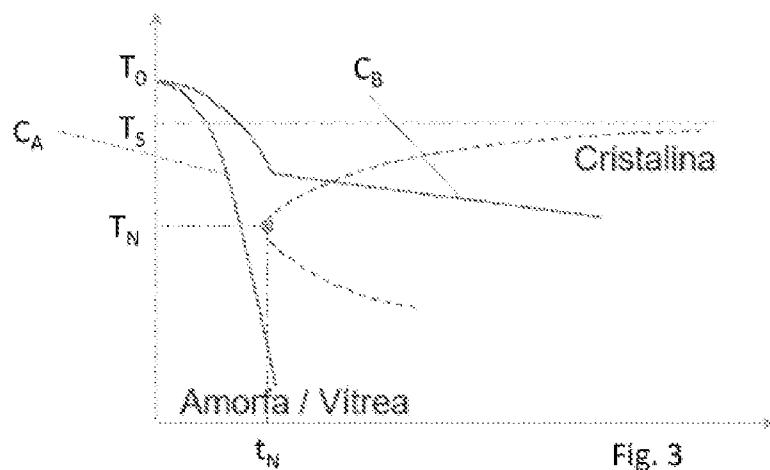


Fig. 3

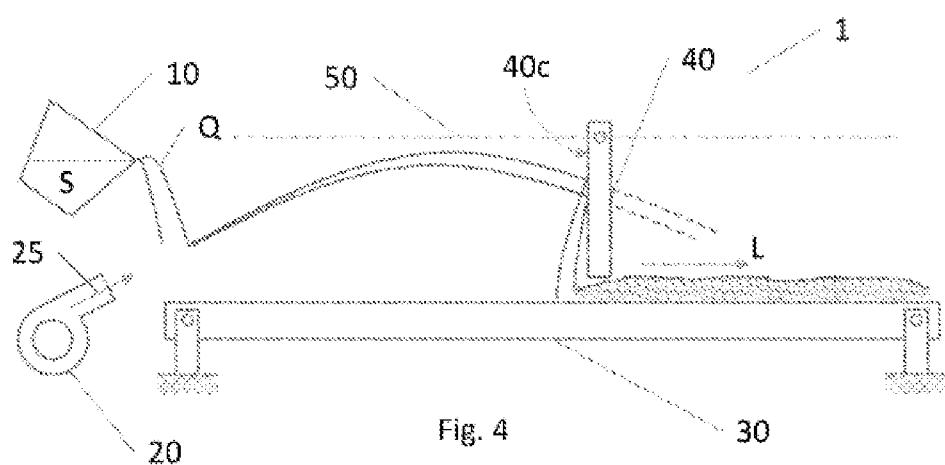


Fig. 4

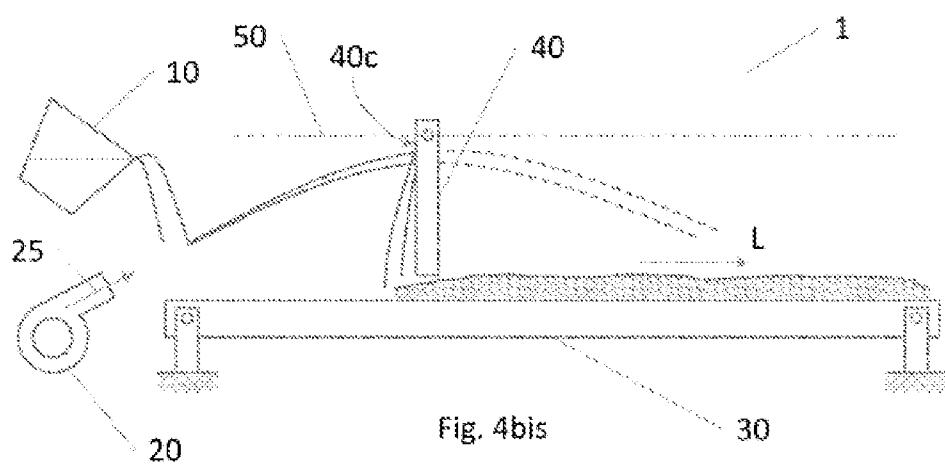


Fig. 4bis

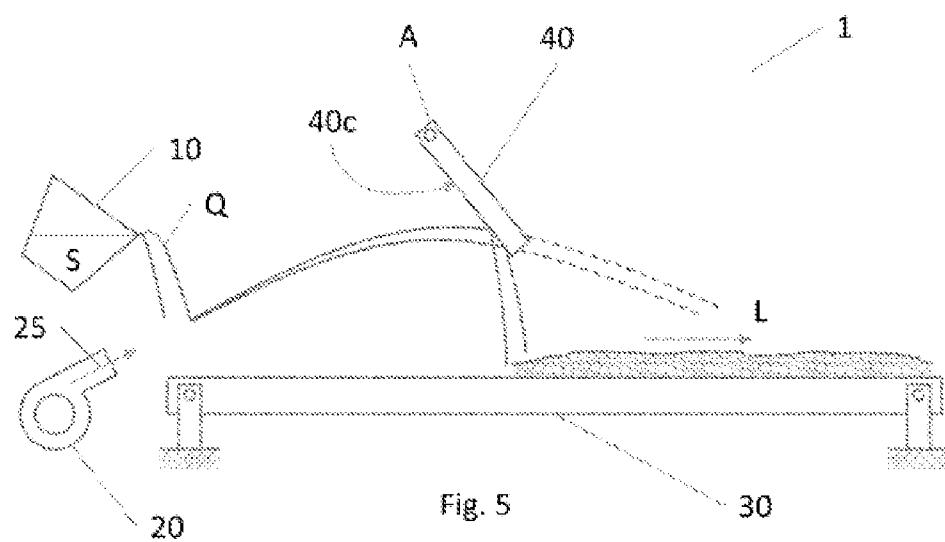


Fig. 5

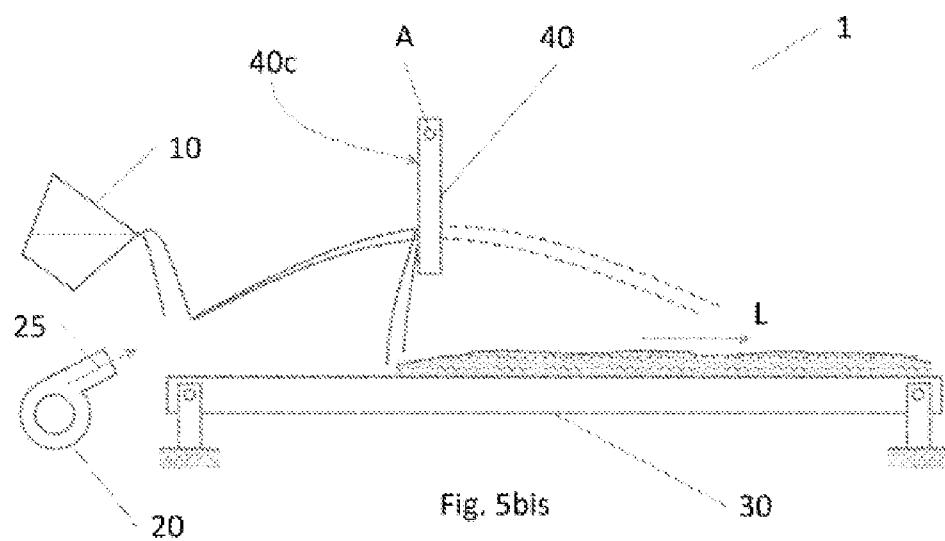


Fig. 5bis

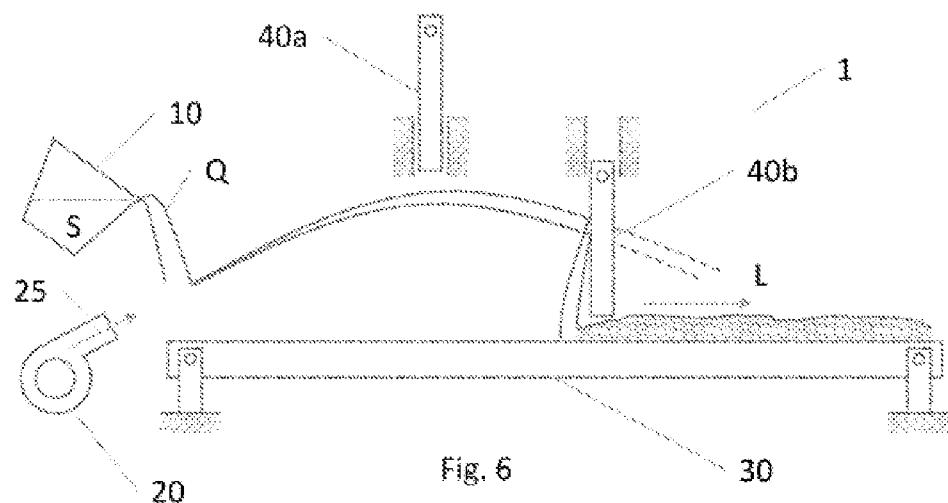


Fig. 6

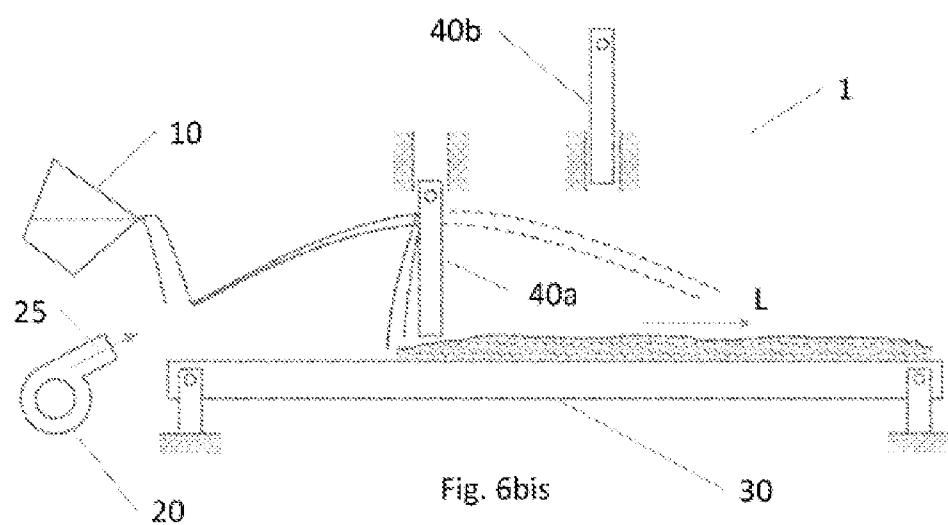


Fig. 6bis

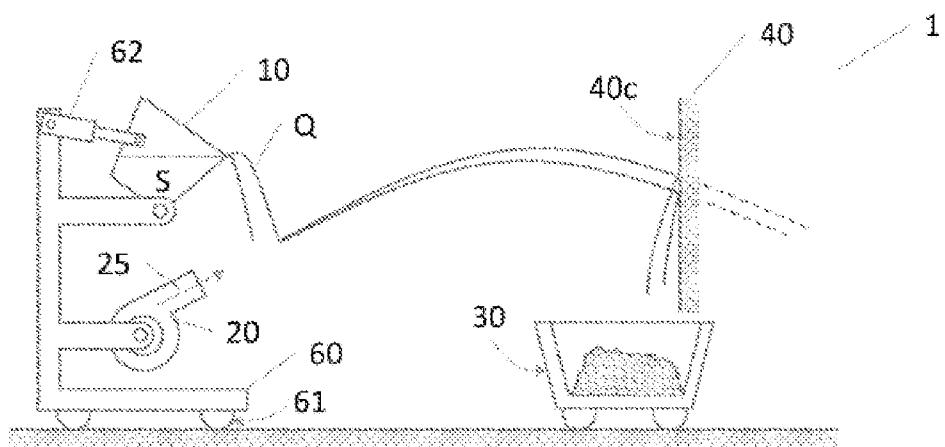


Fig. 7

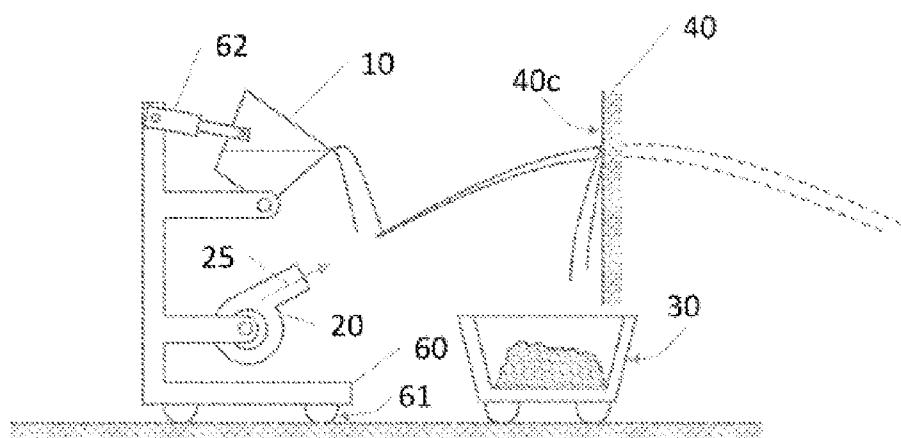


Fig. 7bis

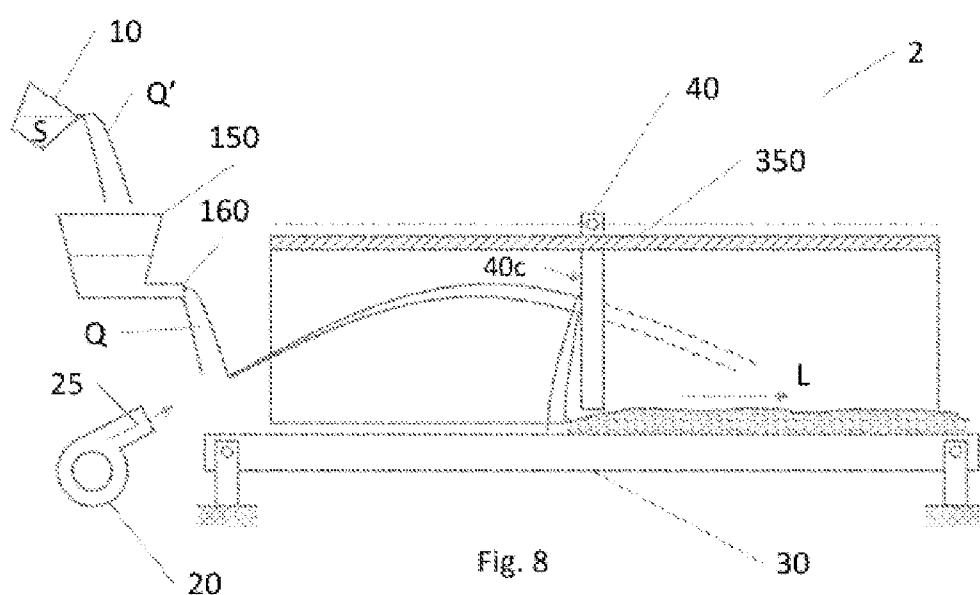


Fig. 8

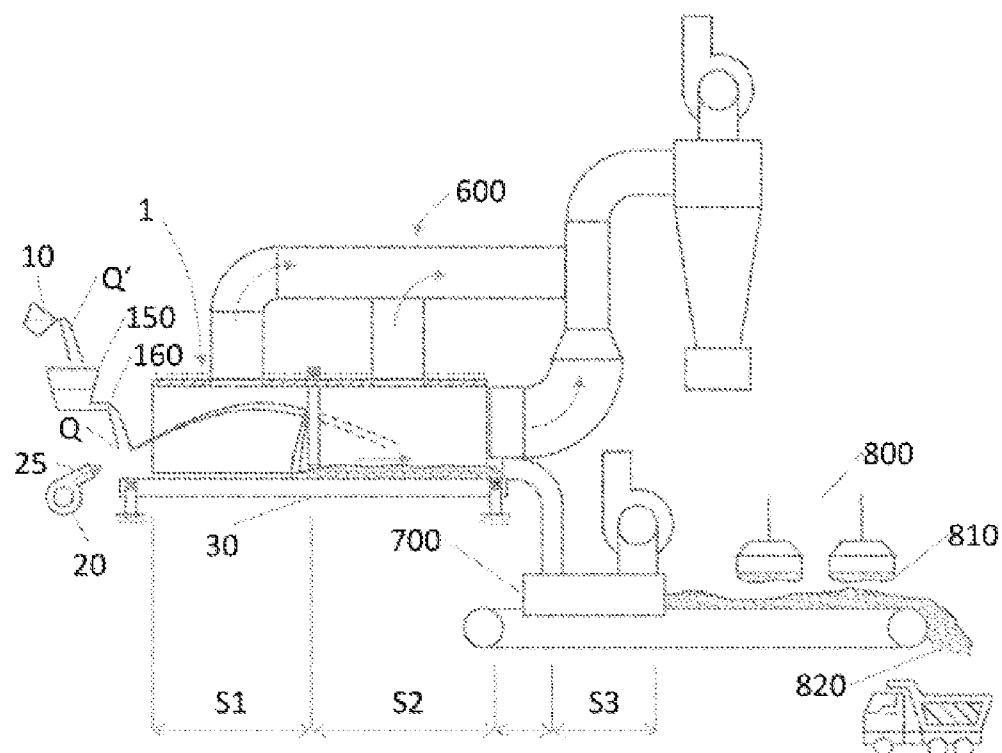


Fig. 9

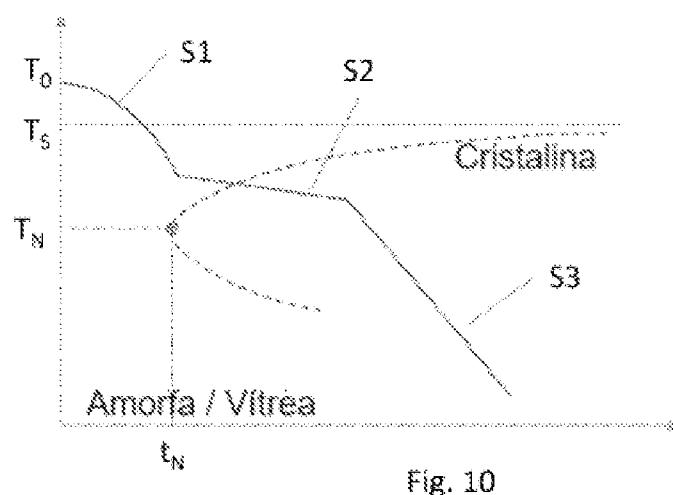


Fig. 10

