

191098



P A T E N T E
D E
I N V E N C I O N

191098

por "PERFECCIONAMIENTOS EN, O RELATIVOS A, LA CONCENTRACION DE MINERAL DE HIERRO", a favor de la Firma inglesa THE UNITED STEEL COMPANIES LIMITED, domiciliada en SHEFFIELD (Inglaterra), 17 Westbourne Road.

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente invención se refiere a perfeccionamientos en, o relativos a, la concentración de mineral de hierro mediante el método magnético.

5 Este método consiste esencialmente en calentar el mineral crudo en una atmósfera ligeramente reductora para convertir el sesquióxido (Fe_2O_3) en óxido ferroso-férrico (Fe_3O_4) y después enfriarlo o en gas o en aire, siendo subsiguientemente dividido el producto magnéticamente en un concentrado relativamente enriquecido en porcentaje de hierro y el cual contiene la mayor parte del hierro y restos que solamente contienen una pequeña proporción del hierro. Es sabido que cuando se enfria el mineral, 10 después del caldeo, en el aire, la temperatura a la cual es recidado el mineral debe ser mantenida por debajo de un valor lími-

191098



te, el cual há sido establecido variadamente en las obras dedica-
das a ello, con objeto de que el sesquióxido en el producto se en-
cuentra en el estado magnético) y no en el ordinario no-magnético
α . En la experiencias de este invento se há encontrado que la
5 temperatura de reoxidación puede ser tan alta como 700° C. duran-
te un corto período (hasta 10 minutos) sin originar pérdidas de
hierro de importancia y que para la reducción magnética son adecua-
das temperaturas entre los 400 y los 1050° C., preferiblemente en-
tre 500 y 750° C. Cuando el enfriamiento se realiza en gas, no o-
10 curre reoxidación alguna y el mineral es recobrado como óxido fe-
rroso-férrico.

De acuerdo con la presente invención, mineral de hierro conte-
niendo cal en la forma de carbonato (CaCO_3), que vá a ser concentra-
do magnéticamente de la manera antes indicada, es primeramente ca-
15 lentado en una atmósfera oxidante a una temperatura sustancialmen-
te mas alta que la requerida para el caldeo magnético con objeto
de producir cal libre (CaO), y después sometido a un caldeo magné-
tico ligeramente reductor a una temperatura mas baja. El caldeo o-
xidante podría ser efectuado a una temperatura sobre los 900° C.,
20 aproximadamente, con objeto de asegurar caloinación adecuada y por
bajo de 1050° C., aproximadamente, con objeto de evitar combinaci-
ón de la cal con el hierro. El caldeo magnético es realizado a tem-
peraturas ya descritas en ^{el} primer párrafo, por ejemplo, entre 500 y
750° C. La cal presente en el mineral pasa en gran cantidad a los
25 residuos desde el equipo de separación magnética y su conversión
en cal libre, de acuerdo con esta invención, incrementa grademente
el valor de estos residuos, que pueden ser empleados en finalidades
agrícolas o químicas. Una ventaja adicional es la de que un apre-
ciable porcentaje del azufre presente en el mineral de hierro es
30 absorbido por la cal libre y en consecuencia pasa en gran cantidad

191098

3 EN



5 a los residuos. La relación de azufre a hierro en el concentrado desde la separación magnética es así sustancialmente menor que en el mineral crudo, siendo en algunos casos esta reducción hasta de un 75%. La invención es particularmente adecuada para usarla en el tratamiento de minerales de hierro en los que se encuentre cal por naturaleza, pero en determinados casos la cal, sea libre sea en forma combinada, puede ser agregada al mineral crudo con objeto de obtener o aumentar el indicado efecto.

10 El procedimiento de la invención puede ser realizado en la práctica en una variedad de formas de aparatos y maneras de operar, y para la mejor ilustración de los mismos vamos a describir algunos, a título de ejemplo no limitativo, valiéndonos de las figuras de las dos láminas adjuntas. En ellas,

15 La fig. 1ª representa una forma de los aparatos mostrando el horno rotatorio en el cual se efectúa el doble calcinado del mineral, visto este horno en sección axial.

Las figuras 2ª, 3ª y 4ª muestran, en mayor escala, detalles de los aparatos de la fig. 1ª,

20 La fig. 5ª muestra una forma alternativa de los mismos para efectuar el doble tostado del mineral, y

La fig. 6ª es una modificación de los de la fig. 5ª

25 Refiriéndonos primeramente a las figuras 1ª a 4ª, mineral crudo calizo de hierro, preferiblemente triturado en trozos de tamaño inferior a 3/4 de pulgada, es suministrado a una tolva 7 desde la cual es trasladado por tornillo sinfín 8 al extremo superior de un horno cilíndrico 9. El horno está dispuesto con su eje inclinado según un ángulo pequeño respecto a la horizontal y está montado para rotación alrededor de aquel eje entre soportes fijos extremos 10 y 11. Después de recorrer toda la longitud del horno 9, el mineral pasa al extremo superior de un pequeño horno de enfriamiento 12

30

191098



el cual está similarmente dispuesto con su eje ligeramente incli-
nado respecto a la horizontal y montado para rotación alrededor de
dicho eje entre soportes fijos extremos 11 y 13. Al dejar el mine-
ral el horno de enfriamiento es descargado por el extremo mas ba-
5 jo del mismo, a través del soporte extremo 13, en la tolva suminis-
tradora 14 de un molino de martilleo 15 en el cual es machacado a
medida de malla 12 (0,055 pulgada), por lo menos, y principalmente
preferible por debajo del 22 (0.0275 pulgada). El mineral finamen-
te dividido pasa desde el molino a un separador magnético el cual
10 puede ser de adecuada construcción. Según aquí se muestra, el mine-
ral desde el molino es dirigido por una tolva 16 sobre la tira su-
perior de una extendida correa transportadora 17 que lo lleva a
situarlo debajo de la banda inferior de una segunda correa sinfín
transportadora 18. Los imanes 19 atraen al material magnético del
15 mineral y lo adhieren contra la cara inferior de la correa 18, mi-
tras que los residuos no-magnéticos quedan en la correa de abajo
y son descargados en cajones de restos 20. El material magnético
se desprende de la correa de arriba 18 en cuanto pasa ante el úl-
timo de los imanes 19 y es recibido en un cajón de concentrado 21.
20 Una puerta 22 separa el concentrado de los residuos.

El horno 9 está compuesto de tres secciones alineadas 23, 24 y
25, comprendiendo cada una cubierta de acero 26 y un forro de la-
drillo 27, y tres anillos 28, 29 y 30 respectivamente situados en
los extremos mas bajos de las tres secciones. El gas combustible
25 para el horno es facilitado a través de un tubo fijo 31 dispuesto
sobre el eje del horno más allá del extremo inferior del mismo. El
gas preferido es gas de alto horno, pero pueden ser usados otros
gases, incluyendo horno de coque y productor de gas, aunque estos
deban ser previamente tratados para separar la mayor parte de su
30 contenido en azufre. El tubo 31 está conectado por medio de un ajus-

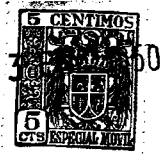
191098

-3 E



tado cierre rotatorio de gas, cuya construcción se muestra en la fig. 2ª, a un tubo 32 alineado con aquel que gira con el horno y es conducido por el anillo 30. Una cantidad controlada del gas entra en el horno; entrando en el horno a través del tubo 32 es consumida en el quemador - reductor 33 conducido por el anillo 30, y el aire para esta combustión es tomado de la atmósfera exterior a través de ajustables toberas 34 situadas en el soporte extremo 11. La mayor parte del gas, sin embargo, pasa a los tubos 35 que giran con el horno y se extienden por el exterior de la cubierta de acero desde el anillo 30 al 28 y tienen ramificaciones conduciendo al anillo de enfriamiento 29 cuya construcción se muestra en la fig. 3ª. Las válvulas 36 y 37 controlan las cantidades relativas de gas fluyendo a través de los tubos 35 que entran en el horno a través del anillo de enfriamiento 29 y que pasan a través del anillo 28 al quemador oxidante 38 conducido por aquel anillo. El exceso de aire requerido para quemador oxidante es facilitado por una bomba 39 que arrastra el aire desde la atmósfera exterior a través del fijo soporte extremo 13 en el extremo inferior del horno de enfriamiento 12. El aire fluye a todo lo largo de este horno enfriando el mineral y siendo calentado por él yendo a un paso de salida 40 en el soporte 11. El paso 41 del mineral a través del soporte 11 está formado de tal suerte que es cerrado por el mineral fluyendo a través de él desde el horno 9 al 12, evitando con ello que el aire entre desde el horno 12 al extremo inferior del 9. El aire fluye desde el paso 40 a través de un tubo fijo 42 a la bomba 39 y desde esta, a través del tubo 43 a la caja 44 de cierre anular fijo, a través de la cual (como se vé mejor en la fig. 4ª) fluye en el anillo 28 y es entregado a una salida anular que rodea al quemador oxidante 38.

El mineral calizo crudo entrando por el extremo mas alto del



191098

horno 9 recorre primeramente la sección 23 a todo lo largo de ella y allí es calentado bajo condiciones oxidantes a una temperatura algo superior a 900° C., con lo cual se convierte la cal combinada en cal libre. Pasa luego a través del anillo 28 a la segunda
5 sección 24 del horno cuyo paso lo hace a través de una abertura anular entre el quemador oxidante 38 y las paredes del horno. Para ayudar a este movimiento del mineral a través de la abertura están previstas aspas dispuestas formando ángulo aproximado de 45° respecto al eje del horno. En el recorrido a través de la segunda sección
10 24 del horno es enfriado el mineral a una temperatura aproximada de 700° C. por el gas combustible frío que entra a través del anillo 29, siendo por ello precalentado este gas en su marcha hacia el quemador oxidante 38. En la tercera sección 25 del horno están mantenidas condiciones reductoras y una temperatura aproximada
15 de 750° C. por el quemador 33 y en pasando a través de esta sección el mineral recibe el calcinado magnético. Al alcanzar el extremo más bajo del horno 9 pasa el mineral a través de la abertura anular entre el quemador 33 y las paredes del horno, paso que es también ayudado por aspas inclinadas, y es descargado a través
20 del paso 41 en el que se enfría por debajo de los 700° C. en el horno enfriador 12. En el recorrido a través de este horno el mineral es enfriado a una temperatura inferior a 150° C. por la corriente de aire arrastrada a través de dicho horno por la bomba 39, siendo con ello precalentado el aire a una temperatura de unos 500° C. en
25 su marcha hacia el quemador oxidante 38.

Los resultados que pueden ser obtenidos por la práctica de la invención están ilustrados por los siguientes resultados experimentales. Mineral de hierro crudo conteniendo alrededor de un 23% de hierro, 24% de cal (calculada como CaO) en forma combinada y 0,25%
30 de azufre, fué primeramente calcinado en una atmósfera oxidante

191098

-3



a una temperatura de 920° C. y subsiguientemente calcinado en una atmósfera controlada ligeramente reductora a una temperatura de 750° C. permitiéndole enfriarse al aire. El producto fué magnéticamente dividido en concentrado formando el conjunto un 65% del mismo y siendo el otro 35% de residuos, El concentrado tenía un contenido de hierro de 41% aproximadamente, siendo el hierro recuperado aproximadamente de un 90% y el contenido en azufre de un 0.09%. Los residuos contenían aproximadamente 42% de cal libre y el contenido total de cal era aproximadamente de un 64%. Estos resultados no fueron obtenidos con los aparatos de las figuras 1ª a 4ª sino por el empleo del equipo de escala piloto para el calcinado magnético del hierro descrito por L. Reeve en The Journal of the Iron and Steel Institute, 1948, páginas 275-280. El mineral fué pasado dos veces a través del mismo horno, que fué primero accionado para efectuar el calcinado oxidante y después el calcinado reductor. El uso de un horno especial, tal como el mostrado en las figuras 1ª a 4ª, en el cual los dos calcinados son sucesivamente realizados durante un solo recorrido del mineral a través del horno tiene las ventajas de (a) reducidos requisitos térmicos, y (b) menor tendencia a perder cal libre por recombinación con CO₂ en el calcinado magnético. Experiencias de laboratorio indican que la cal libre bajo estas condiciones alcanzaría u 50% o más.

En lugar de realizar la operación de calcinado en un horno rotatorio pueden usarse torres fijas verticales divididas en apropiadas zonas de precalentamiento, oxidación, reducción y enfriamiento, siendo alimentado el mineral por la parte alta y descargado por el fondo. El tamaño de los trozos de mineral alimentador de tales torres es, preferiblemente, menor de 3/4 de pulgada, pero si se desea puede ser tan fino como de 1/10 de pulgada o menos, en cuyo caso la velocidad del gas a través de las distintas secciones de la

191098

. 3 EN 5



torre pueden ser ajustada de suerte que se mantenga el mineral en un estado turbulento, comprendiendo cada sección una capa disgregada de mineral, estando alimentadas las capas desde lo alto y descargada a la inmediata subyacente por medio de tubos adecuadamente dispuestos. Tales "capas fluidificadas" de partículas sólidas son altamente reactivas y permiten a las reacciones antes descritas ser completadas mas rapidamente que en el caso de relativamente grandes trozos de mineral como son los empleados en los hornos rotatorios. Dos formas de tales torres fijas verticales que emplean lechos fluidificados de partículas de mineral están mostradas, a título de ejemplo, en las figuras 5ª y 6ª de las láminas.

Los aparatos de la fig. 5ª comprenden, una cubierta 45 que tiene una entrada para el mineral 46 en su parte superior y una salida para el mismo en su extremo inferior 47. Extendiéndose a través del interior de la cubierta está cuatro diafragmas perforados 48 de metal o material refractario que soportan, respectivamente, cuatro capas de partículas de mineral 49, 50, 51 y 52. El aire es suministrado a través de la tubería 53 por bajo del diafragma 48 inferior y pasa a través de una tubería 55 térmicamente aislada a la capa 50. El gas combustible es suministrado a través de la tubería 56 a un punto inmediatamente encima del diafragma sólido 54 y también a la capa 50 de mineral, siendo controlada la relativa distribución del gas por válvulas 57 y 58. El fluido gaseoso elevándose a través de cada uno de los diafragmas 48 tiene velocidad suficiente para mantener la capa de mineral soportada sobre aquel diafragma en un estado fluidificado. El gas consumido deja finalmente la cubierta a través de la salida 59.

El mineral calizo finamente dividido entrando en la torre por 46 es recibido primeramente en el lecho 49 donde es precalentado por los productos calientes de combustión elevándose desde la capa

191098



50. El mineral calentado desborda desde la capa 49 a través del tubo 60 cayendo a la capa 50 donde el gas combustible que se eleva desde el lecho 51 junto con gas adicional admitido a través de la válvula 58 es quemado en el aire precalentado admitido por el tubo 55 y el mineral es calcinado bajo condiciones oxidantes a una temperatura algo superior a 900° C. para calcinar el contenido en cal del mineral. El mineral calcinado desborda desde el lecho 50 a través del tubo 61 a caer al lecho 51 donde enfría en la atmósfera reductora producida por el gas combustible admitido por la válvula 57 a una temperatura por bajo de 750° C. y con ello precalienta el gas combustible que se eleva a través de la capa y pasa a la 50. El mineral parcialmente enfriado desborda desde el lecho 51 a través del tubo 62 a caer en el lecho 52 donde es además enfriado posteriormente por el aire entrando por el tubo 53 y con ello calentando este aire en su recorrido hacia el lecho 50. Finalmente, el mineral desborda a través del tubo 63 y vá a la salida 47 y de allí pasa al equipo separador magnético.

Se apreciará que el tratamiento recibido por el mineral en los aparatos de la fig. 5ª es precisamente el mismo que recibe en el horno 9 y en el horno 12 de los aparatos de las figuras 1ª a 4ª. La fig. 6ª muestra una forma modificada de los aparatos de la fig. 5ª, haciéndose en esta fig. 6ª el enfriamiento final del mineral en gas en lugar de aire de suerte que no ocurre ninguna reoxidación del óxido de hierro. En esta forma de aparatos son mantenidas tres capas en lugar de cuatro fluidificadas de mineral. Las dos superiores 49 y 50 funcionan precisamente como se describió para la figura 5ª. El mineral desbordando a través de tubo 61 pasa al tercer lecho 64 donde es enfriado por bajo de la temperatura de reoxidación en la atmósfera reductora provista por el gas combustible admitido por la válvula 57. El tubo de entrada de aire 53 está



191098

directamente conectado a la capa de mineral 50. La capa 64 está mostrada como teniendo diámetro reducido con objeto de que la velocidad del gas elevándose a través de ella pueda ser suficiente para mantenerla en condición fluidificada. Similarmente, los diámetros de las otras capas fluidificadas en los aparatos de ambas figuras 5^a y 6^a pueden ser ajustados para mantener adecuadas velocidades del gas en cada lecho.

Los aparatos de las figuras 1^a a 4^a pueden ser modificados de modo análogo a aquel en el que los de la fig. 5^a fueron modificados según muestra la fig. 6^a así que aquí puede ser efectuado igualmente enfriamiento del mineral en gas en lugar de en aire. Muchas otras modificaciones de los aparatos son también posibles. Por ejemplo, en los de las figuras 1^a a 4^a el enfriamiento del mineral puede ser efectuado en una extensión íntegra del horno principal 9 en lugar de serlo en el horno independiente 12. En los aparatos de las figuras 5^a y 6^a alguna, o todas, las capas pueden ser duplicadas para asegurar suficiente tiempo de contacto entre gas y mineral para completar la reacción química requerida y dar adecuado calor transferido.

Como resumen, puede decirse que, siempre que las variantes de detalle satisfagan a los principios básicos de la invención, esta admite toda clase de modificaciones, teniendo siempre presente que, los casos de realización descritos, lo han sido a título de ejemplo no limitativo.

N O T A 191098 -3



Hecha la descripción de la presente invención se declaran como nuevas y de propia invención las reivindicaciones siguientes:

5 1.- Perfeccionamientos en, o relativos a, la concentración de mineral de hierro, concentración hecha mediante el método magnético, caracterizados porque, la fase de calcinar el mineral en una atmósfera oxidante se hace a temperatura lo suficientemente alta para calcinar la cal contenida en el mineral y producir cal libre antes de someter el mineral al calcinado magnético reductor.

10 2.- Perfeccionamientos, según se reivindica en la 1, caracterizados porque, en el procedimiento para la concentración de mineral de hierro conteniendo cal en forma de carbonato, el mineral es primeramente calcinado en una atmósfera oxidante a una temperatura suficientemente alta para producir cal libre pero por debajo de aquella a la cual la cal se combina con el hierro, después de lo
15 cual es calcinado en una atmósfera reductora a una temperatura más baja para convertir el sesquióxido de hierro en óxido ferroso-férrico y se mantiene en una atmósfera reductora por lo menos hasta que su temperatura ha caído a 700° C. siendo después de eso magnéticamente dividido en un concentrado relativamente enriquecido en
20 porcentaje de hierro y conteniendo la mayor parte del hierro y restos que contienen una parte sustancial de la cal libre.

3.- Perfeccionamientos, según se reivindica en la 2, caracterizados porque, la calcinación oxidante es realizada a temperaturas entre los 900 y los 1050° C.

25 4.- Perfeccionamientos, según se reivindica en las 2 o 3, caracterizados porque, la atmósfera reductora para el calcinado magnético del mineral es producida por gas combustible que es subsiguientemente quemado para efectuar el preliminar calcinado oxidante de

101098



nuevos suministros de mineral.

5 5.- Perfeccionamientos, según se reivindica en una cualquiera de las 2 a 4, caracterizados porque, después de haber sido sometido al calcinado magnético es enfriado el mineral por medio de una corriente de aire la cual es por ello calentada y es subsiguientemente empleada para efectuar el calcinado oxidante de nuevos suministros de mineral.

10 6.- Perfeccionamientos, según se reivindica en una cualquiera de las 2 a 4, caracterizados porque, el mineral es enfriado en una atmósfera reductora a temperatura inferior a aquella en que tendría lugar la reoxidación del óxido de hierro.

15 7.- Perfeccionamientos, según se reivindica en una cualquiera de las anteriores 2 a 6, caracterizados porque, el mineral es tratado en forma finamente dividida y pasa sucesivamente a través de un número de lechos en cada uno de los cuales es mantenido en condición fluidificada por el fluido gaseoso con el que está siendo tratado.

20 8.- Perfeccionamientos, según se reivindica en las anteriores, caracterizados porque, la calcinación del mineral de hierro calizo y la subsiguiente concentración por el método magnético se efectúan en un horno rotatorio que consta de medios para mantener una atmósfera oxidante y una temperatura entre los 900 y los 1050° C. en una sección de dicho horno, medios para mantener una atmósfera reductora y una temperatura entre los 500 y los 750° C. en una segunda sección del mismo y medios para suministrar mineral crudo por un extremo del referido horno obligándole a pasar en sucesión a través de las citadas primera y segunda secciones del mencionado horno y para descargarlo en el otro extremo de este horno.

25 30 9.- Perfeccionamientos, según se reivindica en la 8, caracterizados porque, en los hornos de calcinación hay previstos medios pa-



.3 E

191098

5 ra suministrar gas combustible con propiedades reductoras al mineral que se descarga por el extremo del horno y para obligarle a recorrer en sucesión a través de dichas segunda y primera secciones del horno y medios para suministrar aire de combustión a la citada primera sección del horno.

10.- Perfeccionamientos en, o relativos a, la concentración de mineral de hierro.

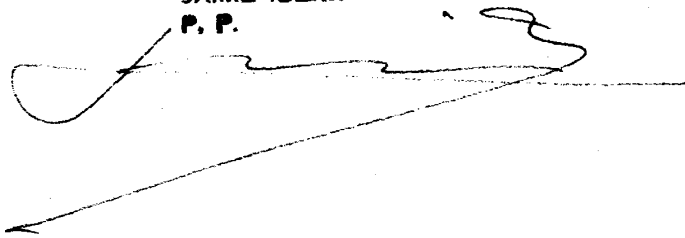
Según se describe y reivindica en la presente memoria que consta de doce hojas foliadas y mecanografiadas por una sola cara y de dos láminas de dibujos.

Madrid, a tres de Enero de mil novecientos cincuenta.

THE UNITED STEEL COMPANIES LIMITED.

p.a.

JAIME ISERN MIRALLES
P. P.

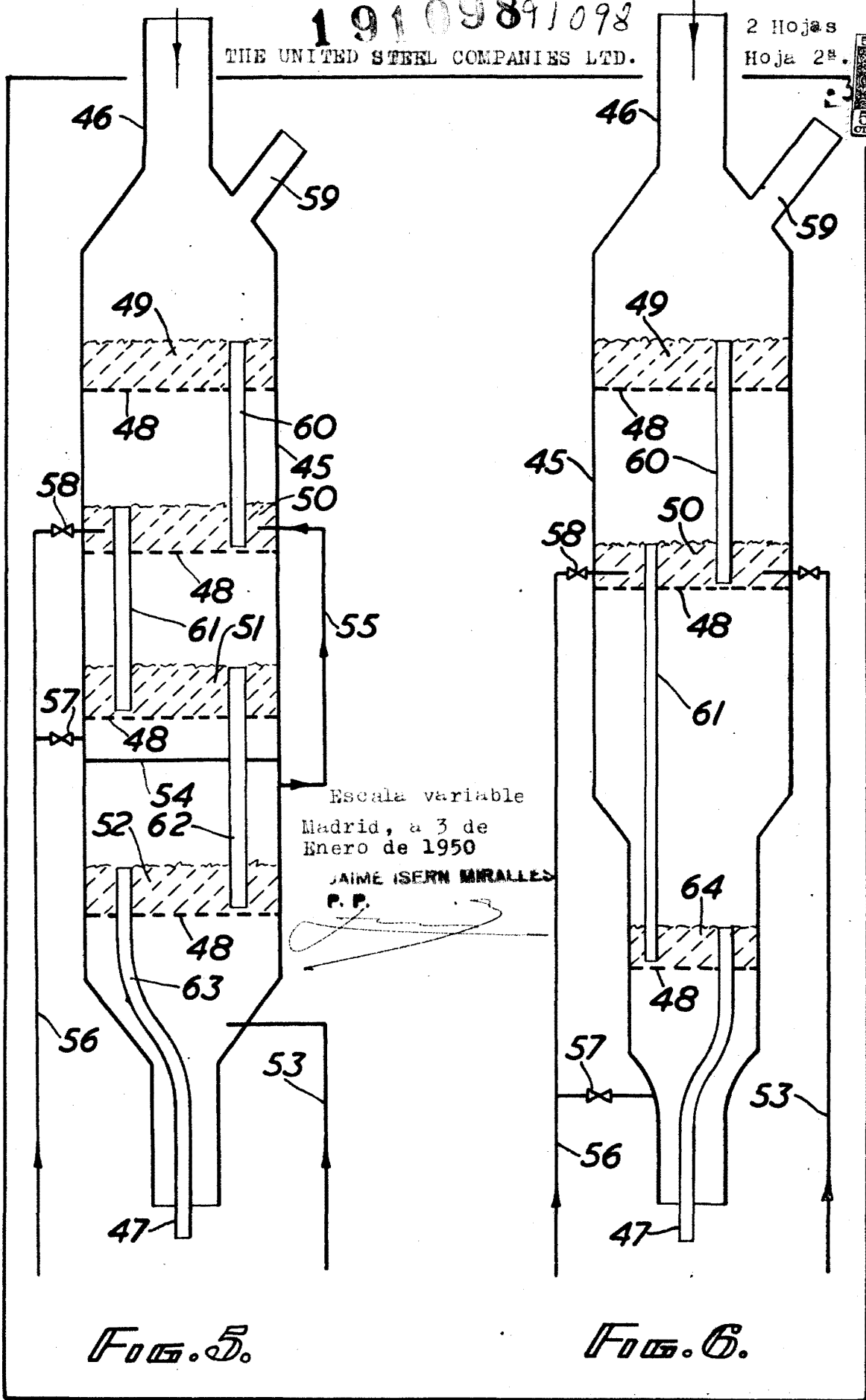


19109891098

THE UNITED STEEL COMPANIES LTD.

2 Hojas

Hoja 2^a.



Escala variable
 Madrid, a 3 de
 Enero de 1950
 JAIME ISERN MIRALLES
 P. P.

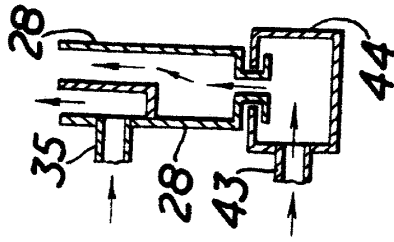
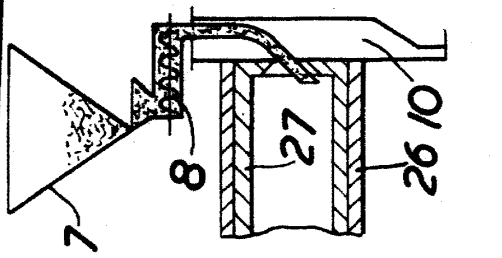


FIG. 4.

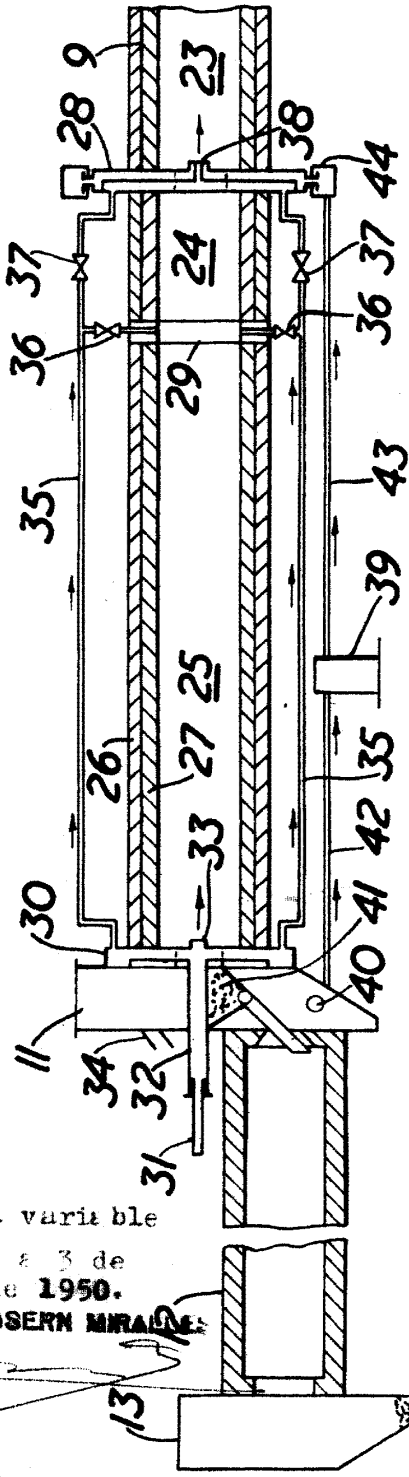


FIG. 1.

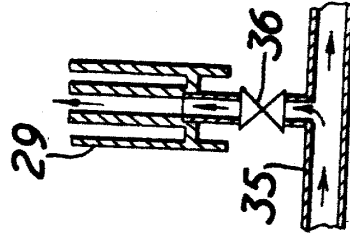


FIG. 5.

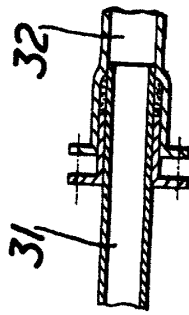
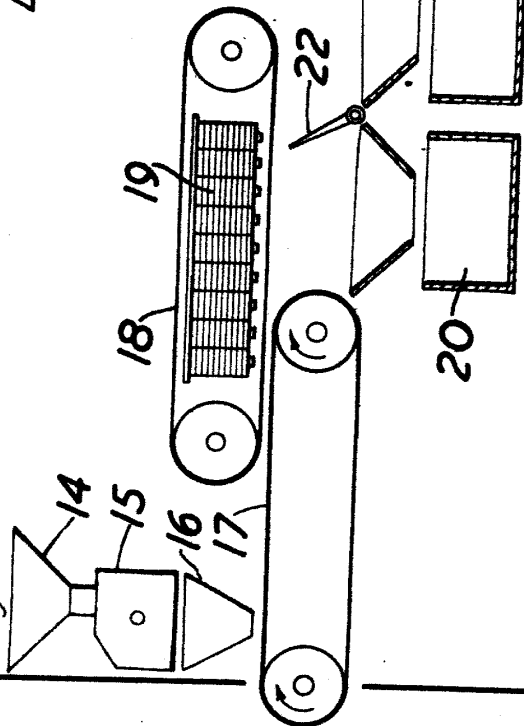


FIG. 2.

91098



Escala variable

Madrid, a 3 de Enero de 1950.

JAIMESERN MIRALLES

P.P.