



385545

CLASE	e 21
SUBCLASE	B

MEMORIA DESCRIPTIVA

de una Patente de Invención a nombre de:
 HOTTENWERK OBERHAUSEN AG., de nacionali-
 dad alemana, domiciliada en 42 Oberhausen,
 Essener Str. 66 (Alemania); por: "PROCEDI-
 MIENTO PARA LA FABRICACION DE BOLAS AMASA-
 DAS EN VERDE DE MINERAL DE HIERRO".

.....ooo000ooo.....

El invento se refiere a la fabricación de bolas ama-
 sadas en verde de mineral de hierro aglomerable que se pueden
 utilizar inmediatamente, es decir sin un proceso de cocción
 previo, en instalaciones de reducción directa. A este objeto
 5 el mineral de hierro se mezcla por regla general con un aglo-
 merante y la mezcla se convierte en bolas por medio de los dis-
 positivos convencionales de pelletización. La resistencia de
 semejates bolas amasadas en verde durante el proceso de reducción
 no es satisfactoria. Por este motivo se trabaja en la práctica
 10 casi siempre con bolas cocidas, que a este objeto han sido pe-
 lletizadas con aglomerantes especiales, y se sobrellevan las

385545



desventajas considerables del proceso de cocción y también las influencias desfavorables del aglomerante en el proceso de reducción y en la elaboración posterior de la esponja de hierro producida. Esto se quiere remediar por medio del invento. Entrando en detalles sobre el estado de la técnica conviene mencionar lo siguiente:

Debido a su análisis casi siempre homogéneo, las bolas amasadas de mineral de hierro fino son materiales codiciados para su empleo en instalaciones de reducción directa que producen esponja de hierro, con tal de que tengan buenas características de resistencia durante el proceso de reducción. Sin embargo es desventajoso que las buenas características de resistencia se consiguen por regla general con un mayor empleo de aglomerantes que casi siempre contienen silicatos y/o alúmina y que de todos modos forman escorias, alcanzando además su plena eficacia solamente si las bolas en verde provistas de estos aglomerantes se someten a cocción. Semejantes aglomerantes se denominan más abajo aglomerantes de alta temperatura. Las desventajas descritas repercuten en varios aspectos en un aumento de los gastos, sobre todo en lo que se refiere al coste de los aglomerantes de alta temperatura y al proceso de cocción. Aparte de esto, para fundir en una instalación productora de acero las bolas de esponja de hierro producidas en la instalación de reducción, se necesita para llevar la escoria una cantidad de cal adicional, la cual hace falta además de la dotación natural para ligar el aglomerante de alta temperatura que casi siempre contiene silicatos. Esta cantidad adicional de cal y el



calor de fusión que se necesita para el aglomerante de alta temperatura y la cantidad adicional de cal así como el empeoramiento del rendimiento en hierro causado por la mayor cantidad de escoria, encarecen la producción de acero en bruto a base de las bolas así fabricadas. También resultan desventajosos los mencionados aglomerantes de alta temperatura si la esponja de hierro producida se emplea para fabricar hierro en polvo, porque si mediante instalaciones costosas y complicadas no se logra eliminar casi por completo este aglomerante de alta temperatura que se ha molido junto con la esponja de hierro, hay que contar entonces con malas características del hierro en polvo para el prensado y con un desgaste grande de las matrices de prensado.

En la literatura se aconsejan diferentes medidas para aumentar la resistencia de las bolas cocidas sin aumentar al mismo tiempo las cantidades habituales de los aglomerantes de alta temperatura que forman la escoria. Son características comunes de estos consejos el que por un lado no puede renunciarse a la cocción de las bolas amasadas y que por otro lado se necesitan considerables cantidades de material de retorno molido de las bolas como adición al mineral fino, sea en forma no reducida o en forma previamente reducida o bien en forma ampliamente reducida. Pero con esto aumentan considerablemente los gastos de fabricación de las bolas amasadas.

También se han dado a conocer ensayos para aumentar la resistencia en verde con material de retorno de bolas no reducido o prerreducido (W. Wenzel y H. Gudenau, Técnica de

385545 43 100



Elaboración 10 (1969) páginas 167/74, véanse en particular las láminas 6 y 7 en página 172). Pero un éxito se pudo obtener solamente si después de un prolongado tiempo de almacenamiento en atmósfera natural el contenido de humedad de las bolas en verde quedaba reducido. Pero se tratará de introducir las bolas en verde con su humedad natural directamente en la instalación de reducción directa, prescindiendo del almacenamiento de las bolas en verde que trae consigo desventajas técnicas y económicas. Pero entonces las cantidades de retorno añadidas no tienen influencia en la resistencia de las bolas dentro de la instalación de reducción directa. En este caso la esponja de hierro molida tampoco influye en la resistencia (véase K.Meyer, Disertación TH, Aachen 23.11.68., véanse las tablas 2 y 3 así como página 13).

También se conoce el modo de mejorar la resistencia en seco de las bolas por medio de aglomerantes como al almidón. Semejantes aglomerantes son eficaces solamente a temperaturas relativamente bajas, pierden su eficacia al comienzo del tratamiento de reducción y por lo tanto apenas pueden influir en la resistencia de las bolas durante el proceso de reducción. Por esto antes del empleo de las bolas así fabricadas es necesaria una cocción cautelosa a temperaturas bajas (véase la patente alemana 1 023 780). Semejantes aglomerantes se denominan más abajo aglomerantes de baja temperatura. Sin embargo su resistencia durante el proceso de reducción no es satisfactoria.

Por fin se conoce también el modo de pelletizar el mi-



neral de hierro fino en unión de cemento que fragua paulatina-
mente y como aglomerante infiere también a las bolas su resis-
tencia (Jonas Svensson, Informe en la 98ª reunión anual de la
AIME, del 16 al 20 de Febrero de 1969, páginas 1 + 8, Was-
5 hington). Pero en esta forma de trabajar se aumenta conside-
rablemente la proporción de las materias que forman escoria
dentro de la bola, lo que por otro lado tiene que aumentar los
gastos de elaboración de la esponja de hierro fabricada con
dichas bolas en la acerería o en la fabricación de polvo de
10 hierro.

El invento tiene el objeto de indicar un procedi-
miento con el que de un modo sencillo pueden producirse bolas
amasadas en verde que sean apropiadas para su empleo inmediato
en instalaciones de reducción directa y que tengan resistencia
15 suficiente también durante el proceso de reducción.

El invento se refiere a un procedimiento para la fa-
bricación de bolas en verde que se pueden emplear directamente,
quiere decir sin cocción previa, en instalaciones de reducción
directa, siendo estas bolas de mineral de hierro fino pelleti-
20 zables, para lo cual el mineral de hierro fino se mezcla con
un aglomerante y se pelletiza la mezcla (con los dispositivos de
pelletización habituales). El invento consiste en que al mine-
ral de hierro fino se añade polvo fino de hierro y que la mez-
cla se pelletiza con adición de un aglomerante de temperatura
25 baja en forma líquida. De acuerdo con el invento se prescinde
por lo tanto de aglomerantes de alta temperatura que forman
escoria y de todo proceso de cocción. En cambio se emplean de



5 acuerdo con el invento polvo de hierro como aglomerante y aglo-
merantes de temperatura baja, que son eficaces sobre todo a tem-
peraturas bajas y que a temperaturas elevadas se descomponen
en gases, como hidrocarburos, monóxido de carbono y vapor de
agua.

10 La combinación, de acuerdo con el invento, de seme-
jantes aglomerantes de baja temperatura con polvo fino de hie-
rro produce el efecto sorprendente de que en primer lugar las
bolas amasadas en ~~vade~~ tienen la resistencia necesaria para
ser manipuladas sin dificultades y para ser introducidas en una
15 instalación de reducción directa. En la instalación de reducción
directa se forman en las bolas de la mezcla del aglomerante de
temperatura baja con el polvo fino de hierro y el mineral de
hierro fino estructuras que también durante el proceso de re-
ducción aseguran una resistencia no solamente suficiente sino
hasta asombrosa.

20 De acuerdo con una forma de realización preferida
del invento, el procedimiento de acuerdo con el invento se rea-
liza en sus detalles de tal manera que al mineral de hierro
fino se añaden (según su procedencia) del 2 al 8% en peso,
preferentemente del 3 al 6% en peso, de polvo fino de hierro
con granulación de menos de 45,um. Mientras más fino es el pol-
vo de hierro menor puede ser la cantidad añadida de polvo de
hierro. Por regla general se añadirá al mineral de hierro fi-
25 no esponja de hierro producido en la instalación de reducción
directa correspondiente y molida hasta formar el polvo fino de
hierro, de manera que se realiza en cierto modo una circulación



del hierro que no ocasione dispendios especiales.

Como aglomerantes de temperatura baja son apropiadas especialmente aquellas materias orgánicas que pueden introducirse con el líquido de pelletización durante el proceso de pelletiza-
5 ción y que además pueden originar una mayor tensión superficial del líquido de pelletización. Así se emplean convenientemente soluciones acuosas, suspensiones o dispersiones de pegamentos orgánicos, especialmente de féculas y dextrina. De acuerdo con una forma preferida de realización del invento deben emplear-
10 se aglomerantes de temperatura baja en cantidades del 0,20 al 0,50% en peso con referencia al mineral fino.

De un modo sorprendente se hizo constar que bolas amasadas en verde fabricadas en la forma descrita a base de minerales aglomerantes con un análisis de cribado apropiado
15 con una adición de polvo de hierro se prestan de un modo excelente para su empleo inmediato en instalaciones de reducción directa, sea en hornos de cuba o bien en hornos tubulares rotativos, puesto que su resistencia mecánica aumenta durante el proceso de reducción y ellas abandonan la instalación de
20 reducción con una resistencia que no es menor que la de las bolas cocidas y reducidas. En cuanto a su resistencia en verde, las bolas fabricadas de acuerdo con el invento apenas se diferencian de las bolas en verde fabricadas en forma convencional. Si en cambio se desea obtener una resistencia en verde mayor,
25 conviene elegir en la forma indicada aglomerantes de temperatura baja que aumentan esencialmente la tensión superficial del líquido de pelletización. A este respecto el azúcar es espe-



cialmente apropiado. Cuando las bolas en verde fabricadas de acuerdo con el invento se emplean en una instalación de reducción directa, ellas, en el proceso de secado que se realiza al comienzo del proceso de reducción, obtienen al secarse una gran resistencia en seco, un efecto que es en sí conocido. Pero una diferencia esencial muestran las bolas en verde fabricadas de acuerdo con el invento en comparación con las bolas en verde convencionales durante el proceso ulterior en una instalación de reducción como un horno de cuba o un horno tubular giratorio, porque de un modo sorprendente - al contrario del comportamiento de las bolas en verde convencionales - durante el proceso que en la instalación de reducción sigue al proceso del secado, con temperaturas ascendentes cuando se descomponen los aglomerantes orgánicos de las bolas, la resistencia de las bolas de acuerdo con el invento no se pierde sino hasta se nota un aumento considerable de su resistencia mecánica. Porque en las bolas fabricadas de acuerdo con el invento ya a temperaturas debido a la presencia del polvo de hierro la mezcla de óxidos de hierro (mineral fino) y polvo de hierro y tal vez carbono empieza a entrar en reacción entre sí. Con esto se forma dentro de la bola una reticulación de puentes de cristales que aumenta la resistencia de la bola. En el curso ulterior del proceso de reducción la bola es atacada en la instalación de reducción en forma reductora por la fase gaseosa, de lo que resultan nuevas formaciones de cristales. Por fin el proceso de reducción queda terminado hasta el punto en que las primitivas bolas en verde se han convertido en bolas de esponja de hierro. Dicho



con otras palabras, lo esencial del presente invento es que los minerales finos son pelletizados del modo convencional exclusivamente con aglomerantes de alta temperatura, en cierto modo h6stiles, quiere decir productores de escorias, sino con aglomerantes afines en forma de polvo fino de hierro, aadi6ndose durante la pelletizaci6n un aglomerante de temperatura baja de descomposici6n f6cil, por ejemplo pegamento (org6nico) junto con el l6quido de pelletizaci6n. Para mantener la cantidad de polvo de hierro a aadir pequea en lo posible, el polvo de hierro debe ser de granulaci6n fina, porque si con una finura constante del mineral de hierro fino y con una cantidad constante de polvo de hierro aadido se emplea polvo de hierro de tamao granular creciente, se disminuye el n6mero de las part6culas de polvo de hierro que por unidad de volumen est6n disponibles para la formaci6n de puentes. Solamente por una nueva adici6n de polvo de hierro pudiera aumentarse el n6mero de las part6culas de polvo de hierro disponibles por unidad de volumen para la formaci6n de puentes. A la inversa se consigue con el aumento de la finura del polvo de hierro que quedando la cantidad del polvo de hierro constante y la finura de granulaci6n de mineral de hierro fino constante, se aumenta el n6mero de formadores de puentes disponible por unidad de volumen. Pero el n6mero de los puentes formados decide muy esencialmente la resistencia de las bolas atacadas en la instalaci6n de reducci6n en forma reductora. Como ya se mencion6, el polvo fino de hierro introducido con las bolas en verde representa una materia en circulaci6n, cuyos gastos principales en el trabajo con-



5 tinuo de la instalación de reducción directa consisten solamente
en los gastos de molienda de la esponja de hierro. Los aglome-
rantes de baja temperatura, por ejemplo pegamentos orgánicos,
pasan después de su descomposición finalmente al gas de reducción
y aumentan de este modo, según su composición y su cantidad, el
valor calorífico del gas de escape de la instalación de reduc-
ción en una medida correspondiente y hacen posible su aprove-
chamiento posterior.

10 En lo que se refiere al modo de fabricación de las
bolas asadas, de acuerdo con el invento son posibles dos cami-
os fundamentales, con lo que no se excluyen las transiciones
entre ambas alternativas, a saber primero la pelletización de
mezclas de polvo de hierro y mineral fino en una sola fase de
trabajo, y en segundo lugar un modo de proceder en el que como
15 primera fase se realiza una pelletización solamente del mine-
ral fino en granos de pequeño tamaño y sin adición de polvo de
hierro, después de lo cual sobre las pequeñas bolas así produ-
cidas se aplica en una segunda fase una mezcla de mineral fino
y de polvo de hierro. Por lo menos en la segunda fase se añade el
20 aglomerante de baja temperatura junto con el líquido de pellete-
ización. Por consiguiente, en el primer procedimiento de pelle-
tización mencionado el polvo de hierro está distribuido de un
modo uniforme en las bolas, mientras en el segundo procedimiento
el polvo de hierro está contenido solamente en una concha esfé-
rica exterior más o menos gruesa de cada bola. El efecto en lo
25 que se refiere a la resistencia de las bolas en verde es apoxi-
madamente igual en ambos casos.



En resumidas cuentas, las ventajas conseguidas por el invento consisten en que las bolas en verde fabricadas de acuerdo con el procedimiento del invento pueden emplearse inmediatamente y sin proceso de cocción alguno en las instalaciones de reducción directa, donde durante todo el proceso de reducción se distinguen por su resistencia sorprendente, obteniéndose este efecto con cantidades muy pequeñas de polvo fino de hierro y de aglomerantes de temperatura baja.

En lo que sigue se explica el invento de un modo más detallado con ayuda de un ejemplo de realización. Para aclarar mejor el efecto de la solidificación de las bolas fabricadas de acuerdo con el invento en instalaciones de reducción directa, sea hecha referencia de la característica más importante de la resistencia reotécnica de cargas a granel. La resistencia reotécnica en la instalación de reducción bajo condiciones en lo demás iguales es pequeña para una carga de bolas sólidas, porque la sección libre disponible para el flujo del gas varía solamente poco con el aumento de la reducción y el aumento de la temperatura. A la inversa, la resistencia reotécnica se hace grande si por falta de solidez de cada bola la carga se derrumba y se disminuye así decisivamente la sección libre por la que puedan fluir los gases. En el primer caso se medirá una pérdida de presión pequeña del gas en movimiento, mientras en el segundo caso esta pérdida será relativamente grande.

En un aparato de pelletización convencional se fabrica-



ron bolas amasadas de mineral fino de hematita con el análisis de cribado siguiente:

-0,045 -0,063 -0,090 -0,125 -0,16 -0,25 -0,315 mm Ø
44,84 73,34 95,45 99,05 99,46 99,67 100,00 % en peso

5 En una parte de las bolas (caso A) se añadió al agua de pelletización dextrina como aglomerante de temperatura baja en la proporción del 0,35% en peso con referencia al mineral fino, mientras en el caso B, además del aglomerante de temperatura baja en forma de un pegamento orgánico en cantidad de
10 0,49% en peso, se añadió al mineral fino también un 3% de polvo de hierro conteniendo un 96% en peso de granos menores de 45 µm. En el caso C la cantidad del polvo de hierro añadido se aumentó a 4% en condiciones en lo demás iguales. En el caso D por fin se analizó a título de comparación un mineral de otra
15 procedencia pero del mismo tamaño de granos. Según los resultados de los ensayos, la pérdida de presión que como consecuencia de la resistencia reotécnica se produce en una cuba de reducción directa expresada en el tanto por ciento del resultado del ensayo comparativo D es como sigue:

20	Caso A	Caso B	Caso C	Caso D
	desmoronamiento completo	85,4%	81,3%	100%
	de las bolas x p muy alto			

25 El resultado demuestra que la fabricación de bolas amasadas en verde solamente con aglomerantes de baja temperatura en forma de pegamentos orgánicos debido a la falta de resistencia de estas bolas hace imposible su empleo con temperaturas elevadas. Solamente por la adición de polvo de hierro al mineral

13



385545

fino la pérdida de presión de la carga de bolas fabricadas de acuerdo con el invento llega a ser comparable con la que se midió en una carga de mineral.

Complemento del ejemplo de realización.

5 Para comprobar que el polvo de hierro a añadir debe ser lo más fino posible, se hicieron ensayos comparativos con polvo basto y polvo fino de hierro. Uno de estos ensayos es el descrito en el caso C, en el que un 4% de polvo de hierro conteniendo un 96% en peso de granos menores de 45,um

10 se mezcló con el mineral fino. En otros ensayo, el caso E, se mezcló un 4% de polvo de hierro más basto con el 80% en peso entre las granulaciones de 45,um y 90,um y el 20% en peso de menos de 45,um con el mineral fino. Como aglomerante de temperatura baja se volvió a emplear dextrina en la cantidad

15 del 0,3% en peso. La pérdida de presión de los gases en su flujo por una cuba de reducción directa expresada en el tanto por ciento del resultado del ensayo comparativo D es como sigue:

	Caso C	Caso E
20	81,3%	275%

Este resultado muestra de manera clara que la adición de polvo fino de hierro al mineral fino da lugar a una pérdida de presión considerablemente menor de las bolas en verde tratadas dentro de la cuba de reducción directa.

385545

13



----- N. O. T. A -----

Se reivindica como nuevo y de propia invención:

5 1.- Procedimiento para la fabricación de bolas amasadas en verde de mineral de hierro fino aglomerable que pueden emplearse inmediatamente en instalaciones de reducción directa, para lo cual el mineral de hierro fino de mezcla con un aglomerante y la mezcla se péletiza, caracterizado porque al mineral de hierro fino se añade polvo fino de hierro y porque la mezcla se pelletiza con la adición de un aglomerante de temperatura
10 baja en forma líquida.

2.- Procedimiento, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el mineral de hierro fino se añade un 2 al 8% en peso, preferentemente un 3 al 6% en peso de polvo fino de hierro con granulación de menos de 45,um.

15 3.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque al mineral de hierro fino se añade esponja de hierro producida en la instalación de reducción directa correspondiente, después de haber sido molida para convertirla en polvo fino de hierro.

20 4.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque como aglomerantes de temperatura baja se emplean soluciones acuosas, suspensiones o dispersiones de pegamentos orgánicos, especialmente de féculas ó de dextrina.

25 5.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque los aglomerantes de temperatura baja se añaden en cantidades del 0,20 al 0,50% en peso con re-

385545

13



ferencia al mineral de hierro fino.

6.- PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACION DE BOLAS AMASADAS EN VERDE DE MINERAL DE HIERRO.

Tal como se describe y reivindica en la presente Memoria Descriptiva, que consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 13 NOV, 1970

BA