



P A T E N T E

a favor de

JOHN WILLIAM HORNSEY, DE OAKES-IN-NORTON, BY SHEFFIELD,
INGLATERRA

por

PERFECCIONAMIENTOS EN METODOS DE PRODUCIR METALES DE
MINERALES DE HIERRO Y SEMEJANTES

---- o ----

M e m o r i a D e s c r i p t i v a .

La presente invención se relaciona con la producción de metal de minerales de hierro y semejantes, y es especialmente aplicable para la reducción de los óxidos de hierro para producir hierro metálico. En los últimos años se han hecho muchos esfuerzos con el objeto de resolver el problema de producir hierro directamente del mineral sin fundir el hierro ó la escoria contenida en el mineral, pero ninguno de esos procedimientos ha resultado ser de buen éxito cuando se han probado sobre una escala comercial, ni tampoco se ha inventado ningún procedimiento por el cual es posible obtener un producto satisfactorio de los minerales de baja calidad, así como también de minerales de alta calidad.

Los métodos que se han adoptado se han relacionado especialmente con el uso de cilindros rotatorios ó alternadamente con el uso de cilindros verticales y a dispositivos similares con los cuales se han hecho esfuerzos para excluir el aire durante el procedimiento. Ninguno de esos métodos descritos en las publicaciones de patentes ha tenido éxito en excluir el aire, y en algunos casos se ha indicado definitivamente que no



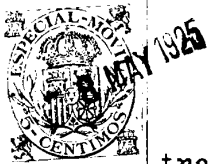
MAY 1925

es posible excluir completamente el aire. Esa exclusión del aire es un factor importante en la operación con buen éxito de este procedimiento.

Científicamente, el procedimiento para la reducción de minerales de hierro a la forma metálica, hasta ahora se ha basado en los hechos que se sabe que existen ó se cree que existen en los altos hornos. Esos hechos pueden ser brevemente descritos como sigue:

- (a) La producción de monóxido de carbono por la acción del aire u oxígeno contenido en el aire sobre el carbón (cok) calentado a una temperatura elevada, y
- (b) La producción del metal del óxido por la acción del monóxido de carbono en los minerales calentados, lo que resulta en la formación de dióxido de carbono, y la producción del metal.

Se hallará que los previos esfuerzos que se han hecho para reducir minerales por métodos directos, no descansan sobre la producción del monóxido de carbono por la acción del oxígeno sobre el carbono, sino por la acción preliminar del carbono sobre el óxido mismo, la formación de cierta cantidad de monóxido de carbono y la acción combinada del monóxido de carbono y el carbono sobre el resto de los minerales para producir la reducción. En la práctica, los inventores han usado indistintamente cualquier material carbonáceo en la forma sólida para efectuar la reducción requerida, y han calculado el contenido reductor de la materia carbonácea, como carbón. Se basa la reacción en este procedimiento sobre una serie diferente y más compleja de reacciones químicas, y por ese motivo se ha inventado una instalación que se diferencia en muchos puntos esenciales de cualquiera otra instalación que se ha indicado. Cuando se usa el material carbonáceo que puede ser escogido para el fin que se persigue, y que puede ser carbón, turba, lignito ó cualquier otro material similar, se prefiere usar uno que contenga una gran proporción de hidrocarburo.



Es cierto que la reducción puede efectuarse simplemente tratando los minerales de hierro con el cok ó carbón puro en la forma de carbón vegetal, pero la temperatura requerida para esa reacción, ó de todos modos, para comenzar esa reacción es mucho más elevada de la que se ha usado.

Con el objeto de hacer que el procedimiento pueda entenderse claramente, se explicará en la presente el modo de efectuarse las reacciones químicas que ocurren durante el procedimiento de la reacción. La primera de esas reacciones es liberar la materia carbonácea de los hidrocarburos arriba mencionados y con una temperatura relativamente baja. Ppr supuesto, que es un hecho muy conocido que el carbón y otros materiales similares comienzan a dar sus hidrocarburos con una temperatura notablemente más baja de 500 grados Centígrado, y después que los hidrocarburos son expelidos, virtualmente no queda nada más que el carbón puro. Los hidrocarburos liberados del carbón de ese modo, son virtualmente estables y por lo tanto, es imperativo en la presencia en los óxidos a menos que estén en contacto con los óxidos a una temperatura mucho más elevada de 500 grados Centígrado, y por lo tanto, se hacen arreglos en el procedimiento, de suerte que los hidrocarburos despues que se ha liberado la materia carbonácea, son inmediatamente elevados a una temperatura que hará que se efectue la destilación destructiva de todos ó de la mayor parte de ellos, con el resultado de que el carbóno naciente y el hidrógeno naciente que son agentes reductores activos muy conocidos, se forman, y se ha hallado en la práctica que el carbono en su condición naciente es un agente reductor mucho más activo de los dos. También se prevee que habrá un excedente de material carbonáceo, y que cuando se reduce a la forma de carbono habrá algún carbono libre presente para el fin que se mencionará más adelante.

Se cree que la reacción ocurre primariamente por la acción del carbono naciente sobre los óxidos. Eso resulta en la formación ciertamente de CO, y probablemente de CO₂. Sin em-



bargo, el CO_2 no puede existir en la presencia de carbono libre a una temperatura elevada, aunque puede continuar existiendo en pequeñas cantidades en el presente procedimiento, pero no en cantidades suficientes para ser de una naturaleza nociva. El CO_2 formado por la acción del carbono naciente sobre los óxidos por lo tanto, puede ser fácilmente reformado a CO , ya sea completa ó parcialmente, y ese CO contribuye a la acción general de reducción debido a sus cualidades reductoras. Similarmen- te es probable que el hidrógeno liberado en una condición naciente en la presencia de óxidos, forme momentáneamente algún vapor, que sin embargo, como es muy sabido no puede existir como tal en la presencia del carbono libre a una temperatura elevada. Por consiguiente, más CO es formado y el hidrógeno es liberado, como ya se ha indicado. Por lo tanto, en el presente procedimiento y debido a la disposición general de la instalación, hay dispositivos por los cuales todos esos agentes reductores diferentes contribuyen a la operación general y esa es probablemente la razón por qué el procedimiento de la presente invención es mucho más rápido que cualquiera de los otros procedimientos conocidos. También se ha hallado en los trabajos experimentales bastante apoyo para otra teoría que se cree tenga alguna influencia sobre la cuestión entera, es decir, que el primer hierro puro producido por el procedimiento contribuye en la operación de actuar como un catalista en la reducción del óxido de hierro presente, tratándolo como naturalmente debe hacerlo, de tomar alguna cantidad del oxígeno y de ese modo tratando a liberar el oxígeno de un modo mucho más fácil.

También se ha hallado que en el curso del procedimiento arriba descrito, tanto los compuestos de fósforo como de azufre están virtualmente eliminados.

Habiendo explicado los objetos principales y teorías que se relacionan con el procedimiento, ahora se hará la descripción detallada del mismo.

Se toma el mineral y se le tritura, de suerte que pase



a través de una malla de como 6 m/m. , y en esa forma se le introduce en un cilindro rotatorio que es substancialmente horizontal, pero se le deja que tenga una ligera inclinación hacia su salida y de como 6 m/m. por 30'c/m. En ese cilindro que se describe como cilindro de previo calentamiento, el mineral es elevado a la temperatura aproximadamente igual a la que es necesaria en el cilindro reductor por la combustión de los gases de agua del cilindro reductor. El mineral es así calentado y pasa del cilindro de previo calentamiento por medio de la gravedad, al cilindro reductor, que es un cilindro rotatorio similar que tiene la misma inclinación. En ese cilindro el material carbonáceo que puede ser usado, se introduce ya sea a la entrada del cilindro ó en cualquier otro punto que sea más conveniente y que puede variar de acuerdo con la composición química del agente reductor que se emplea. Por ese medio, el agente reductor es instantáneamente calentado y al propio tiempo mezclado con y cubierto por el mineral, con el resultado de que el contenido de hidrocarburo del material carbonáceo es liberado, y entonces se hace sumamente activo y de la manera a que ya se ha hecho referencia. El cilindro reductor es calentado a la temperatura necesaria por un chorro de llama producido por la introducción de combustible finamente dividido con aire suficiente para poner en combustión como dos terceras partes del combustible. Después de su paso a través del cilindro reductor, el producto (que consiste de hierro, algún carbono en la forma de cok y la ganga) también cae por la gravedad en el tercer cilindro rotatorio, similarmente inclinado y que es enfriado por una pulverización de agua en la parte de afuera, por cuyo medio el producto al salir del tercer cilindro está más o menos a la temperatura atmosférica, y en cuya forma puede ser pasado con seguridad al aire y sin temor de re-oxidación. Es pasado de ese modo a través de un transportador adecuado, que es diseñado con el objeto de formar su propio sello para evitar la entrada del aire en ese punto, y después de haber sido tamizado para eliminar las particulas



finas de carbón, a medida que es pasado por sobre uno ó más separadores magnéticos diseñados de tal modo, de suerte que el hierro en el producto es separado de las impurezas. El hierro obtenido de este modo puede ser tratado con el objeto de producirlo de un tamaño mayor. Sale del tercer cilindro en pequeñas partículas que varían de una malla de 6 m/m., a un tamaño mucho más pequeño. El objeto del tratamiento final es aumentar el tamaño de esas partículas, y con el objeto de hacer éso pueden ser comprimidas en una prensa adecuada ó pasadas a través de otro cilindro, en el cual son calentadas a una temperatura en la cual las partículas se sueldan juntas y el producto puede ser pasado después a través de una cámara de enfriar.

Los cilindros rotatorios que se usan, están sellados en ambos extremos por un sello con un diafragma flexible, que automáticamente responde a cualquier cambio en la posición relativa del cilindro rotatorio y los extremos fijos ó cámaras, ya sean causados por la expansión y contracción, ó por la excentricidad ó rotación, que tienen buen éxito en virtualmente eliminar toda la posibilidad de que el aire penetre en los cilindros. Sin embargo, además de éso se hacen arreglos para hacer pasar parte de los gases de agua que son producidos en el procedimiento de reducción a través de un soplador adecuado y al extremo de salida del tercer cilindro ó sea el de enfriar y esos gases pasan a través de la instalación entera, en una dirección contraria a aquella en la cual los minerales y el producto llevan, de suerte que la atmósfera dentro de la instalación es neutral ó reductora. Si fuere necesario se puede disponer que la instalación entera esté bajo una ligera presión lo cual constituye una protección adicional contra la admisión de aire.

Un punto especial del procedimiento es que virtualmente ningún aire puede entrar en la instalación, excepto el aire que se inyecta especialmente en los cilindros primero y segundo,



con el objeto de efectuar la combustión de los gases en el cilindro No. 1, y la combustión parcial del combustible en el cilindro No. 2, con el objeto de calentar esos cilindros a la temperatura requerida.

Por lo anterior se desprende, que los cilindros primero y segundo son calentados internamente y por lo tanto, forrados con ladrillos adecuados ó con cualquier otro material de forro, con el objeto de evitar que se escape el calor.

Los puntos esenciales a que se ha hecho referencia brevemente en la solicitud, pueden ser ligeramente ampliados como sigue.

Se prefiere usar un cilindro substancialmente horizontal con la inclinación más ó menos como la arriba indicada, porque se ha hallado que si se imparte una inclinación mayor al tubo rotatorio que la que ya se ha indicado, entonces las partículas mayores del mineral ó producto tienden a pasar a través de los cilindros con más rapidez que las más pequeñas, y por lo tanto, no están sujetas a la atmósfera reductora, siempre que las partículas más pequeñas, ó mejor dicho, por tanto tiempo como las partículas más pequeñas, y de aquí que no reciben la misma cantidad de tratamiento.

Con el objeto de producir el producto especial de hierro substancialmente puro, se prefiere mantener una temperatura tanto en los cilindros de previo calentamiento como de reducción, de aproximadamente 850 grados a 900 grados Centígrado, pero no es detrimental para el procedimiento, ni tampoco para la calidad del producto resultante, si la temperatura es ligeramente más elevada ó ligeramente más baja, ni tampoco es necesario que la temperatura en el cilindro de previo calentamiento sea casi tan elevada como la mantenida en el cilindro reductor, pero es mejor que los dos cilindros se mantengan virtualmente con la misma temperatura.

Con preferencia conviene mantener en la instalación la presión atmosférica, pero se ha hallado que no es detrimental para el procedimiento si se permite una ligera presión mayor



que la atmosférica, ni tampoco sería detrimental si se mantiene un ligero vacío, o para mayor claridad, si se suministran los medios para sacar los gases del material. Por lo tanto, en la presente no se limita únicamente a la presión atmosférica ni al vacío, porque el procedimiento es completamente satisfactorio por cualquiera de esos métodos.

Con respecto al forro del cilindro de previo calentamiento y reducción, es conveniente que ese forro sea de algún material en la forma de ladrillo ó de otro modo, que no sea atacado por los gases reductores. Con el objeto de evitar la posibilidad de que suceda éso, se prefiere usar un doble cilindro que consiste de hierro, y disponerle de suerte que el material de forro esté colocado entre los dos cilindros para que los gases solamente puedan chocar contra el núcleo de hierro interno. Se ha hallado que es conveniente antes ó después, -- someterle a alguna acción por la cual pueda ser pulido ó parcialmente pulido, y por la cual cualquiera de las pequeñas partículas de impurezas que se hayan adherido a la superficie de las partículas sean completamente eliminadas. La cantidad de impurezas que se adhieren de ese modo, es sumamente pequeña y cuando se funde el hierro para el uso práctico, éso no es objeccionable; pero con el objeto de obtener la calidad más elevada del producto que es posible, se prefiere adoptar el método ya mencionado. Ese pulimento puede ser efectuado haciendo girar el producto con algún material tal como el aserrín, el cuero viejo, etc., que ejercerán un efecto de pulir sobre las partículas.

Es conveniente que un método se adopte para introducir el mineral en el cilindro de previo calentamiento, y el agente reductor carbonáceo en el cilindro reductor, de tal manera que en el punto de introducción no haya ninguna posibilidad de que pueda penetrar el aire. Con el objeto de llevar a cabo éso, se proporcionan transportadores adecuados, que están provistos con toberas, cuyos extremos ajustan de una manera hermética en los diversos cilindros, de modo que el material



forzado en la tobera esté siempre empaquetado apretadamente allí y formando de ese modo un sello que evita la entrada del aire.

N O T A

Se reivindica como objeto de la presente Patente: -

1 - El método descrito en la presente de procedimiento continuo de producir hierro del óxido del mineral, caracterizado por el hecho de que consiste en calentar el mineral en condición finamente dividida en un cilindro rotatorio, en descargar el mineral calentado en un cilindro reductor rotatorio, en introducir el combustible reductor, aproximadamente en el lugar de introducción del mineral calentado, y enfriar el producto.

2 - Un procedimiento continuo de producir hierro, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el producto es enfriado con la exclusión de todo el aire, excepto el que se requiere para mantener la combustión necesaria.

3 - Un procedimiento continuo de producir hierro de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el combustible reductor es un material carbonáceo finamente dividido.

4 - Un procedimiento continuo de producir hierro de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que un combustible carbonáceo es introducido en una región en donde la temperatura es tal, que con prontitud se forman el carbono naciente y el hidrógeno naciente.

5 - Un procedimiento continuo de producir hierro de óxido del mineral, caracterizado por el hecho de que consiste en triturar el mineral, en calentar el mineral triturado en un cilindro rotatorio, en descargar el mineral calentado en un cilindro rotatorio reductor, en introducir un combustible carbonáceo en una región en donde la temperatura es tal que el carbono naciente y el hidrógeno naciente son inmediatamente formados por la destilación destructiva de los hidrocarburos.

6 - Un procedimiento continuo de producir hierro de acuerdo



con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la inclinación del cilindro reductor es tal que las partículas finas y las gruesas recorren allí substancialmente juntas.

7 - Un procedimiento continuo de producir hierro en estado sólido, de óxidos del mineral triturando el mineral, precalentando el mineral triturado, reduciendo el mineral calentado y enfriando el producto, caracterizado por el hecho de que el calentamiento, reducción y enfriamiento se llevan a cabo por la admisión controlada del aire y la exclusión de todo el aire por sobre los requisitos de la combustión necesaria.

8 - Perfeccionamientos en métodos de producir metales de minerales de hierro y semejantes.

Barcelona 8 de mayo de 1925.

P. A.

Francisco Langner