



IC. 1963 294281

294 281

P A T E N T E
D E
I N T R O D U C C I O N

por "PERFECCIONAMIENTOS EN EL PROCESO DE PRODUCIR HIERRO",
a favor de DON EUSEBIO CORTES CHERTO, de nacionalidad es-
pañola, residente en BARCELONA, Paseo de Gracia n° 71.

= . =

MEMORIA DESCRIPTIVA

Esta invención se refiere a la producción de
hierro mediante reducción de mineral de hierro con mate-
rial que comprende un agente reductor carbonoso, bajo
tales condiciones que el hierro producido de la opera-
5. ción de reducción está sustancialmente sin fundir pero
se libera en una condición altamente calentada. Al-
gunas veces los procedimientos de este tipo se definen
como un procedimiento de reducción directa, por ejemplo,
convirtiendo un elevado porcentaje del hierro del mineral
10. químicamente combinado, verbigracia material óxido de

294281



hierro (el término mineral incluye aquí minerales naturales y otro material óxido tal como limaduras), para formar un hierro metálico o elemental sin fundición. Así, se libera un producto sólido a partir de la zona de reducción como, por ejemplo, un producto capaz de un rendimiento, bajo tantas operaciones como sean necesarias hacer ulteriormente de trituración y concentración, para constituir un material finamente dividido que consiste en hierro metálicos, por lo menos en una elevada proporción.

Un procedimiento de reducción directa particularmente efectivo implica suministrar cantidades sucesivas de mineral de hierro, con un agente reductor sólido carbonáceo tal como el coque, carbón de leña o antracita, a un horno apropiado donde se efectúa la reducción a temperaturas elevadas que pueden alcanzar 2100°F o aproximadamente. Un producto sólido, en lúpias, fragmentos, gránulos u otra forma dividida, que representa una metalización substancial del mineral, es liberado del horno a una temperatura elevada, usualmente por encima de unos 1700°F. Por ulterior procedimiento, cuando sea necesario o se desee, el material reducido rinde o se convierte subsiguientemente en un producto final, material que consiste esencialmente en hierro metálico muy finamente dividido, con no más de una pequeña proporción de otro material tal como óxido no reducido, ganga, carbón no combinado o similar.

Para diversos propósitos es importante que el producto o concentrado de hierro final se aglomere en briquetas para facilidad de manipulación y proceso

294281



- subsiguiente o de utilización, por ejemplo mediante compresión de cantidades discretas del material de hierro final en briquetas. Se comprenderá que las referencias acerca el briquetado y para la producción de briquetas, se refiere a una operación en la que
5. cuerpos coherentes de material de hierro, ya sea en las formas usuales de briquetas o en otra forma de lingote, bloque, galleta, pellas o similar, se producen mediante presión, es decir, por compresión o compactado
10. fuerte del material de hierro pulverulento o finamente dividido en tal forma, muy preferentemente sin aglutinantes o adhesivo. Es decir, es altamente deseable briquetar el material de hierro mediante compresión bajo presión elevada, de forma que las partículas de hierro
15. hagan cohesión, produciendo briquetas de suficiente solidez para la manipulación, transporte y subsiguiente uso, por ejemplo como carga para crisol abierto, horno eléctrico, de cubilote, altos hornos u otros, en los cuales el hierro o acero fundido se extrae.
20. Mientras bajo tales condiciones el material de hierro reducido a partir del horno rinde un producto que puede ser fácilmente briquetado, se ha observado ahora que en muchos casos, particularmente cuando la operación de reducción se lleva a más del 90% de metalización
25. del mineral de hierro (conversión significativa de más que el 90% del valor de hierro del mineral al estado metálico o elemental), las partículas de material de hierro no pueden comprimirse para formar una briketa de coherencia o solidez deseable. Es decir, en tales
30. casos la aplicación de presión elevada a un cuerpo de

294281



partículas ni parece ocasionarles la soldadura entre sí en la forma deseada; las briquetas formadas tienen una solidez relativamente pequeña y pueden romperse o desmemuzarse fácilmente.

5. Las presentes mejoras en la producción del hierro mediante tales procedimientos de reducción directa han sido diseñadas de acuerdo para obviar estas dificultades al briquetar, siendo un objeto particular el proporcionar un producto de hierro reducido aún a muy elevada metalización, el cual sea capaz de ser comprimido bajo presión para formar briquetas bien fuertes, siendo un ulterior objeto el proporcionar un procedimiento y aparato con lo que, en la operación continua de reducción de mineral de hierro, se logra consistentemente un producto que, indiferentemente de la alta metalización total o parcial, tiene propiedades de briquetado deseables.
- 10.
- 15.

En lograr estos y otros objetos, la invención se afirma sobre el descubrimiento que, bajo ciertas y verdaderas condiciones de reducción corrientemente preferidas, el material de hierro metálico, por ejemplo, cuando está sometido a pulverizado, y otro tratamiento siguiente a la efectiva reducción, contiene un porcentaje substancial de carbón combinado, utilizándose aquí el termino de carbón combinado, con excepción de otra forma de estado, para citar el carbón combinado en la estructura microscópica del hierro, tanto en la forma llamada de solución en el hierro como también en carburo o similar, todo para distinguirlo del carbón no combinado, significando partículas o piezas de carbón que pueden aparecer comunmente en el producto

20.

25.

30.

294281



del horno, ya sea en adherencia al mineral reducido o de otra forma. Tal como se explica a continuación, los ensayos han indicado que el contenido de carbón combinado de hierro reducido muestra una relación con

5. respecto al porcentaje de metalización del mineral, por ejemplo, incrementado con el último.

Se ha podido observar, en este punto, que la metalización elevada es en muchos casos muy deseable, especialmente en el procedimiento donde el producto

10. del horno deba someterse a una operación de concentración considerable para separar los valores de hierro metálico de la ganga, material no reducido, exceso de carbón (no combinado) y similares. Así, la meta-

15. lización elevada reduce al mínimo las pérdidas de hierro en el circuito de concentración, ya que entonces están presentes cantidades más pequeñas de hierro incompletamente reducido para ser rechazadas y perdi-

20. das, por ejemplo como materia no magnética, donde se emplea concentración magnética. Alternativamente, dentro de algunas limitaciones dadas de operaciones de concentración, las metalizaciones elevadas del mine-

25. ral tienden a rendir concentraciones finales de mayor pureza así como a contenido de hierro. Básicamente, las metalizaciones más elevadas representan asimismo mayor recuperación de los valores de hierro a partir del mineral. Además, se considera que con metaliza-

30. ción más elevada, el mayor contenido de carbón del hierro, como carbón combinado, contribuye a una mejora en uti-

lidad, en el que el contenido correspondientemente más elevado del carbón total (siendo la suma del carbón libre

294281



y combinado) parece proporcionar propiedades de fusión mejoradas en el concentrado o producto final. Se considera, por ejemplo, que el contenido de carbón compensa luego en un grado más substancial la presencia de óxidos

- 5. de hierro residuales en el material. Por esta u otras razones se ha observado, por ejemplo, que un producto adecuado directamente para utilizar en la fabricación de acero, por ejemplo como parte de la carga para un horno de solera abierta o eléctrico,
- 10. o para utilizarlo en otros hornos de fundición, puede obtenerse mucho más fácilmente con metalización elevada que a base de procedimientos de reducción directa que rinden un porcentaje más inferior de metalización.

Como se describe, el procedimiento de reducción aquí estudiado implica el tratamiento del mineral de hierro con coque u otro material carbonáceo, a temperatura insuficientemente elevada para fundir o sintetizar apreciablemente el material, siendo el producto del horno sometido después a operaciones de concentración, incluyendo de preferencia ambos esta-

- 20. dios de separación magnética y por gravedad con el material en estado húmedo, para alcanzar el concentrado de hierro final. En tales previas operaciones, el producto caliente del horno se templó, por ejemplo al
- 25. extraerlo directamente y antes de exponerlo al aire, en una caja de agua en donde se condujo substancialmente o casi instantáneamente donde una temperatura elevada, corrientemente de 1900°F a 2100°F, a una temperatura inferior, usualmente por debajo de 200°F, donde se trata en la atmósfera con una tendencia muy pequeña a la
- 30.

294281



- oxidación y sin tendencia al piroforismo del contenido de hierro metálico. Esta operación de templado es altamente deseable, ya que no solamente es una forma económica de enfriar el producto del horno, sino que también es compatible por los estadios subsiguientes de trituración húmeda (acuosa) y concentración, aunque es usualmente muy efectivo la estabilización del material, por ejemplo, llevándolo a una condición substancialmente no oxidable, y en proporcionar tal seguridad que la condición se alcance consistentemente. Además, el templado por agua proporciona un sello efectivo para el sistema de alta temperatura, ya que el material calentado solamente se libera en agua y no puede evitar el alcanzar una temperatura segura antes de que tome contacto con el aire.
- Ahora se ha descubierto que las propiedades pobres de briquetar productos de hierro que tienen metalización elevada, y especialmente de aquellos que tienen un contenido substancial de carbón combinado como se explica más adelante, puede corregirse u obviarse mediante un procedimiento que incluye una operación de enfriamiento especial o modificada, convirtiendo el producto del horno a una condición en la que puede exponerse para tratamiento. Específicamente, se ha encontrado que al enfriar el material del horno en una forma substancialmente inferior a la de templado descrita, se alcanza incluso una temperatura por debajo de 1200°F, y de preferencia una temperatura de aproximadamente 1150°F o menos, seguida por un segundo estado de enfriamiento que consiste muy ventajosamente en
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

294281



una operación de templado, y el producto de hierro metálico final tiene excelentes propiedades de briquetado, aún cuando se manifiesta elevada metalización y pueda tener un contenido relativamente substancial de carbón combinado.

5.

De acuerdo con el presente conocimiento, el enfriado por previo templado de la descarga del horno desde su temperatura elevada al valor final deseado, resulta, en el caso del material que contiene

10.

más de aproximadamente 0,1 a 0,15% de carbón combinado (en muchos casos, por encima del punto de 0,12% de carbón), la producción de una estructura martensítica en el hierro. Cantidades insignificantes de martensita se observan así cuando el contenido de carbón está por

15.

encima del límite mencionado, y la condición se aparta del contenido de carbón combinado, en el hierro, de más del 0,2%, por ejemplo, cuando el material se aproxima a una caracter en substancia completamente martensítico. La forma martensítica del hierro es extremadamente

20.

dura y quebradiza, y la dificultad en briquetar se comprende así que sea atribuible a la estructura martensítica que mantienen las partículas de hierro desde que tienen la capacidad de rendimiento y a lo menos soldadura incipiente entre sí bajo presión de briquetado.

25.

Sin embargo, al controlar la operación de enfriamiento, especialmente al retardarla por una extensión predeterminada, y por lo menos en una extensión que comprende desde substancialmente por encima de

30.

1200°F a un valor inferior a tal punto, pueden evitarse



294281

- las trazas de martensita en el material enfriado final.
- Es decir, con refrigeración lenta, el hierro que contiene carbono asume una forma que es diferente de la martensita y que, careciendo de las propiedades de dureza, fragilidad e inflexibilidad de la última, es susceptible de la coherencia deseada de sus partículas al briquetar bajo presión. Parece que, en muchos casos, el material así producido mediante el presente procedimiento es en parte substancial de estructura perlítica.
5. Alternativamente, se comprende que, por lo menos en algunos casos del presente procedimiento, puede aparecer finalmente el metal en otras que en verdaderas perlitas, tal como las llamadas perlitas separadas (algunas veces descritas como una estructura esferoidal).
 10. En el último caso mencionado, el efecto de la solución descrita de las proporciones de enfriamiento puede producir aparentemente una separación parcial o completa de perlitas en ferrita, con la precipitación usual de su cementita (Fe_3C) en contraposición como esferoides dentro de los granos de ferrita. En cualquier caso, parece que si el procedimiento es tal como para obviar la producción de martensita o para convertirla a alguna otra forma, se satisfará el requerimiento de las propiedades de buen briquetado, tanto si la estructura efectiva es perlita o como si es alguna
 15. otra, incluso cuando los contenidos de carbono combinado sean tanto como del 1,0% o aproximadamente. Por cierto que en un mayor sentido general se apreciará que la invención no se limita a cualquier teoría particular
 20. de la estructura del metal, ya que la práctica del
 - 25.
 - 30.



294281

estadio o estadios aqui descritos de refrigeración especial se han previsto conclusivamente para efectuar la mejora deseada en la propiedad de briquetado de los productos del horno que tienen carbón combinado por encima de los límites mencionados. Los resultados descrito se realizan prescindiendo de cualquier conocimiento respecto a la presencia de la estructura conocida como martensita (que se ha descrito como una solución sólida de carbón en ferrita tetragonal), puesto que los ensayos extensivos han tendido a indicar que la martensita aparece invariablemente donde tal material es enfriado por templado desde la temperatura del horno al punto final deseado.

Una característica especial de la invención envuelve una operación de enfriamiento de varias fases, más ventajosamente una operación en la que el producto del horno, en una primera fase, se enfria en forma relativamente lenta en un tambor cerrado o similar, bajo condiciones no oxidantes, hasta que alcanza una temperatura por debajo de 1200°F, y más particularmente, con ventaja especial, por debajo de aproximadamente 1170°F. En la segunda fase y final, el material se enfria por templado, verbigracia, al librar el producto parcialmente enfriado en contacto con un medio refrigerante, por ejemplo aceite, gases, agua o análogos, sin exponerlo al aire. En esta etapa ulterior el material puede conducirse a una temperatura por debajo de 300°F, y más preferentemente por debajo de 200°F, de manera que pueda exponerse luego al aire con tendencia relativamente pequeña o no apreciable a la reoxidación

294281



Con este procedimiento de dos fases, se conservan ventajas substanciales de la operación de templado, como se ha descrito antes, que incluyen facilidad de control y su economía, así como también su seguridad de función, mientras que al propio tiempo se obvian las dificultades en el briquetado final del hierro sin complejidad o inconveniencia indebida respecto al equipo y procedimiento adicional.

5.

Ulteriores características de la invención, así como también otras formas alternativas del procedimiento, se explicarán en conexión con los dibujos que se acompañan, en los que:

10.

la Figura 1 es una vista esquemática de un sistema de reducción y enfriamiento para la realización de este invento;

15.

la Figura 2 es una vista esquemática en sección transversal, por la línea 2-2 de la Fig. 1, del refrigerador rotatorio indicado como parte de la Figura 1;

20.

la Figura 3 es una representación gráfica de la relación entre el contenido de carbón combinado y metalización, tal como se aprecia que aparece de los ensayos de los varios productos de reducción; y

25.

la Figura 4 es una representación gráfica de la relación entre la consistencia de la briqueta y contenido de carbón^{combinado} para productos realizados de acuerdo con este invento y para aquellos otros hechos mediante el procedimiento anterior.

30.

Aunque el procedimiento mejorado es capaz de realizarse en aparatos de otros tipos, la Figura 1



294281

- ilustra ciertas características esenciales de un sistema particularmente efectivo. Así, la operación de reducción se efectúa en un largo horno circular 10, que puede tener una longitud de 150 pies y un diámetro interno entre 6 y 7 pies, con una camisa apropiada de material aislante refractario y térmico. La alimentación del horno se lleva a cabo continuamente a través de una cámara de entrada apropiada 12 y puede comprender mineral de hierro, coque y, si se desea, un poco de piedra caliza, para fundir el sulfuro en el coque, siendo los materiales triturados a medidas apropiadas, teniendo convenientemente los terrones o fragmentos dimensiones de una pulgada o menos. Pueden utilizarse otros tamaños de los materiales, que incluyan partículas finas o granulares, o material fino granulado. La alimentación avanza a lo largo del horno por su descenso gradual, hacia la descarga y cámara de combustión 14, mientras que el horno gira a una velocidad apropiada, por ejemplo de 3 a 5 minutos, aproximadamente, por revolución.
5. 10. 15. 20. 25. 30.
- El horno se enciende a contra-corriente con respecto a la trayectoria del material bajo tratamiento, tal como mediante llama apropiada dirigida al horno desde la cámara de combustión, suministrada con fuel adecuado tal como gas natural, aceite, carbón, pulverulento o análogos, ajustándose el suministro de aire para la combustión en vistas a alcanzar las condiciones deseadas de temperatura y características de gas, por ejemplo como para gas de monóxido de carbón en el horno.
- Con control apropiado de las operaciones del horno, se reduce a hierro metálico un porcentaje

294281



- relativamente elevado del óxido de hierro en el mineral, que asimismo incluye usualmente, sin embargo, considerable material de ganga silícea u otra que normalmente está acompañado por exceso de coque. La
5. descarga del horno, de acuerdo con la presente invención, desplaza continuamente a través de un conducto o vertedero 16, apropiadamente cerrado, hacia un refrigerador rotatorio 18, que puede ser esencialmente un gran tambor de acero giratorio, con porciones extremas
10. troncocónicas y estructura apropiada, herméticamente cerrada al aire en las aberturas extremas, por ejemplo mediante los precintos 20 entre el vertedero 16 y el extremo de entrada del refrigerador, y el precinto 22 entre el extremo de salida y el vertedero de descarga 24. Aquí, las lupias u otras piezas o partículas de mineral
15. reducido, y material acompañante, son expuestas a una temperatura de preferencia por lo menos inferior a unos 1170°F, mediante intercambio de calor por conductibilidad a través del casco refrigerador u otros medios substancialmente de función más lenta que el templado directo,
20. por ejemplo por contacto repentino del material caliente con una gran caja de fluido relativamente frío. Asimismo se pueden emplear otros medios de extracción de calor del refrigerador, representándose en el dibujo (Figuras 1 y 2) la parte inferior del refrigerador 18, inmerso en un baño de agua 26, mientras que el refrigerador gira, por ejemplo a 1,5 revoluciones por minuto, y el agua se mantiene a temperatura apropiada, verbigracia, mediante
25. circulación en una torre de refrigeración (no representada) o por cualquier forma convencional. Para facilitar la operación, el tambor 18 puede tener una pluralidad de alas que
- 30.

294281



se extienden paralelas a su eje y sobre su cara exterior, tal como miembros en forma de T 28, que tienden a elevar alguna cantidad de agua y mantener bañada la superficie exterior total del tambor. El tambor puede

5. asimismo tener alas helicoidales (no representadas) en su superficie interna, para ayudar al avance del material.

El material parcialmente enfriado, tal como a una temperatura de 1000 a 900°F, o aún inferior si se desea, es descargado continuamente a través del vertedero de salida o conducto 24, que desemboca debajo de la superficie de una caja de agua 30, relativamente grande, en el tanque de templado 32. Esta gua, mante-

10. nida de nuevo a temperatura apropiada baja por recirculación en una torre de refrigeración (no representada) u otra forma, condace en esencia instantáneamente el material descargado del horno a una temperatura relativamente baja, tal que pueda exponerse a continuación a la atmósfera sin peligro de reoxidación rápida del hierro reducido. Por ejemplo, la operación de

20. templado puede controlarse para conducir la temperatura del material por debajo de unos 100°F, o por lo menos por debajo de unos 200°F en circunstancias ordinarias, ajustándose o controlándose convenientemente el suministro del agua al tanque para tener

25. una elevación de temperatura relativamente pequeña por causa de la operación de templado, por ejemplo de 70°F de temperatura interior a 90°F de temperatura exterior para el agua. Continuamente, o en otra forma deseada,

30. el material se retira del tanque de templado, por ejemplo

294281



mediante medios mecánicos apropiados, tales como un rastrillo por arrastre como se indica en 34.

El producto enfriado, que contiene hierro metálico, usualmente algunos residuos de óxido de hierro,

5. exceso de coke y otros materiales, que incluyen ordinariamente ganga considerable del mineral, se trata luego apropiadamente para recuperación extrema de un producto final que consta principalmente de hierro metálico. Pueden emplearse para tal propósito varias operaciones
10. de triturado, concentración y separación, omitiéndose la ilustración de las mismas para simplificación. Por ejemplo, cuando el material incluye un contenido considerable de grandes lupias o fragmentos, puede triturarse en un molino de bolas y someterse luego
15. a sucesivas separaciones magnéticas, fases de concentración húmeda por gravedad, por ejemplo con mesas Wilfley u otros medios apropiados, y que incluyen fases de tamizado, condensado, de desmagnetación u otros según se desee. Como resultado de tal tratamiento
20. ulterior, se deriva un concentrado final, o una serie de fracciones de concentrado, que constan de material sólido más o menos finamente dividido con un alto contenido, por ejemplo, de hasta aproximadamente un 97% de hierro metálico, siendo el resto pequeñas
25. cantidades de óxido de hierro, carbón (incluyendo carbón combinado y algunas veces carbón libre), y en algunos casos una cantidad muy pequeña de tipo silicato u otra ganga. Además, el objetone que este producto final se acerque lo más posible a una composición que
30. sea enteramente hierro metálico por ejemplo, excepto

294281701



para carbón combinado y análogos.

- Se desea usualmente que el producto final pulverizado se convierta en piezas relativamente grandes y densas para briquetar o tratamiento equivalente bajo presión. Así, el material después de secado, por ejemplo en un secador giratorio adecuado, se lleva a una prensa de briquetado, donde bajo presión hidráulica de, por ejemplo, 35 toneladas por pulgada cuadrada o más, se forman briquetas, verbigracia, como para contener de 5 a 50 libras o más de hierro en una pieza.
10. Sin embargo, también se pueden realizar pequeñas pellas o briquetas para utilizar en algunas operaciones de horno.

- Con el procedimiento descrito, que incluye la operación de refrigeración de paso múltiple, se ha observado que la fase de reducción puede regularse para alcanzar una metalización del mineral tan elevada que puede obtenerse económicamente, aún a pesar de las variaciones, de manera continua o durante partes del tiempo, de un contenido substancial de carbón combinado (por ejemplo, por encima del 12,0% y usualmente considerablemente más) en la fracción de hierro de la descarga del horno, y se obtiene consistentemente un briquetado efectivo. El material de hierro enfriado es suficientemente blando, por ejemplo, entendiéndose que se halla en esencia libre por completo de martensita, como para ser capaz de formar briquetas coherentes, que son de la consistencia deseada y pueden manipularse para su utilización proyectada sin serias roturas.
- 25.

30. Como se observa, la reducción del mineral



294281

- en el horno se efectua con material carbonáceo, comprendiéndose que la invención es aplicable a procedimientos donde el agente reductor, por lo menos en parte, comprende tal material, que proporciona la fuente de carbón combinado en el hierro reducido. Sin embargo, las referencias a material carbonáceo se comprenderá que incluyen agentes gaseosos, tales como monóxido de carbono e hidrocarburos, y las presentes mejoras son de significado particular donde se emplea un agente reductor carbonáceo sólido, tal como el coke, carbón vegetal, antracita o similar; con carbón sólido, incluso en un sentido estrictamente químico, la reducción efectiva puede comprender total o parcialmente la fase gaseosa del monóxido de carbono, la tendencia a inclusión de carbones finos en el hierro fino es muy marcada, especialmente con el uso de exceso de coke como parece preferible para alcanzar una metalización muy elevada. Aún cuando se prefiere ordinariamente regular el proceso del horno de forma que el promedio de metalización en la descarga del horno sea por encima del 90%, y usualmente por encima del 93 al 95% por ejemplo, o más elevado, deberán permitirse algunas variaciones en el estado del producto para cuestiones económicas y convenientes de control, tal como una parte considerable de la descarga puede ser de una metalización inferior al 90%, por ejemplo inferior del 85%. Sin embargo, en estas situaciones las presentes mejoras son no obstante evaluables, ya que el concentrado fino final puede alcanzar un porcentaje significativo de hierro altamente carbonoso, o en algunos casos puede consistir principalmente de tal hierro. En
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

29428



uno u otro de los últimos casos, la condición martensítica por ejemplo, o en una fracción del producto, o durante parte del tiempo de la operación, interferiría seriamente con el briquetado, cuya dificultad se obvia considerando el presente procedimiento.

5.

La Figura 3 muestra la relación existente entre el porcentaje de metalización del mineral y contenidos de carbón combinado (en el hierro reducido), según se ha sido determinado a partir de vueltas con operaciones de reducción del tipo anteriormente descrito y utilizando mineral de hierro de grado medio o aún bajo, creyéndose actualmente que tal relación es aplicable generalmente para varias operaciones de reducción de este tipo sobre diferentes minerales. Como se verá,

10.

el contenido de carbón combinado generalmente no es mayor de un 0,1% (midiéndose tal porcentaje aquí o en cualquier otra parte sobre el propio hierro reducido) cuando la metalización es menor del 90%, considerando que la inferior al 90% del hierro combinado se ha convertido en forma metálica. Cuando la metalización alcanza valores sustancialmente por encima del 90%, el carbón combinado se eleva por encima del 0,2%, alcanzando a menudo valores de 0,6% a 0,8% con metalizaciones que ahora son accesibles en la práctica. La presencia

15.

de más del 0,15% de carbón combinado se entiende que representa una condición crítica para el uso de la presente invención, por ejemplo en orden a obtener un briquetado efectivo del producto final por compresión, y en orden claro está a obtener el briquetado deseado cuando el material alcanza tales concentraciones de carbón solamente en algunos tiempos o en algunas

20.

de más del 0,15% de carbón combinado se entiende que representa una condición crítica para el uso de la presente invención, por ejemplo en orden a obtener un briquetado efectivo del producto final por compresión, y en orden claro está a obtener el briquetado deseado cuando el material alcanza tales concentraciones de carbón solamente en algunos tiempos o en algunas

25.

de más del 0,15% de carbón combinado se entiende que representa una condición crítica para el uso de la presente invención, por ejemplo en orden a obtener un briquetado efectivo del producto final por compresión, y en orden claro está a obtener el briquetado deseado cuando el material alcanza tales concentraciones de carbón solamente en algunos tiempos o en algunas

30.

de más del 0,15% de carbón combinado se entiende que representa una condición crítica para el uso de la presente invención, por ejemplo en orden a obtener un briquetado efectivo del producto final por compresión, y en orden claro está a obtener el briquetado deseado cuando el material alcanza tales concentraciones de carbón solamente en algunos tiempos o en algunas



29428

- fracciones del producto final. El procedimiento, que incluye la refrigeración especial para obviar estructuras martensíticas, es no obstante altamente deseable para dar briquetas de buena solidez, donde el carbón combinado está por encima de un valor en la zona de 0,1% a 0,15%, por ejemplo 0,12%, o donde el producto puede proporcionar tal contenido de carbón, ya sea continuamente o en tiempos.
5. La Fig. 4 muestra la relación existente en ensayos de hierro reducido mediante procedimientos del tipo anteriormente descrito, entre la solidez de la briketa y contenido de carbón del hierro metálico reducido. En este gráfico, la curva 40 representa material que en la descarga del horno 10 (Fig. 1) se enfrió directamente a la temperatura inferior deseada, no oxidante, mediante el paso de templado único, por ejemplo refrigeración esencialmente instantánea a través del descenso total de temperatura, mientras que la curva 42 representa el producto que se ha enfriado mediante la operación de dos fases, tal como se muestra en la Fig. 1, incluyendo una refrigeración relativamente pequeña para un valor de 1100°F o inferior, seguida por una fase de templado. El contenido de carbón se expresa en porcentaje de hierro metálico, mientras que la solidez de la briketa se expresa en términos de un ensayo standard como aplicado a briquetas comprimidas con una presión de aproximadamente 35 toneladas por pulgada cuadrada, sin utilizar ligadores en el material. En el ensayo de solidez, las briquetas se realizan como barras de dimensiones standard, como por ejemplo que tienen una sección transversal rectangular
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

294281



- de media pulgada de ancho y un cuarto de pulgada de grueso y una longitud de una pulgada y cuarto, y luego se soportan horizontalmente en dos puntos espaciados, una pulgada entre sí, mientras se aplica fuerza a una pequeña area de la superficie superior entre tales puntos.
5. Los valores utilizados para el gráfico de la Fig. 4, son valores de carga calculados a partir de los pesos así aplicados para la llamada resistencia de fibras, a las que las barras rompen en el ensayo descrito. Esta
 10. nueva determinación de resistencia se realiza de acuerdo con el procedimiento standard 15-51 de la Metal Powder Association, publicado por esta asociación como "Método para determinación de nuevas resistencias de especimines de polvo metálico comprimido".
 15. En general, se desea que la propiedad de briquetado del producto de hierro final en las operaciones existentes sea tal que resista las condiciones usuales de embarque, manipulación y almacenado que se encuentran en la industria del acero. Se cree en el presente, que
 20. estas propiedades se aseguran, en muchos casos, si el concentrado de hierro exhibe una nueva solidez, en el ensayo anterior, de por lo menos 1500 libras por pulgada cuadrada, por ejemplo para hallarse en una región de la gráfica por encima de tal valor para la rotura de la
 25. barra de esfuerzo, aún cuando en algunos casos se conciba que puedan ser satisfactorias solidesces por debajo de 1000 libras por pulgada cuadrada. Como se observará, el material que se ha enfriado totalmente por templado, está falto de este conjunto de requerimientos cuando al
 30. contenido de carbón combinado se eleva apreciablemente



294281

por encima de 0,12%, mientras que el producto del presente procedimiento muestra buena propiedad de briquetado por ejemplo una solidez de 1500 libras por pulgada cuadrada o más, hasta valores de carbón combinado relativamente elevados, aún del 1,0% y más.

5.

Como se indica, el material descargado desde el horno 10 tiene una temperatura elevada, incluyendo generalmente la operación de reducción temperaturas del orden de 1900°F. a 2100°F o ligeramente superiores, especialmente en el extremo de descarga, aunque el hierro no se halla fundido y la temperatura se controla muy preferentemente para obviar incluso sinterización apreciable. En general, la descarga tiene una temperatura de por lo menos unos 1700°F, siendo en todos los casos

10.

por encima de 1350°F, y casi siempre, muy substancialmente superior de 1400°F. Como se expuso, un requerimiento básico de la presente invención es que la descarga del horno se enfríe en tal forma, por lo menos por debajo de un valor inferior a unos 1200°F o por lo menos en declive desde 1350°F a un punto inferior a 1200°F,

15.

para evitar la aparición de martensita apreciable en el producto enfriado, observándose que si la refrigeración se controla apropiadamente hasta como por ejemplo - 1170°F o de preferencia algo por debajo, el hierro con contenido de carbón se estabiliza en forma no martensítica, y puede después de esto conducirse a la temperatura inferior final para el templado. En general, parece que si la operación en el refrigerador circular es tal para conducir la temperatura del material hasta

20.

unos 1150°F en la proporción práctica de 300°F por minuto

25.

30.



294281

- o más lentamente, se obtienen resultados altamente satisfactorios. Alternativamente, se concibe que aún a muy rápida refrigeración puede utilizarse para reducir el producto del horno a unos 1350°F, y es significativo proporcionar una refrigeración inferior, por ejemplo a 1170°F o 1150°F, para la deseada propiedad de briquetado final (con ausencia de martensita), aunque, como se indicó antes, la estructura metálica puede no ser verdaderamente perlítica. En un sentido más general, parece que pueden obtenerse resultados efectivos cuando, por lo menos durante algunos minutos, se ocupa en llevar el producto del horno desde una temperatura que puede ser tan alta como 2100°F a una temperatura de 1170°F a 1100°F, sin descenso repentino durante el curso del cambio desde unos 1400°F a por debajo de 1200°F.

- Sin embargo, la operación total de refrigeración puede imaginarse más lenta que el temple-refrigeración sobre el descenso total (a unos 200°F), y una característica especial de la invención reside en el proceso de dos pasos antes descrito. Aún cuando parece que el material puede ser templado-enfriado apenas alcanza unos 1170°F, y aún cuando sea asequible ordinariamente alguna economía especial de operación al transferir el producto al tanque de temple 32 cuando se halla no más abajo de, por ejemplo, 1000°F a 900°F, se observa que se obtiene sin embargo ventaja substancial de la invención cuando el material alcanza un valor substancialmente inferior en el refrigerador circular, por ejemplo aún hasta 300°F, donde las variaciones en relación de producción pueden algunas veces (mediante tiempo



2 P 4281

más largo en el refrigerador u otra forma) permitir o requerir extensión de esta temperatura antes del templado.

- 5. Se observará, que en todos los casos el primer o más anterior paso de refrigeración (cuando también se halla el paso de templado) se efectua en condiciones no oxidantes. Sin embargo, tales condiciones pueden envolver la provisión de la adición de gas inerte o reductor, lográndolas efectivamente el sistema de la Fig. 1, simplemente por comunicación
- 10. del frío con el interior de la estructura del horno 10-14, siendo la atmósfera en el último esencialmente no oxidante, a lo menos substancialmente en todos los puntos alejados del extremo de entrada 12, a partir del cual los gases desperdiciados se descargan
- 15. a través de una chimenea, no representada.

- 20. Como un ejemplo de funcionamiento, con un horno del caracter y dimensiones descritas anteriormente y con un refrigerador rotatorio que tiene un diámetro de 6 pies y longitud entre cierres 20, 22, de 40 pies, la alimentación al horno comprende 554 toneladas (básicamente secas) de mineral de magnetita que contiene 67,49% de hierro, representando una potencia de 374 toneladas de hierro. Con una potencia total de 410 toneladas de coke, y un menor contenido de caliza para el propósito antes indicado, el horno funcionará empleando una lenta, pero continua, alimentación
- 25. de los materiales sobre un tiempo de ocho días requerido para manipular la cantidad total citada. El material tarda aproximadamente doce horas en pasar a través del
- 30. horno, regulándose las temperaturas y condiciones como

294281



- se apreciará seguidamente, para alcanzar una metalización elevada, incluyendo temperaturas a través por lo menos de una mayor parte del horno del orden de 1900° a 2100°F, con el producto del horno descargado a unos 2000°F a 2100°F. El producto de la operación descrita contenía un total de 379 toneladas de hierro, metálico y combinado (incluyendo hierro recogido de o contenido en el coque y otro material), y mostraba una metalización promedio de 93,56%, o un contenido total de hierro metálico de unas 355 toneladas. En un período de 24 horas de la operación, la metalización promedio fue de 96,7%.

- La descarga del horno se trasladó lentamente, pero de forma continua, a través del refrigerador circular 18, que desplazaba a través de un baño externo de agua según se representa, y que descargó el material a través del conducto 24 a una temperatura muy debajo de 500°F. En el tanque de temple por agua se redujo ulteriormente y substancialmente en forma instantánea, a una temperatura de unos 90°F, y después de ello se concentró para rendir un producto de hierro final que consiste en 93,5% de hierro metálico, en el promedio. El sedimento y el producto finamente dividido se briquetó satisfactoriamente, rindiendo briquetas coherentes de elevada solidez, bien por encima de las standard indicadas antes. La función del refrigerador 18 fue tal como para reducir la temperatura del material descargado del horno a un promedio de unos 100°F por minuto.

- En otro ensayo de la invención, utilizando

294281



otro equipo de medidas de ensayo, pero comprendiendo operaciones similares, se redujo un mineral que consta de pellas de taconita preformadas, se trituró y mezcló con coke desmemuzado (en la proporción de 20 partes por peso de la taconita para 8 partes y media de coke) en un horno a una temperatura de 1970°F, durante 2 horas y media. La carga se enfrió luego hasta 1100°F en una atmósfera de nitrógeno (en una relación de refrigeración de menos de 200°F por minuto) y después de ello se templó en agua. Mediante trituración y concentración con ayuda de separación magnética, se obtuvo un producto de hierro con briquetado plenamente satisfactorio, mostrando las briquetas una nueva solidez de 1650 libras por pulgada cuadrada, bajo las condiciones de ensayo standard mostradas anteriormente. El contenido de carbón combinado del hierro reducido fue del 0,81%, apareciendo como completamente perlítica la estructura metálica.

Para comparación, se realizó una operación similar, utilizando iguales cantidades de los mismos materiales, pero sin refrigeración lenta, siendo la carga inmediatamente templada en agua desde una temperatura de 1970°F. En este caso la nueva solidez (sobre el ensayo anterior) de las briquetas fue solamente de 100 libras por pulgada cuadrada, siendo el carbón combinado el 0,64% y siendo la estructura claramente martensítica.

Como ilustración ulterior de la aplicabilidad del procedimiento para una amplia variedad de minerales de hierro (incluyendo minerales que se extienden por

294281



- un contenido de hierro tan bajo como del 20 al 30%), se realizó una operación con un mineral de hematites, 15 partes en peso, menudo de coke 12 partes en peso y caliza dolomítica 0,3 partes. En este caso, la
5. carga se mantuvo a 1800°F o por encima, durante un período de 7 1/2 horas en el horno, y luego se enfrió bajo nitrógeno a 1100°F, como en la operación utilizando taconita. Luego se temple el material en agua, a una temperatura no oxidante. Después de la trituración
10. y separación, el polvo de metal mostró una nueva solidez de 1500 libras por pulgada cuadrada para briquetas, con un contenido de carbono combinado de 2,19% y con una estructura totalmente perlítica. En contraste, una operación utilizando 17,4 partes en peso de hematita
15. Labrador, manganoferrosa, 13,9 partes en peso de menudos de coke y 0,4 partes de caliza dolomítica, se realizó esencialmente como en el último ejemplo, pero a una temperatura de 1900°F para un tiempo de horno de unas 7 horas. El producto del horno se temple a partir de
20. 1900°F en agua. Tras trituración y separación, el material de hierro final mostró una nueva solidez de valor esencialmente cero, en la que no se pudo realizar substancialmente briquetas coherentes. El carbón combinado fue 0,92%, siendo la estructura claramente martensítica.
25. La efectividad del presente procedimiento en proporcionar una elevada solidez de briqueta para el producto de hierro y suprimir las dificultades de briquetado como en los ensayos comparativos anteriores con simple templeado, se ha demostrado abundantemente por
30. estos y otros ensayos. Las curvas mostradas en las

294281



Figuras 3 y 4, especialmente la última, ilustra la mejora en una forma gráfica, comprendiéndose, además, que como líneas uniformes estas curvas representan una aproximación o promedio de los valores de ensayo efectivos, que pueden desviarse individualmente en alguna extensión (como es usual en trabajo experimental) en puntos precisamente sobre las curvas.

5. Se apreciará que, en general, el templado implica una operación de refrigeración relativamente súbita, en la que se produce esencialmente o casi instantáneamente un descenso de temperatura deseado del material, al exponer el material a una caja de líquido no oxidante. Sin embargo, en algunos casos tal líquido puede concebirse como un amplio flujo de un gas frío, no oxidante; ventaja especial y no corriente aparece al servirse, en el presente procedimiento, de un líquido templado, por ejemplo mediante descarga del material dentro de una caja de líquido, o al utilizar corrientes o lluvias de líquido. El líquido puede ser, por ejemplo, aceite u otro hidrocarburo líquido adecuado, o muy preferentemente agua, como se ha descrito antes. Por cierto que la refrigeración por contacto de líquido, especialmente al expedir el material debajo de la superficie del líquido, tiene considerable valor especial como fase final en el presente procedimiento (tal como se ha mencionado antes) aún donde la temperatura de reducción pueda ser algo más lenta que instantánea.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

30. Las briquetas coherentes, comprimidas a presión, de lata solidez, de material de hierro produ-

294281



- cidas por el presente procedimiento y que contienen del 90% en adelante de partículas de hierro que tienen un contenido medio de más del 0,2% de carbón combinado parecen constituir un nuevo producto de utilidad especial, según se explicó antes. Tales briquetas se realizan del concentrado final de hierro al comprimirlo bajo presión elevada, por ejemplo de 35 toneladas por pulgada cuadrada y más; están libres substancialmente de agentes ligadores, siendo coherentes completamente por la adherencia mútua de las partículas de hierro.
5. El material finamente dividido del que se constituyen las briquetas, por ejemplo el producto de hierro derivado de triturar y concentrar el material resultante de las fases de reducción y refrigeración descritas anteriormente, puede considerarse que comprende del 90% al 99,4% de partículas de hierro metálico, substancialmente exento de martensita, 0,5% a 5% de material óxido de hierro y 0,1% a 5% de impurezas, y tener una capacidad de coherencia que satisface el ensayo descrito antes, muy de preferencia respecto a la resistencia a una tensión de fibras de por lo menos 1500 libras por pulgada cuadrada. Las briquetas tienen una densidad en el orden de 310 a 365 libras por pie cúbico, preferentemente en o cerca del valor superior, que es menos perceptible que la densidad de hierro solidificado de la forma fundida. Así, las briquetas u otras formas comprimidas de material finamente dividido posee propiedades de densidad, térmicas y eléctricas, muy favorables para técnicas de fundición.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

294281



Es de comprender que la invención no se limita a las realizaciones específicas aquí descritas, ya que podrá realizarse en otras formas sin salirse del espíritu del invento.

294281



N O T A

Descrito el objeto del presente invento, se declaran nuevas y no practicadas en España, las siguientes reivindicaciones:

5. 1. Perfeccionamientos en el proceso de producir hierro en la forma de briquetas capaz de ser tratado posteriormente para producir acero en un horno de solera abierta, caracterizados por comprender los pasos de reducir un mineral de hierro que tiene un contenido substancial de ganga en una zona de reducción, constituido por un horno circular, el suministrarse el material mezclado con un material reductor carbonáceo en el citado horno y el pasar el mineral y material carbonáceo a su través, mientras que se mantienen las temperaturas dentro del mencionado horno insuficientes para fundir el material de hierro, pero por lo menos a unos 1700°F y con ello realizar toda la acción de reducción del citado proceso; pasar el material de hierro reducido de la mencionada zona de reducción a la zona de refrigeración, que está en comunicación abierta con la entrada de la mencionada zona de reducción, pero se halla fuera de contacto con la atmósfera, y tiene su atmósfera mantenida solamente inoxidante por su comunicación abierta con la citada zona de reducción; sustraer calor del material de hierro en la mencionada zona de

294281



- refrigeración, de forma que se le enfrie en una extensión de temperatura que incluye la zona por debajo de unos 1350°F a una temperatura inferior a unos 1200°F en una relación no superior a unos 200°F por minuto,
5. de forma que se prevenga la transición de cualquier proporción substancial del hierro presente a una forma de martensita; después de esto, enfriar fuera de contacto con el aire, a una temperatura suficientemente baja para eludir oxidación atmosférica apreciable; pulverizar
10. el producto enfriado y separar el material pulverizado en, por lo menás, una fracción que contiene una cantidad practicable máxima del hierro reducido presente y, por lo menos, otra fracción que contiene la mayor parte de la ganga originariamente contenida en el mineral arriba
15. citado; y comprimir la citada fracción que contiene hierro para formar con el mismo briquetas sin adicionarle ninguna cantidad substancial de cualquier material aglomerante, teniendo las briquetas así formadas una nueva solidez de, por lo menos, unas 1000 libras
20. por pulgada cuadrada.

2. Perfeccionamientos, según la reivindicación 1, caracterizados porque la fase de substracción de calor del material de hierro en la mencionada zona refrigerante, se realiza al exponer el exterior del recipiente
25. que comprende la citada zona refrigerante a un líquido refrigerante; y en que la fase de refrigeración ulterior con el material sólido fuera de contacto con el aire, a una temperatura suficientemente baja para evitar oxidación

294281



atmosférica apreciable, se efectua al templar el material sólido en un líquido acuoso.

3. Peffeccionamientos en el proceso de producir hierro.

5. Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva que consta de 32 páginas foliadas y escritas a máquina por una sola cara, acompañadas de 2 láminas de dibujos.

Madrid, a 7 de diciembre de 1963.

10.

EUSEBIO CORTES CHERTO

D.a.

JAIPE ISEPN HERALLES

P.R.

11/12/63

2.942.81



Fig. 1

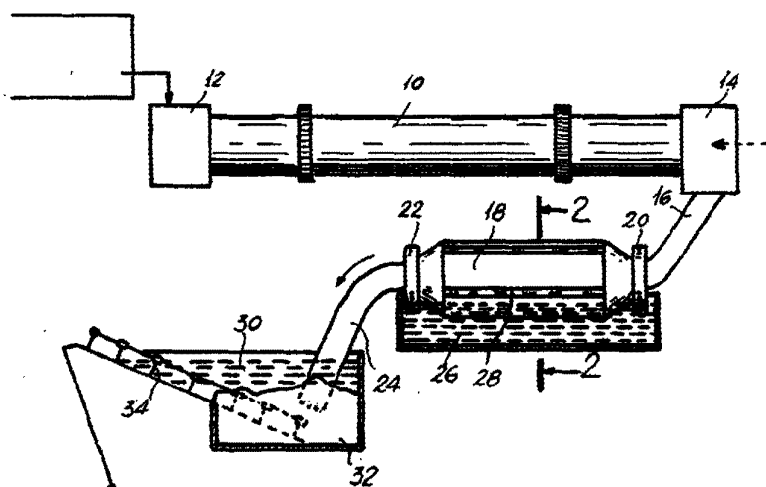
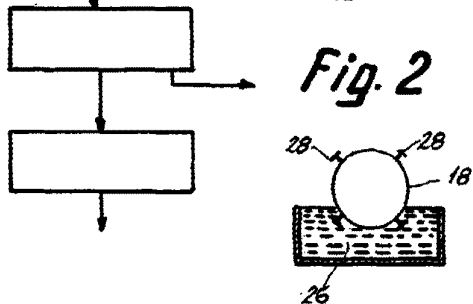


Fig. 2



Madrid, diciembre 1963.

J. Jaime Izern

296233



Fig. 3

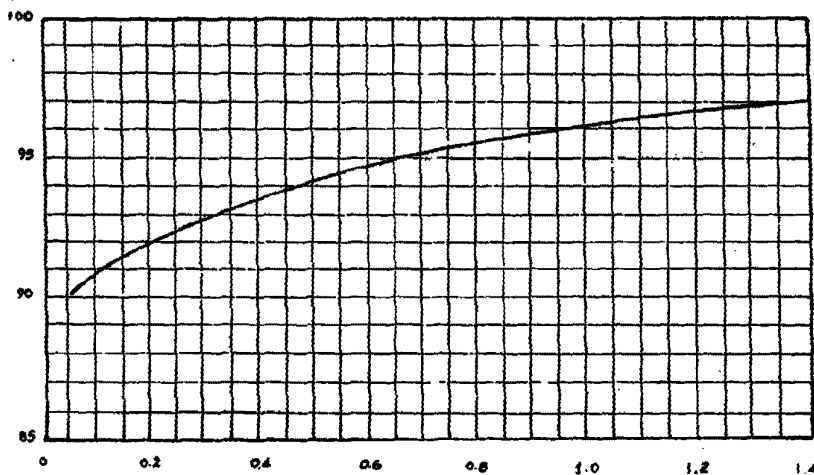
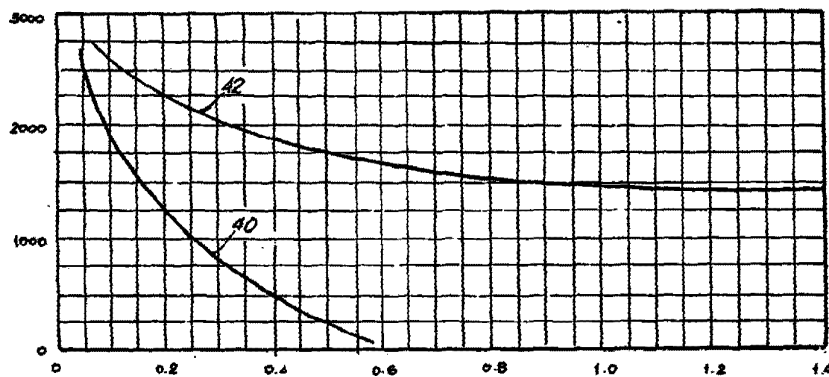


Fig. 4



Madrid, 7 diciembre 1963

D.P. Jaime Isern