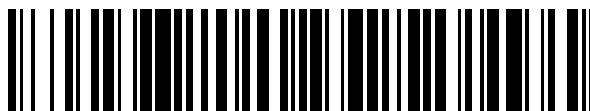


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 559 514**

51 Int. Cl.:

C22B 1/00 (2006.01)

C22B 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2012** **E 12382519 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2015** **EP 2746412**

54 Título: **Proceso de reciclado para el reciclado de materiales metálicos granulados que contienen impurezas superficiales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.02.2016

73 Titular/es:

**FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH &
INNOVATION (100.0%)
Parque Tecnológico de Bizkaia,
C/ Geldo. Edificio 700
48160 Derio (Bizkaia), ES**

72 Inventor/es:

**VICARIO GÓMEZ, IBAN;
MÚGICA IRAOLA, JUAN CARLOS;
YURRAMENDI SARASOLA, LOURDES;
ANTOÑANZAS GONZÁLEZ, JAVIER y
ABUIN ARICETA, ALBERTO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 559 514 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 de reciclado para el reciclado de materiales metálicos granulados que contienen impurezas superficiales

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un proceso de preparación y reciclado de metales, que tiene aplicación en la industria metalúrgica y más concretamente en el campo de la recuperación de metales para la recuperación de metales contenidos en materiales residuales, especialmente cuando se presentan con un tamaño de partícula pequeño. Estos materiales residuales se **caracterizan porque** el metal está contaminado con material orgánico, tal como aceite, plástico madera, pintura, etc., y pueden contener también impurezas de carácter inorgánico.

El objetivo de la invención es un proceso que permite eliminar los componentes no metálicos, principalmente productos orgánicos e impurezas diversas, de materiales residuales con alto contenido metálico. Si bien el proceso es aplicable a materiales metálicos de diversas granulometrías y tamaños, es especialmente apropiado para partículas metálicas de pequeño tamaño no recuperables o recuperables con bajo rendimiento y/o calidad mediante los procesos conocidos en la actualidad. El proceso es apto para un gran número de metales que incluyen aluminio, cobre, magnesio, cinc, etc. y sus aleaciones.

Antecedentes de la invención

Los procesos térmicos actuales de tratamiento de metales contaminados con impurezas, especialmente de naturaleza orgánica, tienen los siguientes problemas:

- El metal se oxida al aumentar la temperatura y estar en contacto con elementos orgánicos durante el proceso de reciclado. Esto evita que estos elementos se puedan briquetear, es decir hacer briquetas, y sinterizar en caliente. Además, se generan gases durante el proceso, existe riesgo de explosión por humedad y los rendimientos metalúrgicos son bajos.
- La calidad obtenida de los materiales reciclados a partir de materias primas sucias no permite su empleo en aplicaciones que requieren alta pureza y baja oxidación del metal (tabletas aleantes, granalla de aluminio, cobre electrolítico, etc.).
- Las cargas contenidas en las pinturas, que habitualmente quedan pegadas al metal, son eliminadas insuficientemente.
- Puede ser necesaria la aportación de sales fundentes para lograr un mayor grado de recuperación. Estas sales generan escorias, que son difíciles de reciclar y tienen un alto coste e impacto medioambiental.
- Es muy difícil reciclar elementos compuestos tipo sándwich, paneles, etc.

Debido a estos problemas, existen corrientes de materiales metálicos que no pueden recuperarse con los procesos existentes. En otros casos en los que la recuperación es posible, los rendimientos metalúrgicos son bajos y/o los metales reciclados no pueden ser utilizados para aplicaciones con requisitos de alta pureza, debido a la contaminación que sufre el metal durante el proceso de reciclado.

Dentro de los procedimientos que se han sugerido de recuperación del metal están aquellos basados en la incineración o combustión de la fracción orgánica, tal como plásticos, gomas, resinas o papel encontrados junto al metal. Dichos procedimientos requieren una atmósfera oxidante y normalmente se realizan a temperaturas relativamente altas. Como consecuencia, una parte del metal se oxida con la consiguiente pérdida de rendimiento de recuperación.

El hecho de que los materiales metálicos estén expuestos a temperaturas relativamente altas en presencia de oxígeno, es cuestionable por al menos dos razones. Primera, porque el metal se oxida superficialmente y, segunda, porque las propiedades del metal recuperado finalmente están normalmente afectadas por el sobrecalentamiento. Por lo tanto, no tiene unas propiedades tan buenas como aquellas del metal antes de ser procesado para la eliminación de los elementos contaminantes.

La patente US-7.976.611 describe un proceso continuo para recuperar metales, en el que los componentes orgánicos son eliminados mediante combustión directa a temperaturas elevadas. Las temperaturas de proceso indicadas están entre 400 y 1100 °C, preferentemente de 600 a 900 °C y concretando la máxima temperatura preferente en el rango de 700-850 °C. La adición de oxígeno a estas temperaturas permite eliminar la parte orgánica mediante oxidación, pero presenta varios inconvenientes. En primer lugar, la temperatura de tratamiento es demasiado elevada para un gran número de metales, incluyendo el Al, Mg, Pb, por tener temperaturas de fusión menores. En segundo lugar, como ya se ha comentado anteriormente, los procesos de combustión directa de la materia orgánica generan una corrosión del metal que repercute en un menor rendimiento de recuperación. En el caso de la mencionada patente, este fenómeno es especialmente relevante por tratar el metal a una temperatura elevada en medio oxidante. En tercer lugar, el proceso sugerido provoca la volatilización de determinados metales que se han de retener en la línea de tratamiento de gases en forma de óxidos, generando un nuevo residuo y reduciendo el rendimiento de recuperación como metal.

La patente GB-1.370.071 emplea un horno rotativo inclinado de recuperación de virutas con materiales orgánicos pegados, mediante un proceso que incluye el movimiento de las virutas a través de un camino tortuoso con un gradiente ascendente de temperaturas en una atmósfera con presencia de oxígeno. Indica que la temperatura de tratamiento debe ser suficiente para que vaporice u oxide los contaminantes orgánicos, pero a una temperatura inferior a la que el metal se oxida substancialmente. Sin embargo, no especifica la temperatura necesaria que, además, es diferente para cada metal tratado. Únicamente se indica la temperatura concreta para el tratamiento de bronce, que debe ser como máximo inferior en 93 °C a la temperatura de fusión. Este margen de temperatura, aplicado a un buen número de metales, genera los problemas comentados anteriormente: importante oxidación del metal y elevada volatilización de metales hacia la salida de gases. Este último fenómeno se va a dar principalmente cuando se traten mezclas de metales con presencia de metales fácilmente volatilizables. Tras el proceso de eliminación de las impurezas, la invención aplica un sistema de compactación de las virutas a la temperatura de salida o después de un enfriamiento parcial, seguido opcionalmente por la fusión del metal compactado en un horno de fusión. Las virutas se compactan a una temperatura elevada pero inferior en 260 °C a la temperatura de fusión del metal tratado. Es decir, la temperatura de compactación es muy inferior a la temperatura de semi-sólido y, por lo tanto, no garantiza que el metal se encuentre en un estado suficientemente blando para que permita una compactación óptima del metal. Por otro lado, esta patente no es adecuada para el trabajo con materiales que sean de gran tamaño y con unas concentraciones de cargas orgánicas pequeñas.

Otros procedimientos de recuperación de metales contaminados incluyen el calentamiento del metal y de las impurezas que le acompañan en una cámara estanca y en un ambiente exento de oxígeno, para provocar la pirólisis de los compuestos orgánicos. Este procedimiento requiere generalmente el tratamiento en pequeños lotes de producto, incrementando el coste en relación a un proceso continuo. Además, la pirólisis de los compuestos orgánicos genera una gran diversidad de subproductos que dificultan su gestión. Por una parte, están los gases y condensados pirolíticos, mezclas de un número elevado de productos orgánicos, que requieren su recolección y tratamiento y, por otro, una gran cantidad de residuo carbonoso que queda adherido al metal.

La patente US 3.744.779 presenta un proceso continuo de recuperación de los metales de la chatarra, mediante "destilación destructiva" de los componentes orgánicos a temperaturas donde el metal queda poco afectado, con un calentamiento en ausencia de oxígeno. El proceso, en realidad, consiste en dos subprocesos bien diferenciados. En el primero, el residuo metálico se calienta en ausencia de oxígeno, produciéndose un destilado de los compuestos orgánicos volátiles. Cuando la temperatura es lo suficientemente elevada y los compuestos orgánicos pesados, que todavía permanecen junto con el metal, se pirolizan generando complejas mezclas de gases y líquidos pirolíticos. La gestión de los gases emanados en ambos subprocesos resulta muy compleja: en primer lugar se deben condensar compuestos volátiles volatilizados directamente del residuo que se mezclarán, a continuación, con los productos condensables generados en la etapa de pirólisis. Finalmente, se generarán unos gases pirolíticos incondensables que se deberán eliminar continuamente a la salida del horno. Es un proceso bien adaptado a residuos metálicos únicamente contaminados con productos orgánicos volátiles, permitiendo incluso su recuperación, sin embargo presenta la complejidad propia de los procesos pirolíticos cuando se trata de residuos con mezclas complejas de productos orgánicos, especialmente cuando están presentes productos de alto peso molecular, no volátiles. Además, este proceso tiene la desventaja de que, una vez obtenido, el metal final debe ser procesado mediante una separación física y se emplea un baño de sales para limpiar el metal de los residuos carbonosos. El empleo de sales tiene un gran impacto medioambiental, debido a la creación de escorias de difícil recuperación. Por otra parte, es necesario fusionar el metal recuperado para obtener una limpieza adecuada.

Descripción de la invención

La presente invención supera los problemas mencionados en los procesos anteriormente descritos y se refiere a un proceso de reciclado para el reciclado de metales a partir de materiales residuales que consiste en tres subprocesos. En el primer subproceso, la fracción orgánica se oxida en una atmósfera oxidante a baja temperatura, evitando la oxidación del metal. En el segundo subproceso, se elimina el resto de impurezas a una temperatura superior y en una atmósfera inerte, retirando los componentes no metálicos adheridos al metal. El proceso se desarrolla preferentemente de una forma continua mediante los dos tratamientos térmicos mencionados, resultando finalmente un metal limpio. Este metal puede ser apto para su utilización directa o tras ser sometido a un tercer subproceso de sinterizado a una temperatura muy cercana a la de fusión del metal. El proceso permite, además, tratar metales contaminados, por ejemplo con aceites o lacas, evitando la utilización de otros procesos que requieren la adición de sales para separar el metal de su escoria. Se debe resaltar que una de las ventajas del proceso es que se desarrolla continuamente.

El proceso de reciclado para el reciclado de residuos metálicos es especialmente apto cuando el metal está preferentemente en forma de gránulos que tienen un tamaño reducido y acompañado de componentes no metálicos, especialmente productos orgánicos. La primera fase del proceso permite, mediante dos subprocesos 1 y 2 consecutivos, la eliminación de todos aquellos materiales de origen orgánico, tales como taladrinas, espumas, plásticos, maderas, etc., asociados con el metal y la reducción del porcentaje de contaminantes en el metal reciclado, tales como las cargas de las pinturas, sin provocar su oxidación. Por lo tanto, el proceso permite, en esta primera fase, la obtención del metal limpio, que puede emplearse directamente como materia prima secundaria en diferentes aplicaciones industriales, tanto en forma de granalla como de briquetas. En una segunda fase, si la

utilización final lo requiriera, se contempla la aplicación del subproceso 3 que permite una compactación del metal a una temperatura muy cercana pero inferior a su punto de fusión, obteniendo una calidad final similar al metal fundido.

- 5 Por lo tanto, el proceso global propuesto por la invención comprende la combinación de tres subprocesos: el objetivo de los dos primeros es la eliminación de las impurezas que acompañan al residuo metálico, mientras que el objetivo del tercer subproceso es la compactación del metal mediante un tratamiento de sinterización.

10 En el subproceso 1, se elimina la mayor parte del material contaminante, especialmente la fracción orgánica. En primer lugar se calienta el material hasta una temperatura inferior a 300 °C, en atmósfera oxidante. El reactor u horno donde se realiza el tratamiento está dotado de un sistema que mantiene el material en movimiento, lo que puede realizarse mediante sistemas tales como bandejas vibradoras, rotación, etc.

15 Por otra parte, en el subproceso 2 se calienta el material resultante del subproceso anterior hasta 400-550 °C en atmósfera inerte para impedir la oxidación. En este subproceso, que está también en movimiento, se eliminan los restos de material contaminante que aún quedan, por ejemplo, carbonilla y otras impurezas. A continuación, mediante la acción combinada de temperatura y tratamiento mecánico (fricción, dilatación, etc.) se separan los componentes de naturaleza inorgánica adheridos a la superficie metálica. Estos componentes inorgánicos pueden provenir del residuo original (materiales cerámicos, cargas de pintura, etc.) o haberse generado en el subproceso anterior como resultado de la combustión incompleta de los productos orgánicos (carbonilla).

20 Dicha combinación de dos subprocesos de calentamiento, uno con atmósfera oxidante y otro con atmósfera inerte, ambos con rangos de temperatura controlados, permite obtener, de una forma novedosa y eficaz, un metal no oxidado exento de las impurezas originales y sin alteración de su forma geométrica. Este metal limpio ya podía utilizarse en diferentes aplicaciones industriales como materia prima secundaria.

25 No obstante, ocurre con frecuencia que los metales granulados no pueden ser reciclados y reutilizados en ninguna aplicación industrial. Normalmente, la razón de esta imposibilidad o dificultad reside en que los metales de pequeño tamaño se oxidan fácilmente a medida que se incrementa la temperatura en un ambiente con presencia de oxígeno. Por ello, aunque el material resultante de los dos primeros subprocesos puede ser reutilizado directamente en determinadas ocasiones, el proceso de la presente invención contempla un tercer subproceso que permite transformar el metal granulado en un material similar al metal fundido, siendo éste apto para su utilización en una mayoría de procesos industriales, especialmente en aquellos que requieren su fusión mediante sistemas convencionales. El metal granulado descontaminado proveniente del subproceso 2, se somete a un proceso de sinterizado, para lo que debe ser calentado a una temperatura en la que adopte un estado semi-sólido, es decir, una consistencia pastosa, dependiendo dicha temperatura de cada metal, para seguidamente ser prensado en forma de briquetas o similares. Este subproceso 3 completa de esta forma, cuando así se requiera, el proceso global de reciclado para el reciclado del residuo metálico original.

Descripción de los dibujos

35 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se adjunta como una parte integrante de dicha descripción una figura en la que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

40 La figura 1 muestra un diagrama de flujo de una realización preferente del proceso de la invención, donde pueden distinguirse los subprocesos 1, 2 y 3.

Realización preferente de la invención

El proceso consiste en tres subprocesos que se pueden clasificar en dos fases:

45 Fase 1: El objetivo de los subprocesos 1 y 2 es eliminar las impurezas, especialmente las de naturaleza orgánica (aceites, plásticos, etc.), mediante dos tratamientos consecutivos, uno en medio oxidante y baja temperatura y el segundo en medio inerte a temperatura superior. El resultado es un metal limpio que puede ser comercializado o fundido directamente o puede ser sinterizado en la siguiente fase.

Fase 2: Por otra parte, cuando la aplicación del material reciclado así lo requiera, el subproceso 3 recibe el material metálico, especialmente el de pequeño tamaño, ya exento de impurezas generado en los subprocesos 1 y 2, para ser sinterizado mediante prensado a una temperatura inferior a la de fusión.

50 Seguidamente, se detalla cada uno de los subprocesos de acuerdo con una realización preferente del proceso de la invención:

En el subproceso 1 se introduce el material metálico con impurezas para eliminar la humedad y los compuestos orgánicos mediante oxidación a una temperatura de aproximadamente unos 300 °C. El objetivo es eliminar la mayor parte de dichos compuestos en forma gaseosa evitando la oxidación del metal. Junto con el material a

tratar se deberá introducir oxígeno o aire en una cantidad estequiométricamente suficiente como para oxidar toda la materia orgánica presente. El equipo en el que se realice esta etapa debe estar provisto de un sistema que provoque el movimiento del material, tanto para su avance como para permitir un calentamiento homogéneo y la exposición de toda la fracción orgánica al gas oxidante. El calentamiento se puede realizar tanto mediante un calentamiento directo (por ej.: mechero o resistencias situadas en el interior del equipo) o a través de una camisa exterior provista de un sistema de calentamiento (por ej.: resistencias, mecheros, aire caliente, etc., situados en la camisa). El equipo requiere, además, un control que regule la temperatura a la que se somete el material. Si el material tratado contiene una fracción orgánica cuya combustión no permite alcanzar la temperatura de proceso, el sistema de calentamiento deberá proveer el calor adicional necesario. Si la fracción orgánica es abundante y su combustión eleva la temperatura por encima de los 300 °C, se debe controlar el sistema mediante diversas prácticas: dilución del material metálico a tratar con un material inerte (minerales, otro metal, etc.) que absorba el calor y sea fácilmente recuperable y/o alimentación de un gas menos rico en oxígeno y/o refrigeración mediante un fluido circulando por la camisa exterior. Los gases generados a esa temperatura se pueden tratar debidamente antes de su emisión a la atmósfera. El equipo requerido para dicho tratamiento depende del material concreto que se esté tratando y del nivel de impurezas que contenga, sin embargo, como máximo se requiere el siguiente equipo: postcombustor, enfriador de gases y filtro de mangas.

En el subproceso 2, el material tratado en el subproceso 1, sin que se enfríe, se somete a una temperatura en el rango de 400-450 °C para terminar de eliminar las impurezas. Al ser una temperatura a la que el metal se puede oxidar, esta etapa se realiza en un medio inerte exento de oxígeno. Se ha comprobado que de esta forma se eliminan las incrustaciones de carbonilla y otras impurezas todavía presentes al finalizar el tratamiento previo. En esta etapa, el equipo utilizado debe estar también provisto preferentemente de un sistema de movimiento del material, debido a que este movimiento junto con la temperatura produce un efecto combinado (dilatación, rozamiento, etc.) que permite obtener un material metálico limpio. El gas inerte se puede extraer del equipo, purificar mediante eliminación de partículas en un ciclón y/o filtro de mangas y recircular nuevamente al interior. El sistema de calentamiento puede ser, como en el caso anterior, directo o indirecto a través de una camisa, con la excepción de los sistemas directos que pueden introducir oxígeno en el medio (por ej.: mecheros con llama). El material metálico resultante puede ser comercializado o fundido directamente o puede pasar al siguiente subproceso 3 para ser sinterizado. En el caso del metal limpio sin compactar, puede ser necesario un sistema de enfriamiento rápido para evitar la oxidación. Para ello se pueden emplear bandejas vibrantes enfriadoras, cubas de agua, sistemas criogénicos, o cualquier otro medio de enfriamiento de metales, pudiendo incluir la necesidad de una atmósfera inerte.

En el subproceso 3, el material granular limpio generado en la fase anterior, se puede compactar mediante sinterizado a presión. Para ello se debe elevar la temperatura del material a un 85-97 % de la temperatura de fusión del metal tratado en un medio inerte y someterlo a continuación a una compactación mediante una prensa. El material obtenido en estas condiciones tiene una densidad cercana al 100 % del correspondiente al metal fundido. El subproceso 3 está formado por un sistema de dosificación del metal caliente, preferentemente a la misma temperatura de salida del subproceso 2 y mediante un sistema que permita un dosificado exacto (válvulas alveolares, cámaras con sistema de pesado y apertura en función del peso detectado), un sistema que permita elevar la temperatura hasta el 85-97 % de la temperatura de fusión, de tal manera que el material se encuentre dentro del rango de estado semi-sólido con un mínimo de fracción líquida que permita la unión óptima de los materiales en el proceso de compactado y molde calefactado sobre el que cae el material para ser compactado mediante una prensa provista de, por ejemplo, uno o dos pistones. Cuando el material se enfría, en algunos casos puede ser necesario un sistema de enfriamiento para poder reducir los tiempos de ciclo, el pistón se retira, se abre el molde y se extrae el metal compactado.

A la vista de esta descripción y de la figura 1, las realizaciones preferentes descritas se pueden transformar en otras similares mediante combinaciones de las fases y subprocesos descritos dentro del objetivo de la invención. La invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero se pueden introducir múltiples variaciones en dichas realizaciones preferentes sin exceder el objetivo de la invención reivindicada.

Ejemplo:

A continuación se exponen dos ejemplos experimentales representativos de la aplicación del proceso objetivo de la invención:

Ejemplo 1.- El proceso empezó con un residuo consistente en una granalla de aluminio contaminada con materiales orgánicos diversos. La fracción inferior a 1 mm contenía un 11,45 % de carbono total, mientras que la fracción entre 1-2 mm contenía un 9,77 %. El material original se ha sometido a los subprocesos de la fase I descritos anteriormente. Concretamente, se ha sometido en el subproceso 1 a una temperatura de 295 °C durante media hora, habiendo circulado un 120 % del oxígeno estequiométricamente necesario para gasificar todo el carbono. A continuación, en el subproceso 2, se ha sometido a una temperatura de 430 °C durante media hora en una atmósfera inerte de argón. El material resultante obtenido se ha clasificado en dos fracciones: inferior a 1 mm y 1-2 mm. El contenido en carbono de la primera fracción se ha reducido a un 0,18 % y el de la segunda a un 0,13 %. De esta forma, se puede observar la eficacia del proceso descrito, siendo el rendimiento

de eliminación de carbono superior al 98 % en ambos casos. Por otra parte, el oxígeno analizado en el metal antes del tratamiento fue de un 1,4 % y el obtenido tras el tratamiento en los subprocesos 1 y 2 resultó ser de un 0,3 %, Es decir, se puede observar que el proceso no ha provocado la oxidación del material y, por el contrario, ha permitido la eliminación de una parte del óxido superficial presente en el material de partida.

- 5 **Ejemplo 2.-** El residuo sometido a tratamiento es un conjunto de hilos de cobre de 20 cm de largo y 0,5 mm de diámetro contaminado con una mezcla de productos aceitosos. El contenido en carbono del material original era de un 12 %. Este material se ha sometido a los subprocesos de la fase I descritos anteriormente. Concretamente se ha sometido, en el subproceso 1, a una temperatura de 300 °C durante 45 minutos, habiendo circulado un 120 % del oxígeno estequiométricamente necesario para gasificar todo el carbono. A continuación, en el
- 10 subproceso 2, se ha sometido a una temperatura de 430 °C durante 45 minutos en una atmósfera inerte de argón. El contenido en carbono de la fracción resultante es de un 0,2 %, siendo el rendimiento de eliminación de carbono superior al 98 %. El contenido en oxígeno permaneció invariable tras las etapas de tratamiento.

REIVINDICACIONES

- 1.- Proceso de reciclado para el reciclado de materiales metálicos granulados que contienen impurezas superficiales, **caracterizado porque** combina un subproceso 1 y un subproceso 2, donde en el subproceso 1 es eliminado parcialmente el material contaminante mediante calentamiento del material de partida hasta una temperatura inferior o igual a 300 °C, en atmósfera oxidante controlada; y en el subproceso 2, en atmósfera inerte, se calienta el material hasta 400-550 °C y se eliminan los restos de material contaminante que aún permanecen, mediante una acción combinada térmico-mecánica.
- 2.- Proceso según la reivindicación 1, en el que durante los subprocesos 1 y 2 se mantiene el material en movimiento.
- 3.- Proceso según las reivindicaciones 1 y 2, en el que el material procedente del subproceso 2 es un metal limpio granulado apto para ser utilizado como materia prima secundaria en diversas aplicaciones industriales.
- 4.- Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el proceso se completa sometiendo el metal granulado descontaminado, proveniente del subproceso 2, a un proceso de sinterizado, para lo cual debe ser calentado a una temperatura inferior a su punto de fusión, en el que adopta un estado semi-sólido, para seguidamente ser prensado en forma de briquetas o similares, teniendo lugar dicho proceso de sinterizado en un subproceso 3.

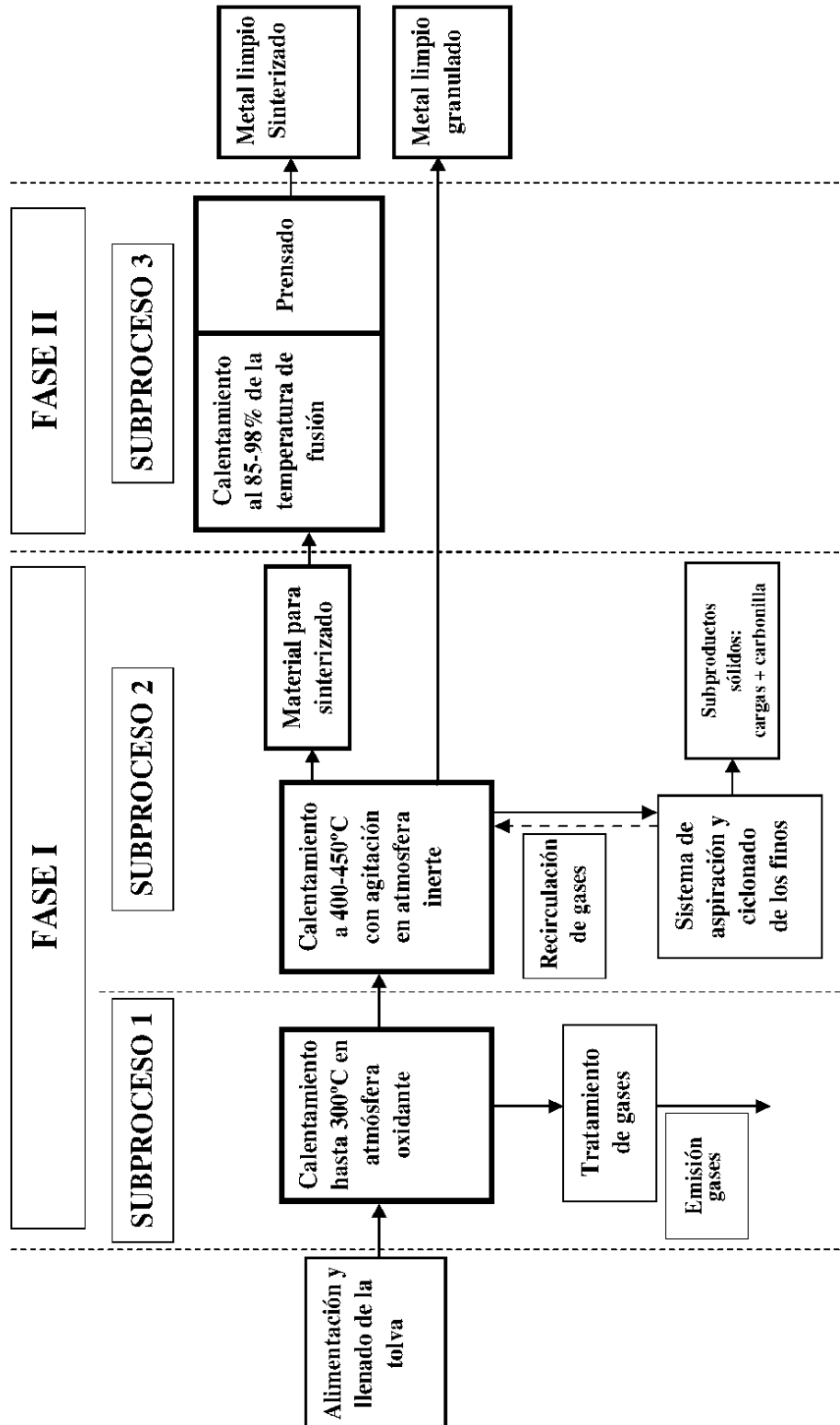


FIG. 1