

2 OCT. 1963



2 OCT. 1963

P.- 24.801

A- 70.730  
Case 866 WMP (WMP)

289246

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud  
de

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

formulada el 21 de junio de 1963, con el número 289.246

en

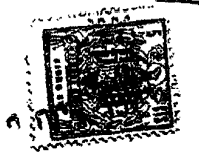
E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de AMERICAN SMELTING AND REFINING COMPANY, entidad  
norteamericana establecida en 120 Broadway, Nueva York,  
N.Y., Estados Unidos de América, por:

"METODO PARA OBTENER POR FUSION UNA COLUMNA DE  
PERFILES DE COBRE"

La presente invención se refiere a un método y aparato  
para fundir cobre con gases calientes en un horno vertical,  
sin que al cobre se le incorporen cantidades no deseadas  
de oxígeno durante la fusión. Más en particular, se refie-  
5 re a cátodos de fusión de cobre con tales gases y en un  
horno como el indicado, sin que al cobre se le incorporen  
cantidades no deseadas de oxígeno o de azufre, evitándose  
así la necesidad de soplar y agitar con pértiga el metal  
en fusión antes de la colada; así como a un nuevo produc-  
10 to de cobre para barras de hilera, que se obtiene por co-

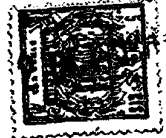


lada del metal en fusión.

Ya antes de ahora se han venido efectuando muchos intentos de fundir cobre en un horno vertical de combustible. Sin embargo, los intentos anteriores no tuvieron éxito, en cuanto al resultado metalúrgico, por el hecho de que el cobre, durante la fusión, se contaminaba con proporciones inaceptables de oxígeno y azufre. Una de las consecuencias de este fracaso ha sido la de que, a pesar de ciertas ventajas potenciales reconocidas de tal fusión, nunca antes de ahora se han fundido cátodos de cobre industrialmente en un horno vertical de combustión. En lugar de eso, a falta de un procedimiento mejor, la industria viene recurriendo, hasta este momento, a fundir tales cátodos bien en hornos eléctricos o bien en hornos usuales de reverbero, a base de calor radiante, y someter luego el cobre fundido a soplado y agitación con pértigas para quitarle azufre y oxígeno, antes de colar el cobre.

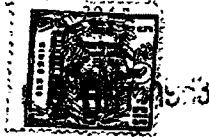
La invención resulta particularmente útil en la fusión de cátodos de cobre. Como es sabido en el ramo, los cátodos de cobre se fabrican industrialmente por un procedimiento electrolítico de refinación, empleando ánodos de cobre impuro, un electrolito adecuado (por ejemplo, una solución acuosa de ácido sulfúrico y sulfato de cobre) y como cátodos las llamadas planchas de cobre iniciales, que son unas láminas de cobre comercialmente puro, relativamente delgadas. Durante la electrólisis, se disuelve cobre de los ánodos pasando al electrolito, desde el cual se deposita como cobre comercialmente puro sobre las planchas iniciales, formándose los cátodos de cobre. Después de así depositada una cantidad suficiente de cobre, se

289246



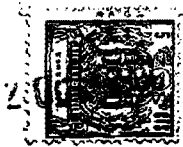
sacan los cátodos del electrólito y se lavan para quitarles en todo lo posible el electrólito que lleven adherido. En la práctica, se emplean ánodos y cátodos de la misma forma y dimensiones generales. En general, se trata de formas planas, cuyas superficies planas son rectangulares o bien, más usualmente, cuadradas; las dimensiones de los lados de la superficie plana oscilan aproximadamente entre 63,5 cm y unos 100 cm, aun cuando en algunos casos se fabrican de tamaños mayores o menores. En general también, los cátodos se sacan del electrólito cuando, debido a la formación de depósitos de cobre, aquellos han alcanzado un espesor de aproximadamente 1,3 a 2,5 cm, aun cuando, como antes, se fabrican también cátodos de espesor mayor o menor que el indicado.

Si bien el cobre depositado catódicamente es comercialmente puro, salvo en las inevitables proporciones secundarias de sulfatos, físicamente presentes en la superficie de los cátodos u ocultos en éstos, los cátodos de cobre no se utilizan en general tal como salen de este baño, debido a la forma y propiedades físicas de los mismos, y especialmente a la estructura de grano del cobre catódicamente depositado. Para ponerlos en forma más útil, es preciso fundir los cátodos, y colar el metal fundido dándole una o más formas de semiacabado (por ejemplo, tortas, lingotes, barras como las de hilera, tochos y varillas, y formas similares de las cuales se obtienen productos terminados tales como, por ejemplo, planchas, alambres, tubos y otros muchos productos comerciales fabricados de cobre comercialmente puro). Asimismo, cuando por cualquier razón el cobre llega a contaminarse con cantidades comercialmente



5 inaceptables de oxígeno y azufre durante la fusión, es esencial reducir luego el contenido de azufre y oxígeno en el cobre fundido, a cantidades aceptables, mediante soplado y agitación con pértigas, antes de colar el metal fundido.

Una de las más importantes ventajas del presente invento es la de que permite fundir formas de cobre, especialmente cátodos de cobre, en un horno vertical de combustión, sin que al cobre se le incorporen durante la fusión cantidades de oxígeno no deseadas. Otra importante ventaja consiste en que permite lograr esta fusión sin que al cobre se le incorporen cantidades no deseadas de azufre. Otra ventaja importante más, es que la práctica del invento permite fundir cátodos de cobre para dar fácilmente un suministro de cobre fundido comercialmente puro que, sin necesidad de soplado ni agitación, satisface los más rigurosos requisitos de hoy en día en cuanto a contenido de oxígeno y azufre. Así, pues, según los actuales requisitos, el cobre fundido comercialmente puro para oclada ha de contener aproximadamente menos de un 0,05 % en peso de oxígeno y, en la mayoría de los casos, su contenido de oxígeno ha de ser menor de 0,35 % en peso. Mediante la práctica de esta invención, se fabrica cobre fundido que satisface tales requisitos, así como cobre fundido que contiene menos del 0,01 %, y hasta sólo 0,002 % o menos, en peso, de oxígeno. Es más, es posible producir uniformemente cobre fundido de bajo contenido de oxígeno, siendo ésta una ventaja particularmente importante, por el hecho de que la invención permite obtener por oclada productos de cobre relativamente uniformes. Así, por ejemplo, es po-



sible producir con facilidad y uniformidad, cobre desoxidado de bajo contenido residual fosforoso (el llamado cobre DLP), que contiene tan sólo un 0,005 % en peso de fósforo añadido para efectuar la desoxidación o eliminación de los últimos indicios de oxígeno del cobre.

Igualmente, es posible producir cobre fundido que contiene menos de 0,002 % en peso de azufre, y tan sólo 0,001 %, o menos, y a veces hasta sólo 0,0003 % en peso, o menos, de azufre. Asimismo, la invención puede ponerse en práctica de modo que la superficie de solidificación del cobre colado tenga una conformación deseada, que puede ser cóncava, convexa o a nivel; siendo esta característica especialmente ventajosa al colar cobre en moldes usuales de fondo cerrado y convertirlo en barras de hilera de una conformación llamada "a nivel", esto es, plana, o de una conformación levantada (ligeramente convexa).

Otra importantísima ventaja de la invención reside en que permite fundir el cobre en un horno vertical de combustión, esencialmente sin producción de escoria ni tener que añadir al horno escoria ni materiales formantes de escoria. De esta característica proviene que el consumo de material refractario del horno, por tonelada de cobre fundido, disminuya por bajo del de los anteriores procedimientos de fusión con combustibles. Además, hay muy poca o ninguna contaminación del cobre fundido, debida al contenido de hierro de los refractarios del horno, pudiendo producirse cobre fundido que contiene menos de 0,001 % en peso y hasta sólo 0,0003 %, e incluso meros indicios, de hierro.

Además, debido al poco contenido de hierro, azufre y oxígeno del metal, la invención proporciona un nuevo tipo

289246



de barra de hilera de conformación a nivel y que contiene, en peso, de alrededor de 0,01 % a un 0,035 % aproximadamente de oxígeno, y de indicios a 0,0007 % de cada, de hierro y azufre, producto a base del cual se obtienen alambres nuevos en su género en cuanto a propiedades. De preferencia, dentro de estos límites de variación, la nueva barra de hilera contiene, en peso, menos de 0,03 % de oxígeno y menos de 0,0005 % de cada, de hierro y azufre. En la presente se utiliza el término "indicios" queriendo dar a entender una proporción detectable, pero que cuantitativamente no puede medirse por su pequeñez, de hierro y de azufre.

Otra importante ventaja que proporciona la invención consiste en la posibilidad de tener una corriente deseada de cobre fundido a los pocos minutos de poner en marcha el horno, y de que esta corriente de cobre puede igualmente detenerse en cuestión de minutos, de modo que el cobre puede fundirse para suministrar metal en fusión a medida que se va necesitando este último. Esta característica últimamente citada proporciona otra importante ventaja sobre los procedimientos de fusión practicados por la industria, ya que, con tales procedimientos, viene siendo necesario primero fundir completamente una cantidad de cobre relativamente grande, y luego "sangrar" o hacer tomas del metal completamente fundido, según necesidades; y esta práctica viene acompañada de la grave desventaja y de los gravísimos riesgos consiguientes, de la necesidad de mantener fundida una cantidad de metal relativamente grande, durante períodos comparativamente largos. Otra importante ventaja de la invención reside en que permite reduo-



ciones relativamente grandes en capital y costes de producción, en la fusión de cátodos de cobre.

5 Conforme a la presente invención, se habilita un método para fundir una columna de formas o perfiles de cobre en un horno vertical, en atmósfera reductora, por contacto directo de la columna con productos calientes de combustión, método que comprende las etapas de: inyectar en el horno una corriente de fusión obtenida uniendo un combustible con un gas oxigenado, en proporciones que dan en la corriente de fusión insuficiente oxígeno para quemar por completo el combustible, habiéndose encendido dicha corriente de fusión antes de su contacto con dicha columna; y mantener el contenido de oxígeno libre, de la corriente, por bajo de un punto prefijado antes de su contacto con la columna, mediante lo cual se funde el cobre sin incorporarle cantidades no deseadas de oxígeno durante el proceso de fusión.

15 La invención proporciona además un horno vertical para fundir cobre, que comprende: medios para introducir por la parte alta del horno el cobre a fundir; medios junto a la parte inferior del horno para extraer o sangrar del horno cobre fundido; y una pluralidad de cuerpos de quemadores montados en las paredes del horno, en cada uno de varios grupos, con cada cuerpo de quemador de cada grupo separado respecto del cuerpo de quemador contiguo en torno al perímetro del horno, y separados los grupos entre sí verticalmente, hallándose el grupo más bajo junto al fondo o parte inferior del horno.

25 Asimismo conforme a esta invención, se habilita un quemador, para un horno de fusión, que comprende: una par-

289248



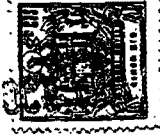
te o sección de quemador propiamente dicho; una sección  
de unión o de mezcla abierta por dos extremos opuestos  
para unir una corriente de combustible y una corriente  
de un gas oxigenado y suministrar la corriente de mezcla  
5 a la sección de quemador, estando dicha sección de  
mezcla fijada por uno de sus extremos abiertos a dicha  
sección de quemador; una sección de codo con una parte  
curva y abierta por cada extremo, para suministrar a la  
sección mezcladora la mayor de dichas dos corrientes a  
10 mezclar en ésta, yendo dicha sección de codo fijada por  
uno de sus extremos abiertos al otro extremo de dicha  
sección mezcladora; una placa de orificio que tiene un  
orificio para suministrar dicha corriente mayor, de las  
dos citadas, a la parte curva de dicha sección de codo,  
15 estando dicha placa de orificio dispuesta en dicha sección  
de codo en una posición en la cual dicha corriente  
mayor es suministrada por el citado orificio de aquella  
de modo que incide sobre dicha parte curva según una trayectoria  
de circulación dispuesta formando ángulo con la  
20 superficie de dicha parte curva, siendo mayor de  $45^{\circ}$  el  
ángulo comprendido entre dicha trayectoria de movimiento  
y cualquier tangente a la superficie de dicha parte curva  
sobre la cual incide la citada corriente, para esencialmente  
toda la corriente incidente, y también mayor  
25 de  $65^{\circ}$  para una parte principal de la corriente incidente;  
en dicha sección mezcladora, una pluralidad de medios  
de orificio para suministrar a dicha sección mezcladora  
la menor de dichas dos corrientes, yendo dichos medios  
de orificio repartidos en torno a la periferia de dicha  
30 sección mezcladora junto a dicha sección de codo, estando



5 cada uno de dichos medios de orificio dispuesto en dicha sección mezcladora a unos 30 cm de dicha placa de orificio en dicha sección de codo; medios para suministrar a dichos medios de orificio, bajo positiva presión, la citada corriente menor; y medios separados para suministrar dicha corriente mayor, a presión, a dicha sección de codo.

10 Para llegar a la invención, se hicieron intentos de fundir cátodos de cobre en un horno vertical, por contacto directo con productos calientes de combustión, obtenidos quemando gas natural con una cantidad de aire insuficiente para quemar por completo el gas natural. En el  
15 horno se mantuvo, durante la fusión, una columna de cátodos. Los productos calientes de la combustión se inyectaron en el horno desde una pluralidad de quemadores montados en la pared del horno, en cada uno de varios grupos, con los quemadores de cada grupo separados unos de otros en torno al perímetro del horno, y los grupos separados entre sí verticalmente, estando el más bajo junto a la parte inferior del horno. Los productos de combustión calientes fueron suministrados al horno en cantidad suficiente y a un caudal suficiente para fundir el  
20 cobre y tener en el horno una atmósfera reductora; atmósfera reductora que comprende hidrógeno y monóxido de carbono resultantes de la combustión incompleta del combustible.

30 Para impedir que entre en el horno oxígeno de fuera, por infiltración de aire a través de las lumbreras de los quemadores y a través del material refractario del horno, característicamente poroso y permeable a los gases, las



paredes laterales y el fondo del horno se hicieron como cuerpo de acero soldado, y ferrado con ladrillos refractarios, y los quemadores eran del tipo cerrado, Cada uno de estos quemadores iba provisto de una placa de acero como montura, y cada quemador fué montado en su respectiva lumbrera de la pared lateral del horno empernando fuertemente la placa de montura a la envoltura de acero, hasta completar esta última, haciéndola esencialmente hermética a los gases. Además, cada quemador se alimentó con una corriente de combustible y una corriente de un gas oxigenado que se reunían y mezclaban en el cuerpo del quemador, siendo encendida en éste y luego inyectada en el horno. El horno estaba abierto por arriba para permitir la introducción de cátodos en él, así como para dar salida del horno a los gases de combustión, retirándose el cobre fundido por un agujero de toma o piquera abierto en el fondo del horno.

En el transcurso de los intentos precedentes, se vió que el cobre llegaba a contaminarse con oxígeno en proporciones no deseadas, a pesar de la atmósfera reductora que se mantenía en el horno durante la fusión. Se pensó que tal contaminación pudiera ser producida por la intrusión de aire atmosférico en el horno, por cuanto el horno estaba abierto a la atmósfera por su parte superior y por el agujero de toma o piquera. Para probar si se producía esta intrusión de aire y, caso afirmativo, si llegaba a ser causa de contaminación del cobre con oxígeno en presencia de la atmósfera reductora del horno, se aumentó la velocidad de combustión de los quemadores, para acrecentar la presión de la atmósfera reductora en el horno,

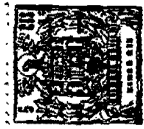
289246



y luego se disminuyó dicha velocidad de combustión para  
aminorar tal presión. Se halló de ese modo que no se pro-  
ducía cambio alguno en la magnitud de la contaminación  
con oxígeno al aumentar la presión. Tampoco se modifica-  
5 ba tal magnitud de contaminación disminuyendo la presión,  
con tal que la presión de la atmósfera del horno fuera,  
en el interior de éste, lo bastante elevada para dar en  
la piquera del fondo del horno una presión igual o lige-  
ramente superior a la presión atmosférica ambiente. Al  
10 disminuir todavía más la presión de la atmósfera del hor-  
no, aumentaba el contenido de oxígeno del cobre fundido  
que salía del horno por la piquera, según se determinó  
en una muestra del cobre fundido tomada de esta piquera.  
Ahora bien, se descubrió que la contaminación con oxígeno  
15 a través de la piquera podía impedirse fácilmente diri-  
giendo hacia la piquera una llama reductora procedente  
de un soplete de gas dispuesto en el exterior del horno,  
junto a la piquera. Si bien estos resultados indicaban  
que la contaminación del cobre con oxígeno podía ocurrir  
20 por infiltración de aire atmosférico en el horno, y apo-  
yaban la conveniencia de reducir o impedir esta infiltra-  
ción, no explicaban la contaminación con oxígeno no desea-  
da que se producía a mayores presiones de la atmósfera  
reductora del horno.

25 Se pensó luego que la contaminación no deseada del  
cobre con oxígeno podía haber ocurrido porque la atmósfe-  
ra del horno no fuera de carácter o aptitud suficiente-  
mente reductora, aun cuando las muestras de la atmósfera  
reductora tomadas del interior del horno por su parte in-  
30 ferior, a través del agujero de sangría, y de la parte

289246



superior del horno por encima de los quemadores superiores, pusieron de manifiesto que la atmósfera del horno contenía más de 3 % en volumen de hidrógeno, sobre base seca. Para ensayar esta posibilidad, se modificó la relación de combustible a aire que se estaba suministrando al horno, aumentando la proporción de combustible. Al aumentar la relación de combustible/aire suministrada al horno, aumentó la capacidad reductora de la atmósfera del horno, por aumentar la concentración de hidrógeno en la atmósfera del horno; ahora bien, se vió con sorpresa que el contenido de oxígeno del cobre fundido también aumentaba. De tales resultados se dedujo que, para eliminar o controlar la contaminación del cobre fundido con oxígeno, no bastaba simplemente con disponer de una atmósfera reductora en el horno durante la fusión del cobre en éste. También se sacó la conclusión de que al cobre durante la fusión le estaba llegando oxígeno procedente de un lugar inesperado y, a esas alturas de los trabajos de investigación, desconocido.

En el transcurso de la puesta en práctica de los intentos precedentes, se iba observando el cobre, dentro del horno, a través de unas mirillas de observación cubiertas con vidrio, situadas en el extremo exterior de cada conjunto de quemador. Se notó que la fusión del cobre se iniciaba, en y por encima de los quemadores superiores, en los bordes externos de los cátodos de la periferia de la columna, y que la fusión del cobre aumentaba en la fila inferior de quemadores, y era máxima en la base o parte inferior de la columna, donde se hallaban dispuestos los quemadores de la fila más baja, junto al fon-



do del horno. Se notó asimismo que, al irse fundiendo la base y partes inferiores de la columna, la porción sin fundir de los cátodos individuales constitutivos de la columna que estaban encima iba bajando por gravedad hasta la parte inferior de la columna, donde a su vez se iba fundiendo; estas porciones sin fundir de los cátodos individuales, que sobrevivían, por así decirlo, en el descenso de la columna, formaban la base de la columna, donde servían para sostener la columna apoyada en el suelo del horno hasta que, a su vez, se fundían completamente.

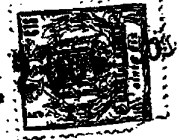
Al estudiar la columna y el descenso de los cátodos componentes de la misma se observó que, independientemente de la manera en que se hubieran introducido los cátodos en el horno, la columna tendía de por sí a adoptar la forma y dimensiones generales del horno en aquella parte de este último en que la columna existía como tal. Así, al ir fundiéndose el cobre de la columna y ablandarse los cátodos componentes de la misma, los cátodos se desplazaban en su descenso, haciendo que ciertas partes de la columna entraran en contacto con las paredes interiores del horno de modo que, en las partes de las paredes del horno en que estaban dispuestas las lumbreras de los quemadores, una pequeña porción de los cátodos descendentes, al moverse hacia abajo en el horno, pasaban inmediatamente por delante de las lumbreras de los quemadores previstas en las paredes del horno, o bien muy cerca de aquellas. Vista a través de las lumbreras de observación, la columna poseía huecos y espacios entre cátodos, según la disposición que fueran adoptando éstos al descender. Ahora bien, la porción inferior de la columna parecía ser algo más compacta.



que la superior, debido, según se cree, al estado ablandado del cobre y al peso de los cátodos de encima.

Al observar la fusión del cobre sólido según iba pasando éste de un lado a otro de las lumbreras de los quemadores en el horno, se vió que, cuando los cátodos pasaban por delante de una lumbrera, inmediatamente en frente o muy cerca de ésta, en la superficie del cobre que se iba fundiendo de la superficie de los cátodos se formaban, y quedaban flotando en ella, unos como islotes de película oscura. Estos islotes parecían formarse y desarrollarse partiendo de uno o varios puntos de la superficie del cobre en fusión, y desplazarse luego rápidamente del punto o área de su generación, desapareciendo de la superficie del cobre fundido. Se notó asimismo que, cuando los cátodos pasaban de un lado a otro de las lumbreras de los quemadores en un trayecto dispuesto a mayor distancia de la salida del quemador, el tamaño de los islotes flotantes y su frecuencia de formación iban disminuyendo, al aumentar dicha distancia, hasta que dejaban de formarse islotes.

Se analizó la composición del gas en el horno, delante de los quemadores. Se tomaron muestras del gas a través de un tubo refrigerado con agua introducido en el trayecto de la corriente que salía de los quemadores, y el análisis de estas muestras puso de manifiesto que, junto con los productos de la combustión, el gas contenía proporciones diversas de material combustible sin quemar y de oxígeno que no había participado en la combustión, y que estos componentes no quemados persistían en el gas a cierta distancia por delante de los quemado-



res. Un estudio más detenido de la composición de las muestras de gas, puso de relieve que los componentes sin quemar persistían en un pequeño volumen irregular de formas alargadas que sobresalían penetrando en el horno, en el espacio de delante de cada quemador, con la base de la forma dispuesta en la salida del quemador. El estudio indicó también que el área de la sección recta de la pequeña forma irregular alargada, que en su base era menor que la de la salida del quemador, iba disminuyendo progresivamente hasta desaparecer; y que la concentración de los componentes sin quemar en dicha forma igualmente disminuía de modo progresivo y desaparecía al final de la forma. En los quemadores preferidos que más adelante se exponen, el pequeño volumen irregular alargado era de una forma a modo de pincel, pero adaptada en general a la de la sección recta de la salida del quemador al interior del horno. Por conveniencia, al pequeño volumen irregular de forma alargada descubierto delante de cada uno de los quemadores, se le dará aquí en lo sucesivo la denominación de forma de "pincel".

El estudio también puso de manifiesto que, bajo las particulares condiciones existentes cuando se tomaron las muestras de gas sólo una porción secundaria del volumen del horno estaba ocupada por los volúmenes combinados de las formas de pincel. Además, la observación de la columna a través de las lumbreras destinadas al efecto indicó que, del total de cobre que bajaba en el horno (esto es, tanto del cobre sólido de la columna como del cobre en fusión que goteaba del cobre sólido y caía al fondo del horno), sólo una pequeña proporción se movía pasando por



las lumbreras de los quemadores; y, de esta pequeña pro-  
porción, una parte aún menor atravesaba una porción cual-  
quiera de las formas de pincel, o tomaba contacto de cual-  
quier clase con ellas. De estos resultados y observaciones  
5 se sacó la conclusión de que, en vista de la pequeña mag-  
nitud de contacto entre el cobre y la proporción decrecien-  
te de oxígeno sin quemar en el volumen de gas en forma de  
pincel de delante de las lumbreras de los quemadores, no  
podía esperarse de que la presencia de tales formas de  
10 pincel fuera responsable de la contaminación del cobre  
fundido con oxígeno. Es más, esta conclusión aparecía apo-  
yada por los fenómenos antes descritos, de la aparición  
de islotes peliculares en la superficie del cobre fundido.  
Así, pues, suponiendo que los islotes de película flotantes  
15 en la superficie del cobre fundido fueran islotes de  
óxido de cobre formados por reacción preferencial del oxí-  
geno sin quemar con el cobre fundido, y no con el combus-  
tible, el hecho de que los islotes desaparecieran al sa-  
lir del volumen de gas en forma de pincel indicaba que el  
20 óxido de cobre era probablemente reducido por la atmósfe-  
ra del horno, más reductora, en general. Por otra parte,  
suponiendo que los islotes fueran de carbono producido por  
descomposición del combustible, también se esperaba de  
dicho carbono que redujera al óxido de cobre, caso de pen-  
25 sar que este último pudiera llegar a formarse en presencia  
del carbono. Por consiguiente, la formación y desaparición  
de los islotes peliculares, en todo caso, indicaba que el  
manantial de origen de la contaminación del cobre con oxí-  
geno no podía esperarse que fuera el oxígeno sin quemar  
30 del gas.



Ahora bien, como se ha hecho notar más arriba, en los intentos realizados para aumentar la capacidad reductora de la atmósfera del horno, aumentando la relación de gas natural al aire suministrada al horno, también aumentó la contaminación con oxígeno del cobre fundido, a pesar de la mayor capacidad reductora de la atmósfera general del horno. Se repitió el trabajo precedente, para determinar el efecto, si lo había, de la variación de relación sobre el volumen de gas en forma de pincel delante de los quemadores. Se descubrió entonces que la forma de pincel aumentaba en sección recta y en longitud al aumentar la proporción de gas natural en dicha relación, y viceversa: la sección recta y la longitud disminuían al ser menor la proporción de gas natural en dicha relación. Sin embargo, contrariamente a lo que se esperaba, se vio que también aumentaba la contaminación del cobre con oxígeno al aumentar el tamaño de las formas, y disminuía al reducirse el tamaño de las formas de pincel.

No se desea limitar la invención por ninguna teoría en particular; sin embargo, se considera como factor crítico en la invención el de que la contaminación del cobre con oxígeno durante la fusión es debida a la aptitud del cobre fundido para disolver cantidades relativamente grandes de su propio óxido, en comparación con otros metales industriales. Así, los islotes peliculares antes citados, suponiendo que sean islotes de óxido de cobre, pueden ser origen, no obstante, de contaminación con oxígeno, por disolverse parte del óxido antes de ser reducida la película. La magnitud de la contaminación con oxígeno que pueda producirse en las formas de pincel durante unas

289246



condiciones dadas cualesquiera allí existentes, puede depender, pues, del tiempo que se deje al cobre en fusión para disolver el óxido por diferencias existentes entre la velocidad o frecuencia de formación de los islotes pelliculares y la velocidad de reducción del óxido por la acción de los gases, más reductores, de la atmósfera del horno que rodea a las formas alargadas. Un óxido tal como el disuelto en el cobre en fusión puede entonces llegar a diluirse en éste, de modo que su extracción o retirada del metal en fusión tomado del horno exigiría un tratamiento relativamente largo del metal fundido, en condiciones reductoras relativamente fuertes, tales como las que proporciona el recurso usual de agitación con pértigas.

En todo caso, en la fusión de una columna de formas de cobre en el horno vertical de combustión, resulta que el hecho de que una porción del cobre de la columna descienda en el horno contra o en estrecha proximidad con las paredes del horno, y la existencia, delante de los quemadores, de un volumen de gas que contiene oxígeno sin quemar, son factores de importancia crítica en la contaminación de cobre fundido con cantidades no deseadas de oxígeno. En otros trabajos de investigación que se describen con mayor detalle más adelante, se descubrió que este oxígeno sin quemar podía ser reducido en cantidad, o eliminado esencialmente, controlando las condiciones de los gases inyectados en el horno, antes de su inyección en éste.

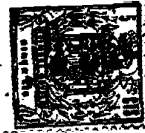
La invención se basa en los descubrimientos siguientes. En uno de sus aspectos, en amplios términos, com-

289246



prende la fusión de una columna de formas de cobre en un  
horno vertical con atmósfera reductora, por contacto di-  
recto con productos calientes de combustión suministrados  
inyectando en el horno una corriente de fusión obtenida  
5 por reunión o mezola de una corriente de combustible con  
una corriente de un gas oxigenado en proporciones tales  
que el oxígeno de la corriente de fusión sea insuficiente  
para quemar por completo el combustible (encendiéndose di-  
cha corriente de fusión después de la etapa de mezcla y  
10 antes de su contacto con el cobre a fundir), y habilitan-  
do unas determinadas condiciones reductoras en la corrien-  
te de fusión antes de su inyección en el horno, condicio-  
nes reductoras que se regulan para controlar todo efecto  
oxidante no deseado que surja por la presencia de oxígeno  
15 sin quemar en la corriente de fusión inyectada, impidién-  
dose así la incorporación de una cantidad no deseada de  
oxígeno en el cobre durante la fusión. Para la mayoría de  
los usos industriales, las condiciones reductoras prefijadas  
han de ser tales que todo oxígeno incorporado al  
20 cobre represente menos del 0,05 % en peso del cobre du-  
rante la fusión. De preferencia, las condiciones reducto-  
ras prefijadas son tales que al cobre en fusión se le in-  
corpora menos de 0,035 %, y más preferiblemente menos del  
0,01 % en peso de oxígeno.

25 En la práctica de la invención, la corriente de fu-  
sión puede ser inyectada en el horno como una sola corrien-  
te, o bien como una pluralidad de corrientes. Cuando como  
corriente de fusión se emplee una pluralidad de corrien-  
tes, se pueden encender por separado una o más de las co-  
rrientes de esta pluralidad o todas; o bien una o más de  
30



la totalidad de corrientes de esta pluralidad o todas se pueden reunir o mezclar por separado, y cada una de las corrientes de mezcla separadas se puede encender en cualquier momento, después de la etapa de mezcla y antes de ser puesta en contacto con el cobre a fundir. Así, pues, la corriente de fusión puede inyectarse en el horno en forma de corriente única de mezcla, o bien de una pluralidad de corrientes de mezcla, o como una pluralidad de porciones de una sola o de varias corrientes de mezcla.

5

10 Cada corriente de mezcla independiente, de una pluralidad de ellas, se denomina aquí en lo sucesivo "corriente unitaria". Una corriente inyectada es cualquier corriente de mezcla o corriente unitaria que entra en el horno. Como se comprenderá, la corriente de fusión es la corriente o corrientes en que se funde el cobre.

15

Continuando el trabajo de investigación, se procedió a fundir una columna de formas de cobre en un horno vertical en el cual se inyectó la corriente de fusión en una pluralidad de corrientes unitarias. Cada una de éstas se obtuvo reuniendo o mezclando separadamente en un cuerpo de quemador una corriente de un combustible fluido con una corriente de un gas oxigenado, y cada una de las corrientes unitarias separadas se encendió antes de ser inyectada en el horno desde su quemador. Se descubrió que, en cada una de las corrientes unitarias, antes de su inyección en el horno, el contenido total de oxígeno hallado en muestras de la corriente unitaria era distinto para muestras tomadas en diferentes puntos de un plano perpendicular al trayecto de recorrido de la corriente unitaria, y que, lo mismo que entre las corrientes unitarias,

20

25

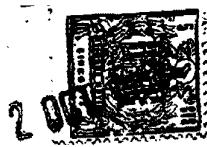
30



había diferencias en el total de oxígeno, aun cuando no se produjo variación alguna en la relación media de combustible a gas oxigenado suministrada al horno por la corriente de fusión (esto es, por la totalidad de las corrientes unitarias tomadas como una sola corriente). También se vió que tales diferencias de contenido total de oxígeno afectaban a la contaminación con oxígeno del cobre fundido. Así, se descubrió que, al aumentar la diferencia entre el contenido total de oxígeno más alto y el más bajo, hallados en la corriente de fusión, aumentaba el contenido de oxígeno del cobre fundido; y que, al disminuir esa diferencia entre el máximo y el mínimo contenido total de oxígeno hallado en la corriente de fusión, disminuía la contaminación con oxígeno del metal fundido.

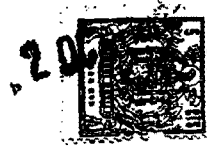
Conforme al descubrimiento precedente, otra característica de la invención comprende el control de las condiciones reductoras en los gases inyectados en el horno, aminorando las diferencias de contenido total de oxígeno halladas en la corriente de fusión según un plano perpendicular al trayecto de recorrido de la corriente de fusión, y reduciéndolas por bajo de un valor prefijado, antes de inyectar en el horno la corriente de fusión. Al poner en práctica esta característica del invento, cuando la corriente de fusión se obtenga por medio de una única etapa de reunión o mezcla, el lugar de situación de dicho plano perpendicular puede elegirse en cualquier punto de la corriente de fusión, antes de su inyección al horno. De preferencia, este plano se sitúa en un punto de la corriente de fusión en el que esta última sigue siendo una corriente única. Cuando la corriente de fusión

289246



se componga de una pluralidad de corrientes unitarias, el  
 plano perpendicular puede situarse en cada corriente uni-  
 taria en un punto de emplazamiento elegido en cada co-  
 rriente unitaria entre el punto de formación de la co-  
 rriente unitaria y el punto de su inyección en el horno.  
 De preferencia, el lugar de situación del plano en cada  
 corriente unitaria se halla en la misma posición relati-  
 va en todas las corrientes unitarias. De preferencia,  
 también, el plano está situado en cada corriente unita-  
 ria en un punto de ésta en que la corriente sigue siendo  
 una sola. Como se comprenderá, al hablar de contenido to-  
 tal de oxígeno, en un punto tomado en un plano perpendi-  
 cular al trayecto de recorrido de una corriente, se quie-  
 re dar a entender el porcentaje en volumen de todo el  
 oxígeno, libre o combinado, hallado por análisis de una  
 muestra de gas tomada en un punto del plano, y que tal  
 muestra puede ser analizada de un modo cualquiera ade-  
 cuado, para determinar, directa o indirectamente, el con-  
 tenido total de oxígeno de la misma, al cual se hace re-  
 ferencia al hablar aquí de "contenido total de oxígeno".

Nuevas investigaciones acerca de las mencionadas di-  
 ferencias en el contenido total de oxígeno, pusieron de  
 manifiesto que el tamaño de la parte de corriente de fu-  
 sión que tenía el contenido total de oxígeno diferente,  
 y la cantidad de cobre por ella fundida, afectaban tam-  
 bién a la proporción de oxígeno contenida en el cobre fun-  
 dido. Así, se vió que, cuando el contenido máximo y el  
 mínimo de oxígeno total tenían lugar en sólo una parte  
 relativamente pequeña del área del plano perpendicular  
 al trayecto de la corriente de fusión, la magnitud de la



diferencia entre el máximo y el mínimo contenido total de oxígeno tenía un efecto correspondientemente menor en la proporción de oxígeno incorporada al cobre fundido. En relación con este aspecto de la invención, es más conveniente hacer referencia a las variaciones en contenido total de oxígeno en el plano perpendicular al trayecto de la corriente de fusión, expresándolas en función de la diferencia entre el contenido total medio de oxígeno en la corriente de fusión destinada a ser suministrada por las proporciones de combustible total y gas oxigenado total suministradas al horno por la corriente de fusión, y el más alto contenido total de oxígeno hallado en el plano perpendicular al trayecto de la corriente de fusión.

En la producción de cobre fundido con menos de 0,05 % en peso de contenido de oxígeno, la dispersión de valores de contenido total de oxígeno hallados en el plano perpendicular al trayecto de la corriente de fusión ha de controlarse preferiblemente de modo que la diferencia (esto es, la dispersión) entre el contenido medio total de oxígeno previsto o deseado para la corriente de fusión y el máximo contenido total de oxígeno hallado en al menos una parte preponderante (y más preferiblemente en esencialmente la totalidad) de dicho plano perpendicular, se mantiene por bajo de un valor prefijado. Este valor prefijado es menor que el valor  $K$  de la ecuación que sigue:

$$K = \frac{0,0632 \cdot A}{B+0,01 \cdot A}$$

En esta ecuación,  $A$  es el porcentaje en volumen de oxígeno.



no contenido en el gas oxigenado empleado para formar la corriente de fusión.  $B$  es la proporción estequiométrica (teórica) de oxígeno puro, en volúmenes de oxígeno en condiciones normales (esto es, 20° C y presión atmosférica) necesaria para quemar por completo un volumen del combustible (considerado como gas en las mismas condiciones normales) empleado para formar la corriente de fusión. De preferencia, en la producción de cobre fundido con menos de un 0,035 % en peso de oxígeno, la dispersión o separación entre el más alto valor de contenido total de oxígeno hallado en el plano perpendicular al trayecto de la corriente de fusión y el contenido medio total de oxígeno previsto para la corriente de fusión se mantiene por bajo de un valor prefijado, menor de dos tercios del valor de  $K$  en dicha ecuación, al menos en una parte preponderante, y más de preferencia en esencialmente la totalidad, de dicho plano perpendicular. En la producción de cobre fundido con un contenido de oxígeno menor del 0,01 % en peso, la dispersión entre el más alto valor del contenido total de oxígeno hallado en esencialmente la totalidad de dicho plano perpendicular y el promedio de contenido total de oxígeno previsto para la corriente de fusión es preferiblemente menor de un tercio del valor de  $K$  en dicha ecuación. Cuando la corriente de fusión se componga de una pluralidad de corrientes unitarias, la dispersión entre el promedio de contenido total de oxígeno previsto para la corriente de fusión y el más alto contenido total de oxígeno hallado en los planos perpendiculares que cruzan los trayectos de al menos un número preponderante, y más prefe-

289246



riblementa de la totalidad, de las corrientes unitarias, se mantiene de preferencia por bajo de un valor prefijado, menor que los valores de K arriba mencionados, para la producción de cobre fundido con un contenido de oxígeno comprendido en los límites antes citados. Tal como se utilizan en esta Memoria descriptiva y en las reivindicaciones de la nota final, los términos "preponderante", "principal" y "secundaria" significan proporciones aproximadas de 75 %, 50 % y 25 %, respectivamente.

5

10

En la tabla que sigue se dan algunos ejemplos del valor K en la ecuación que antecede, para diversos combustibles con aire o con oxígeno puro, como gas oxigenado en la corriente de fusión, para los valores indicados de B que se utilizaron:

15

Combustible	<u>K</u> para aire	<u>K</u> para oxígeno	<u>B</u>
CO . . . . .	1,87	4,21	$\frac{1}{2}$
H <sub>2</sub> . . . . .	1,87	4,21	$\frac{1}{2}$
Alcohol metílico (CH <sub>3</sub> OH) . . . . .	0,776	2,53	1 $\frac{1}{2}$
20 Gas natural (se supone CH <sub>4</sub> ) . . . . .	0,60	2,11	2
Alcohol etílico (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH) . . . . .	0,414	1,58	3
Propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) . . . . .	0,255	1,05	5
Keroseno (se supone C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> ) . . . . .	0,071	0,324	18,5
25 Gasolina, aceite diesel, gasó- leo y otros combustibles hidrocarbureados líquidos naturales o sintéticos . . . . .	0,07	0,32	18,5

25

30

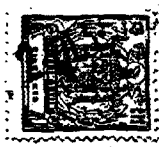
Con arreglo al valor de K dado en la tabla que antecede, empleando, por ejemplo, gas natural (se supone CH<sub>4</sub>) como combustible y aire como gas oxigenado para formar la corriente de fusión, la dispersión entre el con-



tenido medio total de oxígeno previsto para la corriente de fusión y el más alto contenido total de oxígeno hallado en al menos una proporción preponderante (y de preferencia en esencialmente la totalidad) de dicho plano perpendicular en la corriente de fusión, se mantiene de preferencia por bajo de un valor prefijado, menor de aproximadamente el 0,6 de contenido total de oxígeno, en la producción de cobre fundido con menos de un 0,05 % en peso de contenido de oxígeno. De preferencia, para producir cobre fundido con menos de 0,035 % en peso de oxígeno utilizando gas natural y aire para la corriente de fusión, la dispersión o diferencia entre el más alto contenido total de oxígeno hallado en el plano perpendicular a la corriente de fusión y el promedio de contenido total de oxígeno previsto para la corriente de fusión se mantiene por bajo de un valor prefijado, menor de aproximadamente 0,4 de contenido total de oxígeno, en al menos una parte preponderante (y más de preferencia en esencialmente la totalidad) del plano perpendicular. En la producción de cobre fundido con menos de 0,01 % en peso de oxígeno, la dispersión entre el más alto valor del contenido total de oxígeno hallado en esencialmente la totalidad del plano perpendicular a la corriente de fusión y el contenido total de oxígeno previsto para la corriente de fusión es menor de aproximadamente 0,3 del contenido total de oxígeno.

Para ilustrar aún más la ecuación precedente, se da a continuación, como ejemplo, la determinación del valor de  $K$  dado en la citada tabla para el gas natural con aire. El valor de  $A$  para el aire es de 21 % (esto es, porcentaje en volumen del oxígeno contenido en el aire). La can-

289246

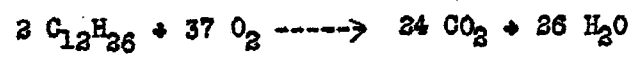


5      tidad estequiométrica en volúmenes de oxígeno, necesaria para quemar por completo un volumen de gas natural (supuesto el CH<sub>4</sub>) viene dada por la ecuación: CH<sub>4</sub> + 2O<sub>2</sub> ----> CO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O. Por consiguiente, el valor de B es 2. Por lo tanto, el valor de K viene dado por la ecuación:

$$K = \frac{0,0632 \cdot A}{B + 0,01 \cdot A} = \frac{0,0632 \times 21}{2 + (0,01 \times 21)} = 0,60$$

10      La ecuación que antecede se ve ilustrada asimismo mediante la determinación que sigue, del valor de K dado en la tabla precedente, utilizando un combustible líquido, tal como el keroseno, y aire para formar la corriente unitaria. El valor de A es aquí también de 21 %, como en el ejemplo precedente. El valor de B es de 18,5 , deducido de la ecuación que sigue:

15



Por consiguiente, el valor de K es:

20

$$K = \frac{0,0632 \cdot A}{B + 0,01 \cdot A} = \frac{0,0632 \times 21}{18,5 + (0,01 \times 21)} = 0,071$$

25      Como se ha dicho antes, la relación del combustible al gas oxigenado que se emplea en la corriente de fusión también afecta a la proporción de oxígeno incorporada al cobre durante el proceso de fusión. Aun estando controlado el contenido total de oxígeno en la corriente de fusión, de la manera que se estudia más arriba, la contaminación con oxígeno del cobre fundido, según pudo verse,

30

289246



aumentó al ser aumentada la proporción de combustible respecto al gas oxigenado. Así, pues, al emplear gas natural sin precalentar, como combustible, y aire sin precalentar como gas oxigenado para la corriente de fusión, e inyectar esta última en el horno en una pluralidad de corrientes unitarias (cada una de las cuales se formaba en su propio quemador independiente y se encendió en él antes de inyectar en el horno la particular corriente unitaria), se vió que, aumentando la proporción de gas natural en la corriente de fusión para disminuir la proporción o cantidad relativa de oxígeno en la corriente de fusión (acrecentando de ese modo la deficiencia de oxígeno), aumentó el tamaño de las formas de pincel antes citadas, delante de los quemadores, así como la cantidad y concentración de oxígeno sin quemar en las formas. Se vió asimismo que la resultante disminución en el grado de combustión del oxígeno contenido en los gases de las formas iba acompañada de un aumento en el contenido de oxígeno del cobre fundido, ya que el cobre que contenía tan sólo 0,002 % o menos de oxígeno subió hasta el 0,07 % de oxígeno, en peso, aun cuando la variación de contenido total de oxígeno a través del plano perpendicular en cada una de las corrientes unitarias, y la variación en este contenido total de oxígeno entre las corrientes unitarias antes de su inyección al horno, fué menor del 0,2 de contenido total de oxígeno en volumen.

Por consiguiente, en otro de sus aspectos, la invención comprende el recurso de controlar el tamaño de dichas formas de pincel y la cantidad y concentración de oxígeno sin quemar en las mismas, habilitando un grado

289246



5 prefijado de combustión del oxígeno contenido en la co-  
rriente de fusión antes de su inyección al horno, y evi-  
tando así la incorporación de cantidades no deseadas de  
oxígeno al cobre durante la fusión. Por experiencias rea-  
lizadas respecto a la citada característica se ha visto  
que el control del oxígeno sin quemar en la corriente de  
10 fusión se obtiene del modo más conveniente regulando el  
grado de combustión en la corriente de fusión, antes de  
inyectarla en el horno, según viene indicado por el gra-  
do de combustión del oxígeno en la corriente de fusión  
después de haber recorrido ésta una distancia dada en el  
interior del horno. A los convenientes fines de medición,  
conforme a este invento, se determina el oxígeno sin que-  
15 mar contenido (a base de seco) en una muestra de gas to-  
mada en uno o más puntos situados en el horno delante de  
la corriente o las corrientes, a unos quince centímetros  
a partir de la pared del horno, y de preferencia en el  
eje longitudinal de la corriente inyectada en el horno,  
o en el eje longitudinal de una o más de las corrientes  
20 inyectadas que componen la corriente de fusión. Para evi-  
tar la incorporación de cantidades no deseadas de oxígeno  
al cobre durante la fusión, y especialmente para pro-  
ducir cobre fundido con menos de 0,05 % en peso de oxígeno,  
la combustión del oxígeno inicialmente contenido en  
25 la corriente de fusión, antes de ser ésta encendida, se  
regula de preferencia en la propia corriente de fusión,  
antes de inyectarla en el horno, para tener un grado al  
menos secundario de combustión de oxígeno, y más prefe-  
riblemente un grado de combustión de oxígeno de al menos  
30 35 %, en una proporción preponderante, y de preferencia



en esencialmente la totalidad, de la corriente de fusión, en el momento en que esta última haya entrado en el horno a una distancia de unos quince centímetros a partir de la pared del horno. En la producción de cobre fundido con menos de 0,035 % en peso de oxígeno, la combustión del oxígeno contenido en la corriente de fusión antes de la ignición se regula de preferencia en la corriente de fusión, antes de inyectarla en el horno, dando un grado al menos principal, y más preferiblemente un grado de combustión de oxígeno de al menos 70 %, en una proporción preponderante, y de preferencia en esencialmente la totalidad, de la corriente de fusión, en el momento en que esta última haya entrado en el horno a una distancia de unos quince centímetros a partir de la pared del horno. En la producción de cobre fundido con menos de 0,01 % en peso de oxígeno, la combustión del oxígeno se regula de modo que se tenga de preferencia un grado al menos preponderante de combustión de oxígeno, y más preferiblemente un grado de combustión de oxígeno de al menos 85 %, en una proporción preponderante, y de preferencia en esencialmente la totalidad, de la corriente de fusión, en el momento en que esta última haya penetrado en el horno a unos quince centímetros de la pared de éste. Para la mínima contaminación del cobre fundido con oxígeno, el grado de combustión del oxígeno en la corriente de fusión, antes de ser ésta inyectada en el horno, ha de ser tal que esencialmente la totalidad (esto es, más de un 90 % aproximadamente) del oxígeno inicialmente presente en la corriente de fusión se haya quemado (combinado en la combustión) antes de haber penetrado la corriente de fusión unos quin-

289246



de centímetros en el horno.

Según se vió, el grado de combustión del oxígeno en la corriente de fusión para una relación dada cualquiera de combustible a oxígeno en la misma, aumentaba al precaldear la corriente de combustible, o la corriente de gas oxigenado, o la corriente de fusión, o una o varias cualesquiera o la totalidad de estas corrientes. También se vió que el grado de combustión del oxígeno aumentaba para una relación dada cualquiera de combustible a oxígeno en la corriente de fusión, empleando un gas oxigenado de mayor contenido de oxígeno, tal como, por ejemplo, aire enriquecido.

Vióse asimismo que con cambios relativamente pequeños en la relación de combustible a gas oxigenado empleada para formar la corriente de fusión se producían cambios relativamente grandes en el grado de combustión del oxígeno en la corriente de fusión, al utilizar combustibles hidrocarbureados, en particular los líquidos y más particularmente los gaseosos. Así, por ejemplo, al utilizar como combustible un gas natural sin precalentar, de una composición equivalente a  $CH_3,86$  y una potencia calorífica de  $9150 \text{ kcal/m}^3$ , y aire sin precalentar como gas oxigenado para la corriente de fusión, e inyectar esta última en el horno en forma de una pluralidad de corrientes unitarias (formada cada una de ellas en un quemador y encendida antes de inyectarla en el horno), se vió que el grado de combustión del oxígeno en la corriente de fusión a unos quince centímetros en el interior del horno disminuía desde alrededor de 90 % a un 25 % aproximadamente, al bajar de 18,95 % a 18,50 % la proporción en

289246



volumen de oxígeno (a base de seco) introducido por el aire en la corriente de fusión.

5 Cuando como combustible se emplean hidrocarburos, en particular flúidos y más especialmente hidrocarburos gaseosos, y se utiliza aire como gas oxigenado para formar la corriente de fusión, la relación del combustible al aire es preferiblemente tal que en la corriente de fusión se tiene, antes de encenderla, un contenido de oxígeno inferior a la proporción teórica (estequiométrica) de oxígeno necesaria para quemar por completo el combustible, pero no en más de un 0,6 % inferior en volumen de oxígeno, a base de seco a dicha proporción teórica de oxígeno. Cuando se emplea gas natural como combustible y aire como gas oxigenado, la relación del combustible al aire suministrada al horno es preferiblemente tal que da en la corriente de fusión un contenido de oxígeno comprendido entre los límites de 18,50 % y 18,95 %, en volumen, a base de seco, para la producción de cobre con menos de 0,05 % en peso de oxígeno. De preferencia, esta relación es tal que en la corriente de fusión se tiene un contenido de oxígeno comprendido entre 18,65 % y 18,95 %, en volumen, a base de seco, para producir cobre fundido con menos de 0,035 % de oxígeno en peso. Para la producción de cobre fundido con menos de 0,01 % de oxígeno en peso, la citada relación es tal, de preferencia, que da de 18,70 % a 18,85 % de oxígeno, en volumen, a base de seco, en la corriente de fusión. Para obtener los mejores resultados, esta relación es tal que da en la corriente de fusión, antes de encenderla, un contenido de oxígeno de 18,80 % en volumen, a base de seco.

289246



Al hacer funcionar el horno con arreglo a este invento, se vió que, establecidas unas determinadas condiciones reductoras deseadas en la corriente de fusión antes de inyectar esta última en el horno, el contenido de oxígeno en el cobre fundido venía entonces determinado por la intensidad de la condición reductora habilitada en la atmósfera del horno propiamente dicha. También se ha visto que el metal en fusión que sale del horno se halla en general a una temperatura comprendida entre 1093° y 1176° C, y usualmente entre 1104° y 1139° C. En la puesta en práctica de la invención para producir cobre fundido que salga del horno a una temperatura comprendida entre los límites precitados y contenga menos de 0,05 %, y tan sólo un 0,002 % o menos de oxígeno en peso, dicha atmósfera del horno contiene de preferencia, en volumen, a base de seco, al menos 0,5 % de hidrógeno o 0,5 % de monóxido de carbono cuando se emplea un combustible hidrocarbonado o un hidrocarburo, o cuando el combustible comprende hidrógeno y monóxido de carbono. Más preferiblemente, la atmósfera del horno contiene alrededor de 2 % de hidrógeno o de 2 % de monóxido de carbono, en volumen, a base de seco, empleando tales combustibles.

Al hacer funcionar el horno, para fundir cobre que estaba contaminado con sulfato, físicamente presente en la superficie del cobre o bien ocluido en éste, tal como sucede en el caso de los cátodos de cobre, se vió que al cobre fundido pasaba poco o nada del azufre contenido en el sulfato. Según se cree, el sulfato se descompone por el calor en la parte superior del horno, antes de que se produzca la fusión del cobre, y el azufre contenido en



el sulfato se libera en forma de óxidos gaseosos de azufre tales como, por ejemplo, dióxido de azufre, que sale del horno con el gas de chimenea, teniendo poco o ningún contacto con el cobre fundido. Se ha visto, en cambio, que el azufre contenido en la corriente de fusión inyectada en el horno se incorporan desde ésta, esencialmente en cantidad, al cobre fundido. Se ha visto asimismo que todo azufre así incorporado al cobre fundido permanece en el metal a menos que extraiga del mismo con oxígeno incorporado al metal en fusión, por ejemplo, mediante el soplado de la técnica usual.

Con arreglo a otra característica de la invención, el azufre contenido en la corriente de fusión inyectada en el horno se mantiene por bajo de un valor prefijado. Así, para producir metal en fusión con menos de 0,003 % de azufre, en peso, la proporción de azufre contenida en la corriente de fusión ha de ser menor de 0,0056 % en volumen, a base de seco, y calculada como dióxido de azufre; y para producir metal fundido con menos de 0,001 % de azufre en peso, la corriente de fusión ha de contener una proporción de azufre menor del 0,0028 % en volumen, a base de seco, calculada como dióxido de azufre. Tales proporciones de azufre en la corriente de fusión se obtienen con suma facilidad empleando un combustible que posea una proporción de azufre suficientemente baja. Se ha visto que para producir cobre fundido con un 0,002 % o menos de azufre en peso, hay que emplear un combustible que contenga menos de 0,072 kg de azufre por millón de coal; y para producir metal fundido con menos de 0,001 % de azufre en peso, el combustible ha de contener menos de



0,036 kg de azufre por millón de kcal. Se sobrentiende que la expresión "kg de azufre por millón de kcal" quiere decir peso total de azufre, calculado como tal, contenido en aquella cantidad del combustible en cuestión que, al ser quemada con una proporción estequiométrica de aire, libera un millón de kilocalorías de energía térmica.

5

10

15

20

25

30

La invención puede ponerse en práctica para fundir cobre de cualquier composición, que posea cualquier forma o mezcla de formas, sin que al cobre se le incorpore durante la fusión cantidad alguna de oxígeno que exceda de la máxima deseada. Como ya se ha dicho, la invención resulta particularmente útil en la fusión de cobre comercialmente puro, y en particular de cobre refinado tal como el de los cátodos de cobre. Además de los cátodos de cobre, el cobre comercialmente puro a fundir puede hallarse como cobre refinado al fuego en diversas formas, o como chatarra de cobre, bien sea de afino o bien chatarra de alta calidad, conocida en el mercado como chatarra de hilo de cobre n° 1 y chatarra pesada de cobre n° 1. Como es sabido en el ramo, la chatarra de refinería se compone de chatarra de cobre producida en la sección de cobre electrolítico en forma de tiras y recortes de los cátodos, y chatarra en forma de cuencos, vainas, moldes de cobre gastados y piezas de moldeo rechazadas, obtenidas al fundir o colar formas de cobre comercialmente puro. La calidad de la chatarra de hilo de cobre n° 1 y de la chatarra pesada de cobre n° 1 se define en la circular NF-58 de fecha 1 de agosto de 1958, titulada "Standard Classification for Non-Ferrous Scrap Metals" ("Clasificación normalizada de chatarra de metales no férreos"),

289246



publicada por la National Association of Secondary Material Industries, Inc., Nueva York, N.Y., U.S.A.

5 El horno vertical puede ser cualquier horno dispuesto en general verticalmente, y de forma o tamaño deseados, que sostenga una columna, de cualquier forma y tamaño convenientes, del cobre a fundir, y permita a la columna, a favor de la acción de la gravedad, descender dentro del horno al ir fundiéndose el cobre de la columna. Así, por ejemplo, el horno puede ser de forma general  
10 cuadrada, rectangular o circular. De preferencia, el eje longitudinal del horno se dispone formando un ángulo que permita a la columna, por su propio peso, descender en el horno por la acción de la gravedad. De preferencia también, la dimensión longitudinal del horno es de al  
15 menos 1,20 metros, y más preferiblemente es al menos igual a la dimensión más grande de sección recta del horno, en sentido transverso. El horno preferido es de sección recta transversa circular, con su eje longitudinal dispuesto esencialmente en posición vertical (esto es,  
20 sensiblemente a  $90^\circ$  respecto al plano horizontal). En un horno para fundir cátodos, el horno circular o cilíndrico preferido tiene de preferencia más de alrededor de un metro y menos de unos dos metros y medio, y más preferiblemente de metro y medio a dos metros, de diámetro interior; y su altura está preferiblemente comprendida  
25 entre una y diez veces el diámetro interior del horno. Expresado en función de la longitud de la columna, el horno es de preferencia lo bastante alto para rodear una columna de cobre que tiene de 1,20 a 9,15 metros, y más  
30 preferiblemente de 1,8 a 6,1 metros de longitud,



El horno puede construirse de cualquier modo conveniente o con cualquier material deseado. De preferencia, las paredes laterales y el fondo del horno se construyen en forma de envoltura de acero esencialmente hermética a los gases, como por soldadura, y se forra esta envoltura con un refractario ácido, neutro o básico; el refractario actualmente preferido es el de gran contenido de alúmina. Las paredes del horno pueden ser rectas o ir en pendiente de una manera cualquiera conveniente, y el fondo del horno puede estar construido y dispuesto de modo que deja un espacio en el cual se recoge el cobre fundido antes de que éste salga del horno por un agujero de toma o sangría practicado en la pared lateral, junto al fondo del horno; o bien puede estar construido y dispuesto de modo que el cobre salga sin apenas o en absoluto recogerse el metal fundido en un charco o concavidad. De preferencia, las paredes del horno forman pendiente hacia dentro en la parte inferior o fondo horno, y son rectas por encima de ella. Asimismo de preferencia, el fondo del horno forma pendiente hacia el agujero de toma o de salida, que preferiblemente está dispuesto en la parte más baja del fondo de modo que el cobre fundido corre y sale del horno en cuanto llega al fondo de éste, sin recogerse en un charco.

Como se ha indicado más arriba, en la práctica de la invención, la corriente de fusión puede inyectarse en el horno en forma de una o varias corrientes, por uno o varios puntos o zonas del horno, y la reunión o mezcla del combustible y el gas oxigenado puede efectuarse en una o varias etapas. Asimismo, el encendido de la corriente

289246



o las corrientes de mezcla puede iniciarse en cualquier momento después de efectuadas las etapas de mezcla, y antes de que la corriente o las corrientes tomen contacto con el cobre a fundir. Así, por ejemplo, la corriente de fusión puede reunirse en una sola etapa, y luego ser entregada a una pluralidad de quemadores y encendida en ellos antes de ser inyectada en el horno. Si bien puede utilizarse tal procedimiento, no es éste uno de los más preferidos, debido a la posibilidad de en la corriente de fusión ocurra una propagación de la combustión hacia atrás, o inflamación de retroceso. Igualmente, la corriente de fusión puede ser reunida en una sola etapa y luego quemada, entregándose entonces los productos calientes de la combustión a una pluralidad de lumbreras del horno. Si bien puede usarse este procedimiento, tampoco es uno de los más preferidos, ya que requeriría el uso de conductos refractarios relativamente largos, capaces de resistir temperaturas extremadamente elevadas. De preferencia, la corriente de fusión se compone de una pluralidad de corrientes unitarias, cada una de las cuales es inyectada en el horno desde su propio quemador montado en la pared del horno, siendo cada una de las corrientes unitarias encendida en su quemador particular y luego inyectada en el horno. En el procedimiento más preferido, se suministran por separado una corriente de combustible y una corriente de gas oxigenado a cada quemador, cada uno de los cuales está provisto de una sección de mezcla para recibir y mezclar o reunir las corrientes de combustible y de gas oxigenado, suministradas por separado, y entregar luego la corriente unitaria a una sección de



quemador inmediatamente contigua en el cuerpo del quemador, sección en la cual la corriente unitaria es encendida y luego inyectada en el horno.

5 El quemador o los quemadores pueden ir montados en las paredes del horno de modo que los gases que salen de aquellos apuntan directamente, o en general tangencialmente, a la columna de cobre; prefiriéndose la descarga directa por cuanto, según se ha visto, da una mayor velocidad de fusión. De preferencia, hay una pluralidad de quemadores montados en las paredes del horno al menos en un grupo, separados entre sí en torno al perímetro del horno junto al fondo del horno. De preferencia, este grupo contiene al menos tres quemadores. Más preferiblemente, se monta una pluralidad de quemadores en las paredes del horno, en varios grupos, con los quemadores de cada grupo separados entre sí en torno al perímetro del horno, y cada grupo separado del otro verticalmente, estando el más bajo de los grupos junto al fondo del horno. Esta última disposición de los quemadores, especialmente en combinación con paredes del horno en pendiente hacia dentro en la parte del fondo de éste, es más preferida por contribuir, según se ha visto, a que la parte del fondo de la columna de cobre en fusión adopte una forma convergente en general, que en el caso de un horno circular es una forma cónica en general, forma que, según se ha visto también, da una velocidad de fusión mayor de la que se obtendría sin ella.

10

15

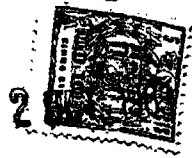
20

25

Al hacer funcionar el horno, se ha visto que para una potencia térmica de entrada cualquiera dada, la velocidad de fusión del cobre es afectada por la proporción

30

289246



del calor total absorbido por el cobre como calor de convección y la proporción que es absorbida como calor radiante; y que la velocidad de fusión aumenta cuando se aumenta el calor absorbido por convección por el cobre.

5 De preferencia, las condiciones de combustión son tales que al menos una parte principal y más preferiblemente una proporción al menos preponderante del calor total absorbido por el cobre, es absorbida como calor de convección.

10 Se ha visto asimismo que, para una potencia dada de entrada térmica cualquiera, la cantidad de calor de convección absorbida por el cobre es afectada por la velocidad a la cual se inyecta en el horno la corriente de fusión; y que aumentando la velocidad de la corriente de

15 fusión se aumenta la cantidad de calor absorbida por el cobre como calor de convección. De preferencia, cuando la corriente de fusión se inyecta en el horno por medio de una pluralidad de quemadores, la distribución de los quemadores, juntamente con la velocidad de los gases que salen de éstos, son tales que dan a los gases una trayectoria de recorrido generalmente plana que, cuando el horno está vacío, tiene aproximadamente la misma longitud que

20 la dimensión más grande del horno en sección recta transversal. Así, por ejemplo, en el horno circular preferido, empleando una pluralidad de quemadores en cada grupo, repartidos en torno a la periferia del horno, con cada quemador apuntando radialmente hacia dentro, la velocidad de los gases que salen de cada quemador es de preferencia suficiente para llevar los gases desde el quemador pasando

25 por el centro del horno en una trayectoria sensible-

30



mente plana, considerada con el horno vacío. En los hornos en que la dimensión interior más grande en sección recta es aproximadamente de unos dos metros o menos, y en hornos circulares de un diámetro aproximado de unos  
5 dos metros o menos, la velocidad de los gases inyectados por los quemadores, al menos en los grupos más bajos, es preferiblemente de al menos veinte metros por segundo en las condiciones efectivas de temperatura y presión existentes en los gases al abandonar éstos la salida del quemador y entrar en el horno.  
10

Además, se ha visto que, en unas condiciones dadas cualesquiera, la cantidad de calor absorbido de los gases por el cobre como calor de convección depende de la temperatura de los gases que inciden sobre la columna, y  
15 que a mayores temperaturas del gas incidente aumenta la cantidad de calor absorbida por el cobre como calor de convección. La temperatura de los gases, obtenida quemando un combustible particular cualquiera y empleando en particular cualquier relación de combustible a gas  
20 oxigenado, puede aumentarse incrementando el contenido de oxígeno del gas oxigenado empleado para formar la corriente de fusión, o precaldeando la corriente de combustible o la corriente de gas oxigenado o la corriente de fusión antes de encender esta última, o bien una o  
25 varias cualesquiera de estas corrientes, o todas ellas. De preferencia, se precalientan todo lo posible en la práctica al menos la corriente de gas oxigenado, y más preferiblemente también la corriente de combustible. También de preferencia, cuando tales gases se precalientan,  
30 son precaldeados a una temperatura comprendida entre 150°



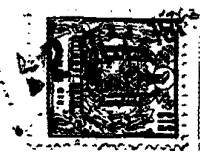
y 540° C. En el procedimiento más preferido, al menos la corriente del gas oxigenado se precaldea por contacto indirecto con los gases calientes de chimenea que salen del horno.

5            Además de eso, según se ha visto, la velocidad de fusión resulta afectada por la compacidad de la columna, ya que, en unas condiciones dadas cualesquiera, al aumentar el grado de compacidad de la columna disminuye la velocidad de fusión. Se ha visto asimismo que la compacidad o  
10            densidad aparente de la columna puede ser controlada por la manera en que se introduce el cobre en el horno, regulando la disposición de las formas de cobre en la columna. Así, como más adelante se ilustra en el ejemplo 8, al fundir cátodos de cobre en el horno de dicho ejemplo bajo  
15            la condición de combustión dada, se vió que, introduciendo los cátodos en el horno de modo que cada uno de ellos descansara en la parte alta de la columna en posición sensiblemente horizontal, con los cátodos alineados en general verticalmente para obtener una columna relativamente  
20            compacta, se obtuvo en dicho horno particular una velocidad de fusión de alrededor de treinta toneladas de cobre por hora. En cambio, en las mismas condiciones de combustión, la velocidad de fusión aumentó a cuarenta y cinco toneladas por hora cuando los cátodos se introdu-  
25            jeron en el horno descansando en la parte alta de la columna en posición casual, sin alinear, formando una columna menos densa o compacta y más abierta. De preferencia, la disposición casual de los cátodos se obtiene introduciendo éstos en el horno por incrementos, cada uno  
30            de los cuales consiste en una pila de cátodos horizontal-



mente dispuestos, apilados en un metro de altura aproximadamente. Las pilas se introducen en el horno dejándolas caer o volcándolas en la parte alta del horno, desde una máquina de carga. Las observaciones realizadas en la columna, cuando el horno fué cargado de esta última manera, revelaron una disposición de cátodos, en la columna, de tipo casual y parecida a la de las pajas en el juego de este nombre. Por consiguiente, en la práctica de la invención, la carga del horno con las formas de cobre a fundir puede regularse controlando la densidad aparente de la columna, y con ello la velocidad a la cual se funde el cobre en el horno. De preferencia, las formas se cargan o introducen en el horno de manera tal que quedan dispuestas al azar, esto es, de manera casual, en la columna.

Para poner en marcha el horno, bien sea por primera vez o después de una parada que haya permitido al refractario enfriarse relativamente, se enciende el horno, preferiblemente a bajo régimen, durante un tiempo suficiente, en general menor de una hora y usualmente de unos quince a treinta minutos, para caldear el refractario al menos a un rojo apagado de modo que se solidificara en él poco o nada del cobre inicialmente fundido que cayera sobre el refractario caliente. A continuación se introduce el cobre en el horno, formando en él una columna de la altura deseada, y se aumenta el régimen o velocidad de combustión hasta el valor de trabajo conveniente. Después se va cargando o introduciendo cobre, según necesidades, de preferencia de modo intermitente o semicontinuo, y manteniendo la parte alta de la columna por encima del



nivel deseado en el horno, mientras el cobre se va fundiendo en éste, preferiblemente de modo continuo. El cobre fundido puede ser recogido en un charco en el fondo del horno y sacado de éste bien continua o intermitentemente a través del agujero de toma o sangría. De preferencia, no se emplea charco alguno, y se deja fluir el metal fundido, saliendo libremente por un agujero de toma abierto, con la misma rapidez con que el cobre se funde en el horno. El metal fundido procedente del horno se puede llevar de cualquier manera adecuada a cualquier lugar conveniente para su ulterior utilización. De preferencia, el metal se deja fluir desde el agujero de toma a un canalón caldeado, que lo suministra directamente a los medios de colcada situados junto al horno, o a un horno de contención desde donde puede ser entregado a los apropiados medios de colada.

Para detener el funcionamiento del horno, se corta el suministro de cobre al mismo y, si se desea vaciar el horno, se continúa la combustión hasta que se funde el cobre que queda en la columna, después de lo cual se suspende la combustión. Detenido de este modo el funcionamiento del horno, este puede ser puesto en marcha de nuevo como antes se ha dicho y, cuando el refractario se encuentre todavía suficientemente caliente, se puede prescindir del lento período de encendido. Cuando durante la fusión no se mantenga en el horno charco alguno de metal fundido, como sucede en el caso del procedimiento preferido de trabajo, el horno se detiene preferiblemente interrumpiendo la carga de metal y el suministro de combustible al horno mientras se continúa suministrando a éste



2 00

5 el aire o gas oxigenado, hasta que deja de fluir metal fundido del horno, después de lo cual se corta también este último gas. Usualmente, la salida de metal fundido se detiene al cabo de aproximadamente un minuto de haber  
10 cortado el suministro de combustible al horno. Después de ello, si el refractario del horno no ha llegado a enfriarse demasiado, el horno puede volver a ponerse en marcha simplemente dando comienzo a la combustión, al régimen de trabajo conveniente, y cargando o introduciendo cobre por la parte alta de la columna que queda en el  
15 horno, según necesidades. Si el refractario del horno ha llegado a enfriarse relativamente, como sucede, por ejemplo, cuando el horno ha estado parado toda la noche, éste puede volver a ponerse en marcha encendiendo a bajo régimen durante quince a treinta minutos, o hasta que  
20 empieza a gotear el cobre de los bordes de la carga que ha quedado en el horno, antes de dar al horno el régimen de combustión de trabajo deseado.

El funcionamiento del horno sin mantener charco de metal fundido en el mismo durante la fusión, especialmente cuando se pone en práctica en combinación con el procedimiento de parada preferido, resulta especialmente ventajoso por poderse suministrar cobre en fusión según necesidades, sin el riesgo, o el inconveniente, de la  
25 necesidad de mantener una gran cantidad de metal fundido guardada en el horno. Así, pues, empezando con el horno frío, es posible suministrar metal fundido a los quince o treinta minutos de la puesta en marcha, pudiendo llegarse al pleno régimen de fusión dentro de los quince a  
30 treinta minutos siguientes; y, cuando se vuelve a poner

289246



en marcha un horno caliente, es posible obtener a los  
cinco minutos la plena salida de cobre fundido. Además,  
es posible detener rápidamente toda salida o fluencia  
de metal fundido, usualmente en menos de dos minutos y  
5 más usualmente en un minuto, sin que quede metal fundido  
en el horno cuando se pone en práctica el procedimiento  
preferido de parada; siendo esto especialmente ventajoso  
en el caso de un accidente que exija una rápida detención  
de la salida de metal fundido. Además, el recurso de en-  
10 friar el cobre caliente que queda en el horno, con el gas  
oxigenado, durante el proceso de parada preferido, no  
produce efecto adverso aparente sobre el contenido de  
oxígeno del cobre obtenido, cuando el cobre así enfriado  
se funde al volver a ponerse en marcha el horno.

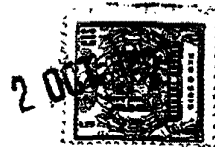
15 Al hacer funcionar el horno continuamente en diver-  
sas condiciones de combustión y de carga, se ha visto que  
el metal fundido de la columna puede solidificarse en la  
parte inferior o en el fondo del horno, y que esta soli-  
dificación puede ocurrir hasta el punto de taponarse el  
20 agujero de toma. Asimismo se ha visto que este tapon-  
amiento puede producirse rápidamente cuando se pone en  
práctica el procedimiento de carga arriba citado para  
proporcionar a la columna la condición de abierta que  
le da la disposición casual de las formas arriba citada.  
25 Este taponamiento, según se ha visto, podía ocurrir con  
particular rapidez al poner en práctica dicho procedi-  
miento de carga en combinación con la etapa de dar sali-  
da del horno al cobre fundido, en cuanto el metal fundi-  
do llegara al fondo del horno, no existiendo apenas o en  
30 absoluto charco alguno de metal fundido en el fondo del



5           horno. De las observaciones realizadas por las mirillas  
de los quemadores, se apreció que la solidificación ca-  
paz de dar lugar a un rápido taponamiento puede ser de-  
bida, al menos en parte, al hecho de que el carácter más  
abierto de la columna, resultante de dicho procedimiento  
de carga, permite a la columna moverse o bajar con rela-  
tiva rapidez hasta la parte inferior del horno, o permi-  
te que una parte de la columna o trozos individuales del  
cobre sin fundir caigan en el cobre fundido contenido en  
10 el fondo del horno, o que fluye a través de éste, enfrian-  
do indebidamente el cobre fundido antes de la salida de  
este último por el agujero de toma del horno.

15           Cuando, por alguna razón, el agujero de toma llegue  
a taponarse con metal solidificado, es esencial interrumpir  
la fusión en el horno y extraer del agujero de toma  
el tapón de metal congelado, después de lo cual el horno  
puede volverse a poner en marcha como se ha dicho más  
arriba. De preferencia, la fusión se detiene cortando el  
suministro de combustible al horno mientras se continúa  
20 suministrando a éste el aire o gas oxigenado, para dete-  
ner rápidamente la generación de metal fundido en el hor-  
no; en cuanto se detiene la fusión, se corta también el  
suministro del aire o gas oxigenado.

25           Se ha visto, no obstante, que la probabilidad de que  
en el horno se produzca una solidificación del metal fun-  
dido hasta el punto de taponar el agujero de toma o de  
salida puede eliminarse o reducirse grandemente dirigen-  
do productos calientes de combustión a la parte inferior  
del horno, y en especial a aquella parte del volumen del  
30 horno definida por los noventa centímetros inferiores del



mismo, a velocidad suficiente para suministrar calor, a dicha parte inferior, a más de unas 13.300 kcal por minuto y por metro cúbico de capacidad de dicha parte, a base de horno vacío. En el presente caso, al hablar de los noventa centímetros inferiores del horno se hace referencia a una medición lineal efectuada según el eje longitudinal central del horno, comenzando en el fondo de éste y extendiéndose a partir de allí hacia arriba en una distancia de noventa centímetros sobre el eje longitudinal central del horno. De preferencia, en estos noventa centímetros inferiores se disponen uno o varios quemadores, y más preferiblemente al menos tres quemadores, estando de preferencia al menos tres de los quemadores lo más cerca posible del fondo del horno (esto es, dentro de unos treinta centímetros a partir del fondo del horno), y los quemadores se encienden a un régimen suficiente, a base de horno vacío, para inyectar productos calientes de combustión dando al menos 17.800 , y más preferiblemente por encima de 26.700 kcal/min.m<sup>3</sup>, de los noventa centímetros inferiores del horno, para evitar el taponamiento del agujero de toma por solidificación del metal fundido. Para hornos grandes, por ejemplo, hornos circulares de un diámetro superior a 1,52 m y de más de 3 m de altura, el calor se introduce de preferencia en los noventa centímetros inferiores a razón de por lo menos 89.000 kcal/min. por metro cúbico de la porción de los noventa centímetros.

Contrariamente a lo que cabría esperar, se vio que aplicando calor a los elevados regímenes citados no se aumentaba la contaminación del cobre con oxígeno, a pe-

289246



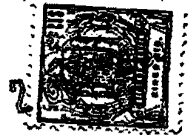
sar del mayor número de quemadores o de las mayores velocidades necesarias para obtener tales regímenes de aplicación de calor. Por el contrario, la aplicación de calor con tales potencias parece contribuir, en realidad, a evitar la contaminación del cobre con oxígeno.

En la práctica de la invención puede emplearse cualquier combustible, en especial cualquier combustible fluido o fluidizable. De preferencia, el combustible es un combustible que comprende hidrógeno y monóxido de carbono, tal como, por ejemplo, gas de agua o de gasógeno, o bien es un combustible hidrocarburado (esto es, que comprende carbono e hidrógeno). De tales combustibles, se prefieren los gaseosos o líquidos, en el orden citado; siendo el gas natural el combustible más preferido. Cuando en la práctica de la invención se emplean los combustibles preferidos, éstos dan componentes reductores en la atmósfera del horno propiamente dicha, que constan esencialmente de hidrógeno y monóxido de carbono a consecuencia de la combustión incompleta del combustible. Durante la fusión, la presión de la atmósfera del horno puede ser tal que mantenga la presión en el horno junto al agujero de toma al nivel de la presión atmosférica ambiente, o ligeramente por encima o por debajo de ésta. Con tal procedimiento, se prefiere, como antes se ha dicho, dirigir al caño de toma o de salida una llama reductora procedente de un soplete de gas dispuesto al exterior del horno junto al caño. Cuando para suministrar el metal en fusión a un lugar de utilización deseado se empleen canales abiertos o parcialmente abiertos, estos sopletes se disponen de preferencia también a lo largo de



la parte alta del canalón, con su llama dirigida al interior de éste para proteger del aire, el metal, al fluir éste a lo largo del canalón. De preferencia, el horno se enciende a un régimen que proporciona en el mismo una presión positiva suficiente para hacer que los gases del horno fluyan por el agujero de toma llenándolo. En el procedimiento más preferido, la presión de la atmósfera del horno se mantiene lo bastante elevada para hacer que los gases calientes del horno pasen y salgan por el agujero de toma y cubran una parte del canalón, llenándolos. Con este procedimiento preferido, la parte del canalón que va llena de gases del horno está cubierta. La parte restante del canalón, si la hay, está parcialmente cubierta y provista de los sopletes antes citados, para protegerla del aire.

Durante la fusión del cobre en el horno, pueden tomarse muestras del cobre fundido al fluir éste por el agujero de toma, y pueden modificarse las condiciones reductoras en la corriente de fusión inyectada en el horno, para cambiar el contenido de oxígeno en el cobre a un valor conveniente distinto, según indique el análisis de la muestra. La condición reductora de la corriente de fusión inyectada puede modificarse asimismo para cambiar la conformación del cobre al endurecerse, dándole otra distinta, según lo indique la conformación al endurecimiento de las muestras solidificadas. Así, por ejemplo, cuando como combustible se emplee gas natural, y se desee rebajar la conformación al endurecimiento de un cobre de conformación en alto (esto es, en el cual la conformación al endurecimiento es convexa), se disminuyen



las condiciones reductoras de la corriente de fusión hasta rebajar la conformación en el grado deseado. Cuando se quiera elevar la conformación de un cobre que la tenga baja (esto es, en concavidad), se incrementan dichas condiciones reductoras hasta obtener la deseada conformación al endurecimiento.

La invención resulta útil para obtener cobre fundido destinado a la colada en una forma cualquiera y por cualquier procedimiento de colada. Es particularmente utilizable en relación con la colada de barras de hilera de cobre, y lingotes y tochos de cobre desoxidado, y en especial lingotes y tochos de cobre desoxidado de poco contenido de fósforo, en particular cuando se utilizan procedimientos de colada continua. Con tales procedimientos, en particular cuando se emplean en la colada de lingotes y tochos de cobre desoxidado, y especialmente el desoxidado con un agente desoxidante tal como el fósforo que se combina con los últimos indicios de oxígeno combinado con el cobre, el cobre fundido procedente del horno puede ser entregado a un horno intermedio o de contención desde el cual se puede llevar, por medio de un dispositivo vertedor apropiado, al aparato de colada continua. El horno de contención funciona como depósito regulador del cobre, y también como lugar de incorporación del agente desoxidante al cobre. Además, la temperatura del metal puede ser elevada en el horno de contención, ya que en muchas operaciones de colada se desea con frecuencia tener una temperatura del metal superior a la óptima conveniente o económicamente suministrada por el horno de fusión cuando este último se hace funcionar de la manera preferida, sin



charco de metal fundido en su interior.

La invención resulta especialmente ventajosa como  
manantial de obtención de cobre fundido para la colada  
de barras de hilera en moldes usuales de fondo cerrado.  
5 Como es sabido, tales moldes están dotados de una o más  
cavidades de moldeo alargadas, cada una de las cuales tie-  
ne pendiente a sus extremos de modo que la barra de hile-  
ra en ella fundida resulta de forma alargada y sección  
recta transversal generalmente cuadrada, con extremos en  
10 pendiente que proporcionan una superficie de agarre para  
llevar las barras a un tren de laminación. En la práctica  
de esta invención para obtener cobre fundido para la co-  
lada de barras de hilera, la corriente de fusión se con-  
trola de modo que el metal fundido que da contiene menos  
15 de 0,05 % en peso de oxígeno. De preferencia, para obte-  
ner una conformación de endurecimiento a nivel, el metal  
que sale del horno contiene menos de 0,035 %, y más pre-  
feriblemente menos de 0,01 % de oxígeno en peso, y menos  
de 0,003 %, y preferiblemente menos de 0,001 % de azufre  
20 en peso. En la obtención de metal fundido para la colada  
de la nueva barra de hilera con conformación a nivel, a  
que antes se ha hecho referencia, el metal que sale del  
horno contiene, en peso, menos de 0,0007 %, de preferen-  
cia menos de 0,0005 % de cada, de hierro y azufre, y me-  
25 nos de 0,035 % de oxígeno. Más preferiblemente, en la ob-  
tención de tal barra de hilera, nueva en su género, el  
metal que sale del horno contiene menos de 0,01 % de oxí-  
geno en peso, y al metal en fusión se le permite absorber  
oxígeno de la atmósfera al ser vertido en el molde, de  
30 modo que su contenido de oxígeno, al aumentar, quede a un



valor deseado por bajo del de 0,035 % de oxígeno. Además, se ha descubierto que es difícil obtener un endurecimiento a nivel en la barra de hilera, a menos que la barra de colada contenga al menos un 0,01 % en peso, aproximadamente, de oxígeno. Asimismo, aun cuando las nuevas propiedades presentes se obtienen en barra de hilera endurecida a nivel, exenta de azufre y de hierro, ningún perfeccionamiento logrado es lo bastante grande para justificar el esfuerzo y los gastos necesarios para reducir tales componentes a menos que indicios.

La invención se ilustra con mayor detalle en los dibujos adjuntos. Ahora bien, se sobrentiende que los dibujos se dan con fines meramente ilustrativos, y que la invención, en su sentido más alto, no resulta limitada por los mismos.

En los dibujos:

- la figura 1 es un alzado, con partes desprendidas, que ilustra el modo y el aparato preferidos para poner en práctica el presente invento;
- la figura 2 es una sección vertical del horno y de una porción de la pila representada en la fig. 1, tomada por la línea 2-2 de la fig. 1, y en la cual se han omitido, para mayor sencillez, parte de los conjuntos de quemadores y la tubería para alimentación de estos últimos;
- las figuras 3, 4, 5 y 6 son unas secciones transversas del horno, tomadas por las líneas 3-3, 4-4, 5-5 y 6-6 respectivamente de la fig. 2, con una carga en el horno como la indicada en la fig. 7;
- la figura 7 es una vista esquemática del horno en sección vertical, que muestra en alzado una disposición

289246



casual preferida de una columna de cátodos en el horno, durante el proceso de fusión;

5 - la figura 8 es una sección vertical agrandada, tomada por la línea 8-8 de la fig. 1, que muestra el conjunto de quemador con mayor detalle;

- la figura 9 es una sección vertical de una parte de un cuerpo de quemador preferido;

- la figura 10 es una vista en sección horizontal tomada por la línea 10-10 de la fig. 9;

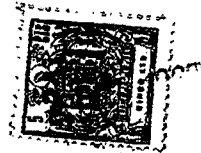
10 - la figura 11 es una perspectiva de una barra de hilera;

- la figura 12 es una sección longitudinal de la barra de hilera, tomada por la línea 12-12 de la fig. 11;  
y

15 - la figura 13 es una sección transversa de la barra de hilera, tomada por la línea 13-13 de la fig. 13.

Con referencia ahora a los dibujos, la fig. 1 ilustra un conjunto compuesto de horno de fusión 1, chimeneas 2, canalón 3 y tuberías asociadas para alimentar con combustible y con un gas oxigenado los cuerpos de quemador 4. Como se ilustra en las figuras 2 a 7, el horno 1 está provisto, en sus paredes laterales y su fondo, de un forro o revestimiento refractario 5 rodeado por una envoltura 6 construída de un material apropiado, de preferencia un metal como el acero, adecuadamente ensamblado como por soldadura para obtener una envoltura esencialmente hermética a los gases. Las paredes laterales del horno están provistas de una pluralidad de lumbreras 7 para los cuerpos de quemador 4. Como se indica en la fig. 2 y en la fig. 7, las paredes laterales inferior-

20  
25  
30



res 9 del horno tienen pendiente hacia dentro, y el fondo 10 del horno tiene pendiente hacia el agujero de toma o sangría 8 que conduce al canalón 3.

5 Como se indica en las figs. 1 y 2, la chimenea 2 está provista de una abertura 15 para introducir formas de cobre en el horno, y una puerta 16 para cerrar dicha abertura cuando no se está cargando el horno. La parte inferior de la chimenea contiene también un bastidor o estante 17 refrigerado por agua, construido a base de tubos 10 apropiados que se alimentan con agua de refrigeración desde un manantial no indicado; sirviendo este bastidor de guía para el cobre que se esté introduciendo en el horno. La chimenea está provista en su parte superior de un registro 18 que puede emplearse para contribuir a dar la 15 presión deseada a la atmósfera del horno durante el proceso de fusión. La porción de la chimenea situada por encima de la puerta 16 sirve también de sección de precaldeo, y está provista de un manguito anular 20, construido de un metal adecuado, tal como el acero, y forrado exteriormente con un aislamiento 21. El aire procedente del 20 sopla 19 se hace pasar a una presión positiva conveniente, por medio de una tubería 22, al múltiple 23, del cual desciende por entre el manguito 20 y la chimenea 22 al múltiple 24, asimismo forrado con el aislamiento 21; 25 siendo el aire precaldeado en su pasaje de descenso. El aire precaldeado pasa desde el múltiple 24, por medio de tuberías forradas 25 y 26, a unos múltiples forrados 27 y 28, respectivamente, desde los cuales es suministrado con una presión positiva conveniente a los cuerpos de 30 quemador individuales 4, por medio de tuberías forradas



29. El combustible, de preferencia gaseoso, procedente de un manantial adecuado de suministro (que no se representa), es forzado por un inyector 37, a una presión positiva conveniente, a pasar por el tubo forrado 30 provisto de un calentador 31, al que se le suministra calor de una manera adecuada cualquiera como, por ejemplo, por medio de un transmisor de calor que utilice calor ya sea generado por la electricidad o por los productos calientes de la combustión, para precalentar el combustible. El combustible precaldeado procedente del tubo 30, se hace pasar por medio de tuberías forradas 32 y 33 a unos múltiples forrados 34 y 35, desde los cuales es suministrado mediante tuberías forradas 36, a una presión positiva conveniente, a los cuerpos de quemador 4 individuales, que también pueden estar forrados para impedir la pérdida de calor.

Como se ilustra en las figs. 1, 2 y 8, en cada una de las lumbreras 7 de pared lateral se introduce un cuerpo de quemador 4, mantenido en posición en aquella mediante pernos 38 que sujetan fuertemente la placa de montura 39 de cada cuerpo de quemador contra la envoltura 6, habilitándose así una montura esencialmente hermética a los gases. Esta montura, en unión de la construcción cerrada de los cuerpos de quemador, previene esencialmente la introducción de aire foráneo en el horno, por las lumbreras 7 de los quemadores. En la pared del horno van montados de esta manera varios cuerpos de quemador, en una pluralidad de grupos de quemadores, estando los quemadores de cada grupo separados entre sí en torno al perímetro del horno, y cada uno de los grupos verticalmente separado de los demás, con los dos grupos inferiores dispuestos en la



parte de pared pendiente o inclinada del horno; el grupo más bajo está dispuesto junto al fondo o parte inferior del horno. Como se ha señalado aquí antes, tal disposición de los quemadores, en combinación con la inclinación de la pared del horno hacia dentro, contribuye a hacer que la parte inferior de la columna de fusión adopte una forma cónica en general, tal como la ilustrada en la fig. 7, y da una velocidad de fusión mayor que la que de otro modo se obtendría.

10           En la preparación del horno para la puesta en marcha, ya sea por primera vez o cuando el horno está frío, se retiran parcialmente los ladrillos 40 que tapan el canalón y se calienta el interior de éste en toda su longitud con sopletes de gas, hasta que el canalón está lo bastante caliente para dejar que el metal que empieza a fundirse en el horno pase a través de aquél sin que la circulación se obstruya por solidificación; prolongándose este caldeo al menos hasta que el horno se halla dispuesto para producir metal fundido. El horno propiamente dicho se enciende también, de preferencia a bajo régimen, durante unos quince a treinta minutos, para precaldear el revestimiento refractario. Entonces se introduce en el horno una carga de cobre suficiente para habilitar en el mismo una columna de formas a fundir, que se extiende hasta la parte alta del horno, y se vuelven a colocar los ladrillos de cobertura 40 encima del canalón 3. A continuación se enciende el horno al régimen de trabajo deseado, y el cobre en fusión, según va formándose, corre bajando en el horno hasta el suelo en pendiente, desde el cual fluye por el agujero de toma 8 al interior y a través del canalón 3, des-

15  
20  
25  
30



de el cual puede suministrarse el metal en fusión, bien directamente a un aparato de colada adecuado (no representado) o bien a un horno de contención (que tampoco se representa), desde el cual puede ser suministrado a unos  
5 medios de colada. Durante la fusión, se introduce cobre, de preferencia de modo intermitente o semicontinuo, según necesidades, para mantener la parte alta de la columna en o cerca de la parte superior del horno. Asimismo, la presión en la atmósfera del horno se mantiene lo bastante  
10 elevada para hacer que los gases del horno llenen el agujero de toma 8 y al menos una parte del canalón 3. Para detener la fusión, puede emplearse cualquiera de los procedimientos de parada descritos más arriba.

Para introducir el cobre en el horno, se abre la  
15 puerta 16 y se introducen pequeñas pilas de formas o perfiles de cobre (véase la figura 2) a través de la abertura 15 por unos medios adecuados cualesquiera tales como, por ejemplo, una carretilla de motor 41 provista de unos  
medios elevadores 42 y medios de empuje 43 de tipo usual,  
20 y se dejan caer en el horno de manera que estas formas adopten una posición casual y no alineada en la columna. Después de introducido suficiente cobre, se cierra la puerta 16. Para cargar de cátodos el horno, los cátodos, dispuestos horizontalmente en pequeñas pilas 44, pueden  
25 introducirse por la abertura 15 y ser empujados desde los medios de elevación 42 por los medios de empuje 43, de manera que caen revueltos en el horno (véase la fig. 7), y adoptan en éste una disposición casual o al azar, tal como la ilustrada por los cátodos 45 en las figs. 3 a 7.

30 Para controlar las condiciones reductoras en la co-



rriente de fusión constituida por la pluralidad de co-  
rrientes unitarias inyectadas en el horno desde los que-  
madores 4, puede lograrse de cualquier modo conveniente  
el control del contenido total de oxígeno a través de la  
5 trayectoria de las corrientes unitarias antes de entrar  
éstas en el horno. Ahora bien, según se ha visto, un  
cuerpo de quemador del tipo ilustrado en las figs. 8 a  
10 inclusive resulta especialmente útil y ventajoso para  
tener este control, en particular cuando se emplean com-  
10 bustibles gaseosos; y en la práctica de la invención son  
preferidos tales cuerpos de quemador. Como se indica en  
la fig. 8, el cuerpo de quemador 4 consta de una sección  
50 para reunir o mezclar una corriente de combustible y  
una corriente de gas oxigenado formando una corriente uni-  
15 taria, y para introducir la corriente unitaria en la sec-  
ción de encendido 51. El cuerpo de quemador está provisto  
asimismo de una sección de combustión 52 construida de un  
material refractario adecuado y montada en una brida o  
pestaña anular 53 contra el saliente 54 de la sección de  
20 encendido 51. La sección de encendido está provista asi-  
mismo de un anillo refractario 56 y un manguito refracta-  
rio anular 57 adaptado para formar, con el anillo 56, una  
garganta 55 en la sección 51. La barra 58 puede ir dis-  
puesta en la garganta, y en el costado de la sección 51  
25 puede ir una bujía usual de chispa activada eléctrica-  
mente, para encender la corriente unitaria, yendo el ex-  
tremo interno de la bujía dispuesto junto a la barra 58  
como se indica. La combinación de la garganta y la barra  
58 resulta especialmente útil para mantener la combustión  
30 de la corriente unitaria en la sección 52, en particular



cuando la corriente unitaria se mueve atravesando el cuerpo de quemador a gran velocidad. La sección 51 está asimismo provista de aberturas 69 y 70 para tomar muestras de la corriente unitaria; estando tales aberturas normalmente cerradas por unos tapones 71. En lugar de emplearse medios de ignición tales como bujías 59, la corriente unitaria puede encenderse desde el interior del horno, aun cuando no se prefiera tal procedimiento. Así, por ejemplo, para poner en marcha el horno podría encenderse en éste un fuego de leña. Al inyectar la corriente unitaria de combustible en el horno, a bajo régimen de inyección, se encenderá y volverá ardiendo al punto normal de ignición proporcionado por los medios de ignición en el interior del quemador, después de lo cual puede hacerse funcionar el quemador al régimen de encendido previsto o deseado.

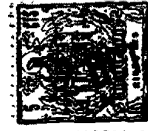
La sección 50 tiene una porción o múltiple anular 60, un manguito 61, un codo 62, una placa de orificio 63 y una lumbrera de observación 64 provista de una mirilla transparente 65. El manguito 61, que llega hasta el saliente 66 y el extremo izquierdo de la sección 51, coopera con la parte anular 60 habilitando un múltiple para introducir la menor de las dos corrientes a reunir (usualmente la de combustible) desde el tubo 36, a través de unas aberturas 67, hasta la cámara de mezcla 68; el tamaño y la distribución de las aberturas 67 en torno a la periferia del manguito son elegidos de modo que se regula la entrada de fluido en la cámara. La corriente mayor (usualmente, la de aire o gas oxigenado) es introducida en la cámara 68 desde la tubería 29 a través del



orificio de la placa 63, y a través del codo 62.

Al hacer funcionar el cuerpo de quemador, se vió que el contenido total de oxígeno de unas muestras de la corriente unitaria tomadas en distintos puntos del plano A-A a través de las aberturas 69 y 70 no era el mismo. También se descubrió que las diferencias de contenido total de oxígeno halladas en muestras de la corriente unitaria tomadas en el mismo o en distintos puntos del plano A-A podían ser aumentadas o disminuídas mediante el recurso de desplazar la placa 63 de orificio en su propio plano a través de la corriente de aire, en el extremo de entrada del codo 62 (fig. 10) para modificar la posición del orificio 72 y hacer que el aire incida con un ángulo distinto sobre el codo 62. Ahora bien, al volver a colocar la placa de orificio 63 en una posición, en el extremo de salida del codo 62, inmediatamente delante del extremo izquierdo del manguito 81, con el plano del orificio perpendicular al eje del manguito, se volvieron a encontrar diferencias relativamente grandes de contenido total de oxígeno en el plano A-A, en la corriente unitaria; pero el desplazamiento de la placa de orificio a través del trayecto de recorrido de la corriente mayor no produjo efecto apreciable alguno sobre las diferencias de contenido total de oxígeno halladas en el plano A-A de la corriente unitaria. Es más, se vió que cualquier diseño o línea de variación en el contenido total de oxígeno a través del plano A-A persistía en la corriente unitaria, a su paso a través del resto del cuerpo 4 del quemador.

Por consiguiente, al hacer funcionar los cuerpos de



1963

quemador, la corriente mayor de las dos a reunir se conduce al cuerpo del quemador a través de un orificio al interior de un codo que conduce a la cámara de mezcla o reunión, se hace incidir la corriente mayor sobre una superficie curva del codo, para desviar la corriente hacia la cámara de mezcla, y se desplaza la posición del orificio para modificar el ángulo de incidencia de la corriente sobre la superficie curva, regulando así las variaciones de contenido total de oxígeno en un plano transversal a la corriente unitaria que sale del quemador. Según se ha visto, la mínima variación de este contenido total de oxígeno se obtiene cuando esencialmente la totalidad de la corriente mayor que pasa a través del orificio 72 incide sobre la superficie curva del codo 62 de modo que el ángulo más pequeño formado entre el trayecto de recorrido de dicha corriente y cualquier tangente a la parte de la superficie curva sobre la cual incide la corriente, es mayor de  $45^{\circ}$ ; y cuando el ángulo más pequeño formado con cualquier tangente a aquella parte de la superficie curva sobre la cual incide una parte principal de la corriente, es mayor de  $65^{\circ}$ . Así, como se ilustra en la fig. 9, la línea 73 dibujada desde el lado izquierdo del orificio 72 y paralela al eje longitudinal 74 de la porción de entrada del codo 62 representa el lado izquierdo del trayecto de recorrido de la corriente mayor. Como se indica, el ángulo entre la línea 73 y la tangente a la superficie curva, en el punto en que esta última es cortada por la línea 73, es mayor de  $45^{\circ}$  (indicado como ángulo B), y el ángulo C entre el eje 74 del orificio y la tangente a la superficie curva en el punto de intersec-



ción de esta última con el eje 74 del orificio, es mayor de 65°. Además, se encontró que la distancia de las aberturas 67 de entrada de combustible, a partir de la placa 63 de orificio, afecta a la sensibilidad del control proporcionado por el desplazamiento de la placa 63 de orificio, ya que, al aumentar tal distancia, disminuye la sensibilidad a los desplazamientos de la placa de orificio. De preferencia, todas las aberturas 67 están situadas aproximadamente a 30 cm de la placa de orificio, medidos a lo largo de la línea 77 generada por el radio interno más grande del codo, y más preferiblemente, lo más próximas posible a la misma.

Como se indica en la fig. 8, cada uno de los tubos 29 de conducción de la corriente mayor (aire) a los cuerpos de quemador 4 está provisto de una válvula 80 para regular la cantidad de aire suministrada, a presión positiva, al cuerpo del quemador; de igual modo, cada uno de los tubos 36 de conducción de la corriente menor (combustible) a los cuerpos de quemador está provisto de una válvula 81 para regular la cantidad de combustible suministrada a presión positiva al cuerpo del quemador. Además, como se indica en la figura 1, los tubos de aire 25 y 26 pueden tener unas válvulas 82 y 83, respectivamente, para cortar el suministro de aire; y el tubo principal de combustible 30 puede ir también provisto de una válvula 84 para cortar el paso de combustible. Asimismo, como se ilustra en la fig. 8, cada uno de los tubos 36 puede ir provisto de una válvula usual 85 gobernada por un dispositivo de diafragma 86 también usual, provisto de un diafragma 87. Cada uno de los medios de diafragma 86 va

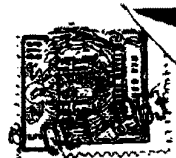
289246



provisto también de un tubo 28 que conduce desde el tubo interior 29 al espacio de encima del diafragma, en el dispositivo de diafragma, para comunicar a éste la presión de aire que hay en el tubo 29. Tal disposición, a base de emplear presión positiva en el combustible y en el aire suministrados a la cámara de mezcla 68, es la preferida, ya que mediante su uso el combustible del tubo 36, delante de la válvula 81, se mantiene a la misma presión que el aire del tubo 29, delante de la placa de orificio 63, con lo cual la relación de combustible a aire que se suministra al quemador, en especial cuando se hace variar el régimen de encendido del quemador, se regula al valor deseado, con más facilidad que si se utiliza el control constituido por una disposición en la cual la corriente menor se introduce por aspiración en la cámara 68. Así, por ejemplo, para aumentar el régimen de encendido del horno, se aumenta la presión del aire en el tubo 29, delante de la placa de orificio 63, abriendo la válvula 80. Los medios de diafragma 86 proporcionan automáticamente la misma presión en la tubería 36 delante de la válvula 81, de modo que en la corriente unitaria se mantiene la misma relación o proporción de combustible a aire, sin modificar la posición de ajuste de la válvula 81.

25 Ejemplo 1

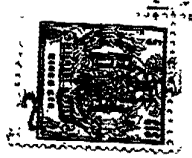
Se hizo construir un horno del tipo ilustrado en las figuras 1 y 2, forrado con ladrillo refractario usual de silicato de aluminio. La altura interior del horno forrado era de 2 m, y el diámetro interior del mismo por encima de las paredes en pendiente era de 1,83 m. En el fondo,



el diámetro interior era de 1,14 m, y la pendiente de las paredes terminaba a 0,9 m del fondo del horno, distancia medida a lo largo del eje longitudinal del horno. El fondo del horno era inclinado, permitiendo al cobre fundido fluir saliendo del horno sin recogerse en él en forma de charco. Ni el combustible ni el gas oxigenado se precaldeaban.

Se emplearon nueve quemadores del tipo ilustrado en la fig. 8, provistos cada uno de unos medios de diafragma 86. El exterior de la sección 52 de los quemadores era cuadrado, de 23 cm de lado. La pared interior 90 de la sección 52 de los quemadores era cilíndrica, de 13,4 cm de diámetro. Cada quemador estaba provisto de una bujía 59 de chispa eléctricamente activada, para encender la corriente unitaria. Cada quemador iba provisto asimismo de una barra de combustión 58, para ayudar a mantener la combustión de la corriente unitaria en la sección 52. La distancia desde el saliente 66 al punto del extremo izquierdo de la barra 58 era de 30,5 cm. Los quemadores se hallaban dispuestos en tres grupos. El grupo inferior contenía tres quemadores uniformemente repartidos en torno al perímetro del horno, con la parte inferior de los quemadores dispuesta aproximadamente a 20 cm por encima del fondo del horno. El grupo siguiente de más arriba, contenía también tres quemadores uniformemente repartidos en torno al perímetro del horno, con los quemadores dispuestos entre medias de los del grupo de debajo y con el centro de los quemadores a 30,5 cm por encima del centro de los quemadores del grupo inferior. El tercer grupo de quemadores contenía igualmente tres quemadores uniforme-

289246



mente repartidos alrededor del perímetro del horno, y sus quemadores quedaban dispuestos entre medias de los quemadores de debajo, esto es, de los del segundo grupo, y con el centro de los quemadores a 61 cm por encima del centro de los quemadores del segundo grupo.

El combustible empleado fué gas natural, de un poder calorífico de 9150 kcal/m<sup>3</sup>, y el gas oxigenado era aire. El análisis del gas natural demostró que su composición era equivalente a CH<sub>3,88</sub> y que el gas contenía menos de 0,0036 kg de azufre por millón de kcal. La relación de gas natural a aire suministrada al horno era tal que daba una corriente de fusión con un contenido de 18,85 % de oxígeno, en volumen, a base de seco. El horno se encendió a bajo régimen durante unos 30 minutos para calentar el refractario. En el horno se colocó una columna de cátodos de cobre y, durante la fusión, se fueron cargando cátodos intermitentemente según necesidades para mantener la parte alta de la columna junto a la parte superior del horno. Después de precaldeado el horno de esta manera, y de introducida en él la columna de cátodos, los quemadores se encendieron a su capacidad de trabajo durante la operación de fusión. La presión en los tubos de aire 29 delante de la placa 63 de orificio y la presión en los tubos de combustible 36, delante de la válvula 81, era de 104 cm de columna de agua (presión efectiva). La presión efectiva en la sección 51 de los quemadores, medida en la abertura 69, era de 45,7 cm de columna de agua; correspondiendo esta presión a una velocidad de 76 m/seg. en los productos calientes inyectados en el horno a una temperatura de 1426° C. La presión



en el interior del horno, en el agujero de toma o sangría, era de 1,5 cm de columna de agua (presión efectiva).

Los seis quemadores inferiores tomados en conjunto se encendieron a un régimen tal que daban 35.500 kcal/min.m<sup>3</sup> en los noventa centímetros inferiores del horno, a base de horno vacío. El calor total suministrado al horno desde los nueve quemadores era de 86.000 kcal/min.

A los cinco minutos de comenzar la combustión de los quemadores a su capacidad de trabajo, empezó a fluir cobre fundido por el agujero de toma 8; y al cabo de media hora de haber comenzado dicha combustión, el horno estaba entregando cobre fundido a razón de 12 toneladas por hora como promedio, durante toda la operación. La temperatura del metal fundido que fluía por el agujero de toma era aproximadamente de 1132° C. Se tomaron muestras de la atmósfera interior del horno a intervalos, durante la operación, en un punto del fondo del horno que estaba a 30 cm dentro del agujero de toma, y en un punto del interior del horno a unos 30 cm de la parte alta del horno. Analizadas estas muestras, pusieron de manifiesto que la atmósfera del horno contenía 2,07 % de hidrógeno en volumen, a base de seco, durante la operación. También se tomaron muestras del metal de fusión a la salida del horno, en el agujero de toma, durante la operación, viéndose que contenían más de 0,05 %, y hasta 0,069 % de oxígeno, en peso.

#### Ejemplo 2

Se repitió el procedimiento arriba indicado, obteniéndose los mismos resultados. Durante la operación repetida, se tomaron muestras de la corriente de fusión, de



5 cada uno de los quemadores; las muestras de la mitad de los quemadores se sacaron de la parte alta por el orificio 69, y las muestras de la otra mitad se obtuvieron del orificio 69' (fig. 8) en la parte inferior de los quemadores.

Estas muestras, según se vió, contenían diferentes proporciones de oxígeno: desde sólo 18,58 % hasta 19,02 % en volumen, a base de seco. La relación de combustible a aire suministrada a los quemadores individuales se ajustó entonces, modificando la posición de ajuste de la válvula 81, de modo que las muestras de gas extraídas de cada uno de los quemadores contuvieran 18,80 % de oxígeno, en volumen, a base de seco. Haciendo funcionar el horno después de haber hecho semejante ajuste, se vió que el caudal global de entrega de gas natural y aire al horno permanecía esencialmente invariable, y que el contenido de hidrógeno de la atmósfera del horno en la parte superior y en la inferior de éste también permanecía esencialmente invariable, a 2,17 % de hidrógeno, en volumen, a base de seco. Se vió, en cambio, que el contenido de oxígeno en el cobre fundido aumentaba a 0,083 %.

Entonces se tomaron muestras de gas en distintos puntos del plano A-A (fig. 8), de cada uno de los quemadores. Tales muestras fueron tomadas a través de un tubo de extracción introducido por los orificios 69 y 70 de la sección 51 del quemador. El tubo de extracción de muestras era un tubo cilíndrico cerrado por el extremo introducido en la sección 51, y provisto de un orificio de 1,6 mm en su pared lateral, junto al extremo cerrado del tubo. Al tomar las muestras, dicho orificio del tubo



de extracción se enfrentaba directamente a la corriente en movimiento en la sección 51, mirando corriente arriba. En cada quemador, se tomaron muestras en tres o más puntos uniformemente repartidos en el plano A-A, a través de cada uno de los orificios 69 y 70. Analizadas estas muestras, dieron una gran variación en su contenido total de oxígeno. El contenido total de oxígeno más bajo hallado en cualquiera de las muestras fué de 18,62 % de oxígeno total, en volumen, a base de seco, y el más alto hallado fué de 19,6 % de oxígeno total, en volumen, igualmente a base de seco, lo que daba una dispersión de más de 0,6 entre el más alto contenido total de oxígeno hallado, y el previsto de 18,80 % en volumen, a base de seco, para la corriente de fusión.

La placa de orificio 63 de cada uno de los quemadores fué entonces desplazada a través del trayecto de recorrido de la corriente de aire, llevando el orificio 72 a una posición en la cual la diferencia entre el más alto y el más bajo contenido total de oxígeno hallado en el plano A-A en cada uno de los quemadores era menor de 0,1 % de oxígeno total, en volumen, a base de seco. A continuación y según necesidades se ajustó la válvula 81 de los quemadores, para tener 18,80 % de oxígeno, en volumen, a base de seco, en la corriente unitaria de cada uno de los quemadores. Al hacer funcionar el horno después de realizados estos ajustes, se vió que la velocidad o caudal global de suministro de gas natural y aire al horno, en la corriente de fusión, permanecía esencialmente invariable, y que el contenido de hidrógeno de la atmósfera del horno, en la parte superior y en la inferior de éste,

289246

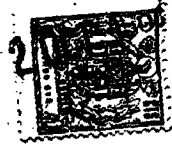


permanecía asimismo esencialmente invariable, a un valor de 2,04 % de hidrógeno, en volumen, a base de seco. En cambio, se halló que el oxígeno contenido en el metal fundido se había reducido, y que el metal fundido contenía 0,0079 % de oxígeno, en peso. También se vió que el cobre contenía menos de 0,0007 % de azufre y menos de 0,001 % de hierro en peso, y que no se formaba escoria alguna durante la fusión del cobre de esta manera.

10 Ejemplo 3

Se construyó un pequeño horno rectangular provisto de un solo quemador. Las paredes laterales y el fondo del horno estaban forrados de ladrillo refractario usual de silicato de aluminio, y rodeadas de una envoltura de acero. El horno forrado en su interior era de 35,5 cm de ancho, 68,7 cm de longitud y 43,2 cm de altura, y estaba abierto por arriba. Se empleó un solo conjunto de quemador, del tipo ilustrado en la fig. 8. La pared interior 90 de la sección 52 era cilíndrica y tenía 9,5 cm de diámetro. La distancia del saliente 66 al punto del extremo izquierdo de la barra 58 era de 66 cm. El quemador se hallaba dispuesto en la parte inferior de un extremo del horno, con su centro a mitad de camino entre los costados y a 14 cm de la parte inferior o fondo del horno. En una de las paredes laterales de la parte interior del horno había un agujero de toma o salida, de 2,5 cm de diámetro, colocado a 15 cm de la superficie interior de la pared extrema que contenía el quemador. La parte inferior del horno tenía una ligera pendiente hacia el agujero de toma. Durante la fusión de cobre en el horno, la parte alta del

289246



horno se cubrió parcialmente para mantener en el horno una presión positiva, suficiente para hacer que los gases calientes procedentes del horno salieran expelidos por el agujero de toma a una distancia de unos 30 cm de éste.

5

Con el horno vacío, se ajustó el cuerpo del quemador al tiempo que se encendió a toda capacidad, empleando como combustible gas natural, y aire como gas oxigenado. Se tomaron muestras de la corriente de fusión, en el plano A-A, a través de los orificios 69 y 70 de la sección 51, muestras que acusaron una diferencia en contenido total de oxígeno menor de 0,01 entre el contenido total de oxígeno más alto y el más bajo hallados en las muestras que se tomaron en el plano.

10

15

A continuación se puso en combustión el horno a bajo régimen y se colocó en él, delante del quemador, una porción de un cátodo de cobre (porción de unos 30,5 cm de ancho, 35,5 cm de longitud y alrededor de 1,9 cm de grueso), colocada verticalmente en el horno delante del quemador, a unos treinta centímetros al interior del horno, a partir de la pared extrema de éste, en la cual se hallaba dispuesto. El quemador se pasó entonces a plena combustión, suministrándose al quemador aire y gas natural sin precaldear, para dar una corriente de fusión con 18,80 % de contenido total de oxígeno, en volumen, a base de seco. En condiciones de plena combustión se suministraban al horno 48 m<sup>3</sup>/h de gas natural. El cobre fundido empezó a fluir por el agujero de toma en menos de cinco minutos después de haber pasado el quemador a encendido total, y luego se continuó el ensayo hasta la

20

25

30



fusión de toda la porción de cátodo. Durante la prueba se tomaron muestras del cobre fundido que salía por el agujero de toma. Estas muestras dieron al análisis un contenido de oxígeno en el cobre menor de 0,01 % en peso.

5 El ensayo precedente se repitió, pero colocando una porción de cátodo delante del quemador en posición vertical en el horno, a quince centímetros de la pared del horno que contenía el quemador. Los análisis del cobre fundido producido durante este ensayo pusieron de manifiesto  
10 que el cobre contenía 0,039 % de oxígeno, en peso.

Este ensayo se volvió a repetir con una porción de cátodo colocada en posición vertical en el horno, a treinta centímetros de dicha pared extrema, pero haciendo en este caso que la relación de gas natural sin precalentar  
15 a aire suministrado al quemador fuese tal que diera en la corriente de fusión un contenido total de oxígeno de 18,6 % en volumen, a base de seco. Los análisis del cobre fundido obtenido durante el ensayo pusieron de manifiesto que aquél contenía 0,035 % de oxígeno en peso.

20

Ejemplo 4

Se repitió el procedimiento descrito en el ejemplo 3, en una serie de ensayos utilizando para la corriente de fusión las distintas relaciones de gas natural a aire que  
25 se exponen en la tabla que sigue. Las porciones de cátodo de cada ensayo se colocaron en la posición de 30 cm, salvo en el ensayo n°. 6, en el cual la porción de cátodo fue colocada dentro del horno en posición vertical o erecta delante del quemador y a 23 cm de la pared del horno en  
30 la cual estaba dispuesto el quemador. En cada ensayo se

289246



tomó una muestra de gas a 15 cm en el interior del horno, en el eje longitudinal del quemador. Estas muestras de gas fueron analizadas para determinar el oxígeno sin quemar y el grado de combustión del oxígeno introducido en la corriente de fusión por el aire. También se tomaron muestras del cobre fundido obtenido en cada ensayo, y se analizaron para determinar el contenido de oxígeno. Los resultados se reflejan en la tabla siguiente, en la cual las proporciones de oxígeno en la muestra gaseosa y de hidrógeno en la atmósfera del horno obtenidas por el análisis se dan en tanto por ciento, en volumen, a base de seco.

Ensayos - - -	1	2	3	4	5	6
15 % O <sub>2</sub> en corriente de fusión antes del encendido	18,90	18,78	18,67	18,62	18,61	18,55
% O <sub>2</sub> sin quemar en 1 <sup>a</sup> corriente, a 15 cm	1,70	2,16	5,59	4,38	5,24	13,4
20 Grado de combustión del oxígeno a 15 cm (%)	91	88½	70	76½	72	27½
Oxígeno en cobre, % en peso	0,01	0,005	0,015	0,029	0,035	0,047
% hidrógeno en atmósfera del horno	1,0	2,55	4,00	4,80	5,00	5,65

En este ejemplo, y a los fines de esta Memoria descriptiva y sus reivindicaciones, el grado de combustión del oxígeno en la corriente de fusión en el punto en que esta última ha penetrado unos quince centímetros en el

289246



horno, se halla determinando el porcentaje en volumen, a base de seco, del oxígeno sin quemar en una muestra de la corriente de fusión tomada en la corriente a unos quince centímetros dentro del horno; este porcentaje de oxígeno sin quemar se divide entonces por el porcentaje en volumen, a base de seco, del oxígeno inicialmente presente en la corriente de fusión antes de haber sido encendida esta última; el cociente de esta división se resta luego de la unidad, y esta diferencia se multiplica por 100 para obtener el grado de combustión del oxígeno en dicho punto.

Ejemplo 5

Se construyó un horno cilíndrico del tipo descrito en el ejemplo 1, utilizando quemadores del tamaño indicado en el ejemplo 3. El horno estaba forrado de ladrillo refractario usual de silicato de alúmina. En sus dimensiones interiores, el horno forrado tenía metro y medio de altura y metro y medio de diámetro por encima de las paredes en pendiente. El diámetro interior del horno en su parte inferior era de 107 cm. La pendiente de la pared terminaba a 60 cm de la parte inferior del horno, medidos a lo largo del eje longitudinal de éste. En la pared del horno se dispusieron cuatro quemadores repartidos por igual en torno al perímetro del horno, con el centro de los quemadores a 14 cm por encima del punto más alto del fondo del horno en pendiente.

Para hacer funcionar el horno se empleó como combustible propano sin precalentar, de un poder calorífico de 23.100 kcal/m<sup>3</sup>, y como gas oxigenado se empleó aire sin precaldear. La relación del propano al aire suministrada

289246

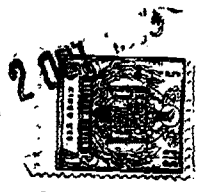


al horno durante la fusión era tal que dió una corriente de fusión que, antes de la ignición, contenía 19,90 % de oxígeno total, en volumen, a base de seco. Antes de fundir el cobre en el horno, el orificio 83 de cada uno de los quemadores fué desplazado hasta que el más alto contenido total de oxígeno hallado en el plano A-A de todos los quemadores quedó a menos de 19,95 % de oxígeno, en volumen, a base de seco.

El horno se encendió a bajo régimen durante unos veinte minutos, para calentar el refractario. A continuación se introdujeron cátodos de cobre en el horno, de modo que quedaron dispuestos en él formando un ángulo de unos 60° respecto a la horizontal, y se encendieron los quemadores a un régimen tal que daban calor a la porción de los noventa centímetros inferiores del horno, a razón de 17.800 kcal/min.m<sup>3</sup>. Durante la fusión, se iban introduciendo cátodos según necesidades, para mantener el nivel de los cátodos por encima de la parte superior del horno. Según se vió, el cobre fundía a razón de cuatro toneladas por hora. En unos moldes de toma de muestras, de grafito, se tomaron muestras del cobre fundido que salía del horno; y estas muestras, analizadas, dieron un contenido de oxígeno menor de 0,005 % en peso.

#### Ejemplo 6

Se construyó el horno ilustrado en las figs. 1 a 10 de los dibujos, utilizando dieciocho quemadores del tamaño indicado en el ejemplo 1. El horno se forró de ladrillo refractario usual de silicato de aluminio. En sus dimensiones interiores, el horno forrado tenía 4,27 m desde



el fondo a la parte inferior del bastidor 17, y 1,63 m de diámetro por encima de las paredes en pendiente. El diámetro interior del horno en su fondo era de 1,14 m. La pendiente de las paredes terminaba a 1,14 m del fondo del horno, medidos a lo largo del eje longitudinal del horno. Los quemadores se dispusieron en cuatro grupos en las paredes del horno, repartidos por igual dentro de cada grupo en torno al perímetro del horno; cada uno de los dos grupos inferiores contenía seis quemadores, y cada uno de los dos grupos superiores contenía tres quemadores. El plano o eje de centros de los quemadores del grupo inferior estaba a 18 cm por encima del punto más alto del fondo en pendiente del horno. La distancia entre el plano de ejes de los quemadores del primer grupo y el de los del segundo era de 50 cm. La distancia entre el plano de ejes de los quemadores del segundo grupo y el de los del tercero era de 61 cm; y la distancia entre los planos de ejes de los quemadores de los grupos tercero y cuarto era también de 61 cm.

Para hacer funcionar el horno se utilizó gas natural como combustible, y aire como gas oxigenado. El gas natural contenía menos de 0,018 kg de azufre por millón de kcal, y tenía una potencia calorífica de 9530 kcal/m<sup>3</sup>. El aire fue precaldeado a unos 150° C por la chimenea 2, y el gas natural fue igualmente precaldeado a unos 150° C en el precalentador 31. La relación de gas natural a aire suministrada al horno durante la fusión fue tal que daba una corriente de fusión cuyo contenido total de oxígeno antes del encendido, en volumen y a base de seco, era de 18,82 %. Antes de fundir el cobre en el horno, se despla-

289246



zó la placa de orificio 83 de cada uno de los quemadores hasta que el más alto contenido total de oxígeno hallado en la corriente unitaria, en el plano A-A de cada uno de los quemadores, resultó menor del 18,90 %, en volumen, a base de seco.

El horno fué cargado con cátodos de cobre, en una columna que se extendía dentro de él hasta su parte alta. A continuación se encendieron los quemadores a bajo régimen, durante alrededor de media hora, para calentar el refractario; después de lo cual se aceleró la combustión en los quemadores hasta su régimen de trabajo. Al régimen de trabajo, se suministraba calor al horno a razón de 287.500 kcal por minuto, entregándose calor a los 90 cm inferiores del horno, desde el primer grupo de quemadores, a razón de 131.800 kcal/min.m<sup>3</sup> de dicha zona de noventa centímetros. En estas condiciones de encendido, la atmósfera del horno contenía un 2 % de hidrógeno en volumen, a base de seco, y la presión en la parte inferior del horno era suficiente para hacer que los gases del horno salieran por el agujero de toma 8 entrando en el canalón cubierto 3 en una distancia de cuatro metros y medio. El horno alcanzó su pleno régimen de fusión dentro de quince minutos después de encendidos los quemadores al régimen de trabajo indicado.

Al fundirse la columna de cátodos de la carga inicial, se introdujeron cátodos en el horno, en la disposición casual de la columna ilustrada en las figs. 3 a 7. La velocidad de fusión con esta distribución casual era de unas 45 toneladas por hora. Las muestras del cobre fundido tomadas durante tal fusión se vió que contenían,

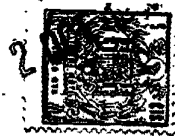
289246



en peso, menos de 0,005 % de oxígeno, menos de 0,0005 % de hierro y menos de 0,0005 % de azufre.

5 A continuación, mientras se seguía haciendo funcionar el horno en las condiciones de trabajo arriba indicadas, se modificó el método de carga o introducción de los cátodos en el horno, haciendo que éstos quedaran dispuestos en la columna en posición generalmente horizontal. Con esta disposición de carga, la velocidad de fusión de-  
10 creció, según pudo advertirse, hasta quedar reducida a sólo 30 toneladas por hora, y la proporción de oxígeno, hierro y azufre en el cobre fundido permaneció esencialmente invariable.

Se volvió a utilizar la disposición casual de carga de los cátodos, pero uniformemente con éstos se echaron  
15 en el horno barras de hilera de cobre de rechazo, que contenían más de 0,03 % de oxígeno en peso, en proporción que ascendía al 15 % en peso de la carga total. En estas condiciones se vió que el contenido de oxígeno, hierro y azufre en el cobre permanecía esencialmente invariable, y  
20 la velocidad de fusión era de unas 45 toneladas por hora. De esta manera se hizo funcionar el horno diariamente durante un período de varios meses, suministrando cobre fundido para coladas según las necesidades de la fábrica en que se había instalado el horno. Durante este período, las  
25 necesidades de la fábrica quedaban fácilmente satisfechas haciendo funcionar el horno continuamente de 6 a 12 horas diarias. Al final de la jornada, se paraba el horno interrumpiendo la carga de metal y el suministro de combustible al mismo pero continuando el suministro de aire hasta  
30 detener la salida de metal, después de lo cual se cortaba



también el aire. Al comenzar la jornada siguiente, el horno se volvía a poner en marcha encendiéndolo a bajo régimen hasta que el refractario del horno se calentaba por lo menos al rojo, después de lo cual se comenzaba el encendido normal y la carga o introducción del metal. Trabajando de esta manera durante el período indicado, según se vió, la velocidad de fusión, así como el contenido de oxígeno, hierro y azufre en el cobre fundido, permanecieron esencialmente invariables; y en ningún momento fué necesario parar el horno a causa de taponamiento del agujero de toma con metal solidificado.

Ejemplo 7

El cobre fundido producido según el ejemplo 6 se suministró mediante el canalón 3 a una cuchara de una rueda usual de colada de barras de hilera, obteniéndose en la misma unas barras de hilera usuales de 114 kg, como la indicada con el número 95 en las figs. 11 a 13. Durante esta operación usual de colada, el cobre fundido absorbía de la atmósfera suficiente oxígeno para aumentar el contenido de oxígeno en el cobre a un valor comprendido entre 0,015 y 0,03 % de oxígeno en peso. La barra de hilera colada tenía la conformación de endurecimiento a nivel indicada por la superficie 96 (fig. 13). Del centro de la barra de hilera así colada se tomaron unas muestras que, analizadas, dieron en el cobre un contenido, en peso, de 0,015 a 0,03 % de oxígeno, y de indicios a 0,0005 % de cada, de hierro y azufre. La barra de hilera puede convertirse en varilla de propiedades nuevas en su género, y de la cual puede obtenerse fácilmente por estirado

253246



alambre o hilo fino.

Ejemplo 8

Se repitió el procedimiento del ejemplo 3, con el mismo horno allí descrito, utilizando keroseno como combustible y aire como gas oxigenado. En el quemador empleado en el horno, se calentó la cámara de mezcla, en la cual fué inyectado el keroseno como corriente atomizada para mezclarlo con el aire, y la mezcla o corriente mixta así obtenida y caldeada se hizo pasar a la cámara de combustión inmediatamente contigua, desde la cual fué inyectada en el horno. La porción de cátodo se colocó a treinta centímetros de la pared del horno que contenía el quemador. La atmósfera del horno se vió que contenía 2,64 % de hidrógeno, en volumen, a base de seco. El grado de combustión del oxígeno en el punto en que la corriente de fusión había penetrado quince centímetros en el horno a partir de la pared de éste, era superior al 99 %. No se observó diferencia alguna en el contenido total de oxígeno en sentido transversal a la trayectoria de la corriente a la salida de esta última del quemador. El cobre fundido que salía del horno se vió que contenía 0,002 % en peso de oxígeno.

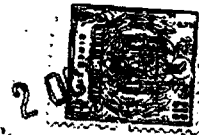
En los ejemplos que anteceden, el contenido de azufre en el cobre fué determinado por el procedimiento titulado "Determinación de azufre por el método de combustión directa y del yodato" dado en la página 382 del libro titulado "1960 Book of ASTM Method for Chemical Analysis of Metals" ("Anuario de 1960, de métodos de la ASTM para el análisis químico de los metales"), publica-



do en abril de 1961 por la American Society for Testing  
Materials, 1916 Ract Street, Philadelphia, Pennsylvania,  
U.S.A., utilizando una muestra de tres gramos. El conte-  
nido de oxígeno en el cobre fué determinado por el proce-  
5 dimiento expuesto en el manual de instrucciones para el  
manejo del analizador de oxígeno Laco, n°. 534-300, pu-  
blicado en abril de 1958 por Laboratory Equipment Corpo-  
ration, St. Joseph, Michigan, U.S.A., utilizando una co-  
rriente de placa de 350 a 400 miliamperios.

10 El contenido de hierro en el cobre se determinó, en  
los ejemplos precedentes, por un procedimiento espectro-  
gráfico de emisión, para el cual se utilizaron varillas  
de cobre de 3 mm de diámetro y 89 mm de longitud como  
electrodos positivo y negativo; habiendo sido las varillas  
15 tratadas primero, durante cinco segundos, con ácido ní-  
trico concentrado, y lavadas con agua destilada y luego  
envueltas en papel de filtro hasta su colocación en el  
espectrógrafo. Los electrodos fueron excitados con un ar-  
co de corriente continua, utilizando 10 amperios y 250  
20 voltios. Antes de registrar el espectro, los electrodos  
fueron excitados hasta que en el inferior se formó un  
menisco de cobre fundido. A continuación se ajustó el in-  
tervalo electródico a 5 milímetros y se registró el es-  
pectro durante un minuto. Acto seguido fué determinado el  
25 contenido de hierro en el cobre, por comparación con un  
patrón ya conocido.

El análisis de los gases para la determinación de su  
contenido de oxígeno en los ejemplos citados se hizo por  
el procedimiento descrito en un artículo titulado "An  
30 Instrument for Determining the Partial Pressure of Oxygen



in a Gas" ("Instrumento para determinar la presión parcial de oxígeno en un gas"), de Pauling y otros, J.A.C.S. (1946) Vol. 68, págs. 795-798, utilizando un instrumento denominado "Analizador de oxígeno, modelo F3", fabricado por Beckman Instruments, Inc., Fullerton, California, U.S.A., y que se describe en el boletín "1040-A" de esta última firma, titulado "Model F3 Oxygen Analyzer", publicado en Octubre de 1958. Las muestras de gas que contenían menos de un 10 % de oxígeno aproximadamente, en volumen, a base de seco, se analizaron también con un espectrógrafo de masas. Además, el oxígeno de las muestras de la corriente de fusión sin quemar puede determinarse por un procedimiento indirecto, según el cual la muestra en cuestión se quema primero hasta consumir el oxígeno de la misma. A continuación, pueden analizarse los productos de combustión para determinar el hidrógeno. El oxígeno de la muestra tomada se puede determinar luego comparando los resultados de este análisis del hidrógeno con valores ya conocidos para el combustible y el gas oxigenado empleados, que se derivan de la experiencia normal de trabajo.

Por fusión continua, en la presente Memoria y en las reivindicaciones, se quiere dar a entender literalmente una acción continua de fusión, así como también una fusión intermitente, distinta de la fusión discontinua o por lotes.

Si bien en lo que antecede se han expuesto ciertas características del invento nuevas en su género, que se señalan en las reivindicaciones de la nota, se sobreentiende que aquellas personas entendidas en la materia pueden efectuar diversos cambios, omisiones y sustitucio-

2,892,46

nes, sin salirse por ello del espíritu de la invención.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en E.U.A., el día 22 de junio de 1962, bajo el núm. 204.413, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

1.- Un método para obtener por fusión una columna de perfiles de cobre en un horno vertical en atmósfera reductora por contacto directo de la columna con productos calientes de combustión, caracterizado por inyectar en el interior del horno una corriente de fusión obtenida por la unión de un combustible con un gas que contiene oxígeno en una cantidad tal que proporciona oxígeno a la corriente de fusión, insuficiente para que se quemase completamente el combustible, encendiéndose dicha corriente de fusión con anterioridad a su entrada en contacto con dicha columna y manteniéndose el contenido de oxígeno libre en la corriente de rebajo de un punto predeterminado antes de su entrada en contacto con la columna, por lo que el cobre se funde sin la incorporación de cantidades indeseables de oxígeno al cobre durante el proceso de fusión.

2.- Un método de acuerdo con el punto 1 caracterizado porque, antes de inyectar la corriente de fusión en el horno, se reduce la diferencia entre el contenido total



medio de oxígeno que se desea para la corriente de fusión y el contenido total máximo de oxígeno hallado en, por lo menos, una proporción preponderante de un plano perpendicular a la trayectoria de la corriente de fusión, hasta un valor predeterminado que es menor que el valor "K" obtenido en la ecuación  $K = \frac{0,0632 A}{B+0,01 A}$  en donde "A" es el tanto por ciento en volumen de oxígeno contenido en dicho gas que contiene oxígeno y "B" es la cantidad estequiométrica de oxígeno, en volúmenes de oxígeno en condiciones normales, que es necesaria para quemar completamente un volumen de dicho combustible, considerado como gas en condiciones normales.

5  
10

3.- Un método de acuerdo con el punto 2, caracterizado por el hecho de que se controla el grado de combustión del oxígeno en la corriente de fusión antes de su inyección en el horno, para conseguir por lo menos un grado pequeño de combustión de oxígeno en una proporción preponderante de la corriente de fusión antes de que esta última haya recorrido en el interior del horno más de unos 15 cm contados a partir de la pared del horno.

15  
20

4.- Un método de acuerdo con los puntos 2 ó 3 caracterizado por el hecho de que la corriente de fusión comprende gas natural y aire; y la diferencia entre el contenido total medio de oxígeno que se desea para la corriente de fusión y el contenido total máximo de oxígeno hallado en, por lo menos, una proporción preponderante de un plano perpendicular a la trayectoria de la corriente de fusión es reducida hasta un valor predeterminado que es menor que 0,6 del oxígeno total.

25  
30

5.- Un método de acuerdo con uno cualquiera de los

289246



puntos precedentes caracterizado por el hecho de que la corriente de fusión se inyecta en el interior del horno a una velocidad que proporciona en la parte de 90 cm. más inferior del horno no menos de 13,500 kilocalorías por minuto por cada metro cúbico de dicha porción de 90 cm.

5

6.- Un método de acuerdo con uno cualquiera de los puntos precedentes caracterizado por el hecho de que la corriente de fusión es inyectada en el interior del horno desde una pluralidad de quemadores dispuestos alrededor de las paredes laterales del horno que forman una pluralidad de grupos de quemadores, estando los quemadores de cada grupo espaciados entre sí alrededor del perímetro del horno y estando los grupos de quemadores espaciados verticalmente entre sí, con el grupo más bajo contiguo al fondo del horno.

10

15

7.- Un método de acuerdo con uno cualquiera de los puntos la 6 caracterizado por el hecho de que la corriente de fusión está unida en una multiplicidad de paso para proporcionar una multiplicidad de corrientes unidas separadas entre sí que se inyectan en el interior del horno a través de quemadores montados sobre la pared del horno, formándose cada una de dichas corrientes unidas separadamente en una zona de unión inmediatamente adyacente a cada quemador; una corriente de combustible para cada uno de dichas corrientes unidas separadamente es alimentada a cada una de las zonas de unión alrededor de su periferia en el extremo de la zona que está alejada del quemador; una corriente de un gas que contiene oxígeno pasa a cada una de las zonas de unión en una trayectoria que está dispuesta angularmente con el eje de la zona de unión

20

25

30

289246



y es desviada a la zona de unión por incidencia contra una superficie curvada adyacente a la zona de unión, y el ángulo de incidencia sobre la superficie curvada es ajustado para reducir las diferencias en contenido total de oxígeno, en cada una de las corrientes unidas separadamente, hasta un valor inferior a dicho valor predeterminado.

8.- Un método de acuerdo con el punto 7 caracterizado por el hecho de que sustancialmente todas las corrientes de gas que contiene oxígeno en cada una de las trayectorias angulares incide sobre la superficie curvada en un ángulo con cualquiera de las tangentes a la superficie curvada que es mayor de  $45^{\circ}$ , con la superficie curvada, y una proporción grande de la corriente incide sobre la superficie curvada en un ángulo con cualquier tangente a ella que es mayor de  $65^{\circ}$ .

9.- Un método de acuerdo con uno cualquiera de los puntos precedentes, en que el combustible es un combustible fluido que contiene menos de 72 gramos de azufre por cada millón de kilocalorías.

10.- Un método de acuerdo con el punto 9 en que el gas que contiene oxígeno es aire y la relación del combustible hidrocarbonado gaseoso al aire suministrado al horno es tal que proporciona a la corriente de fusión, antes de que se encienda, un contenido de oxígeno que es inferior en no menos de 0,6 % de oxígeno en volumen, sobre una base seca, a la cantidad teórica de oxígeno necesaria para quemar completamente el combustible.

11.- Un método de acuerdo con uno cualquiera de los puntos precedentes en que la corriente de fusión compren-

289246



de gas natural y aire y la relación del gas natural al  
 aire es tal que proporciona un contenido de oxígeno en  
 la corriente de fusión sin encender comprendido en la ga-  
 ma de 18,50 % a 18,95 % de oxígeno, preferiblemente de  
 18,70 % a 18,85 %, en volumen, sobre una base seca.

5

12.- Método para obtener por fusión una columna de  
 perfiles de cobre.

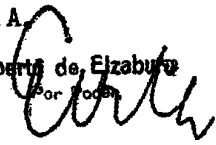
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede,  
 representado en los dibujos que se acompañan y con los fi-  
 nes que se han especificado.

10

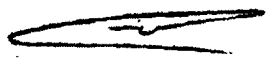
Esta Memoria consta de ochenta y siete hojas escritas  
 a máquina por una sola cara.

Madrid, 2 OCT. 1963

P.A.  
 Alberto de Elizaburu  
 Por todo



A.F.A.



289246

SPAIN

ESCALA VARIABE AMERICAN SMELTING AND REFINING COMPANY L/III

289246

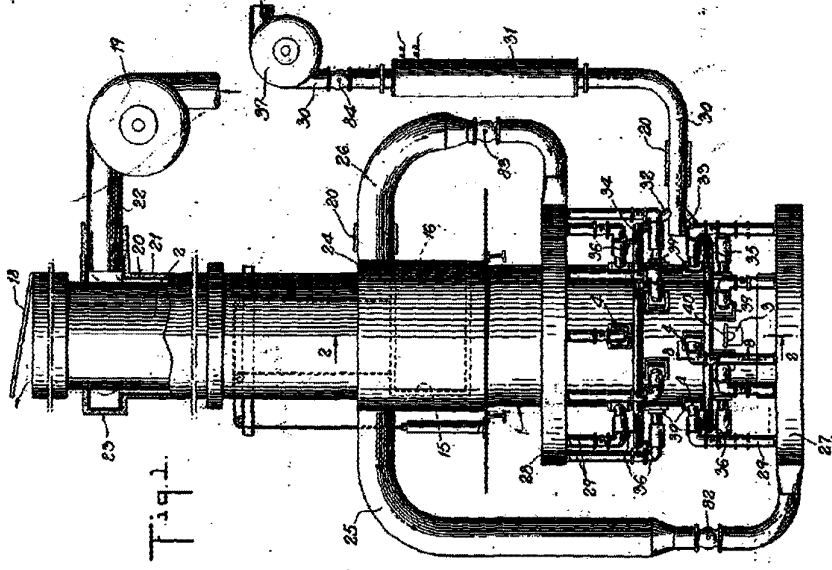


Fig. 1

289246

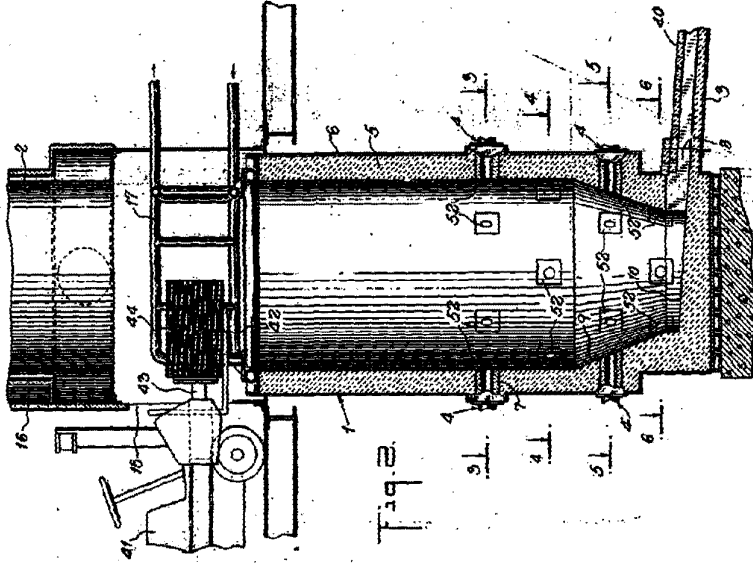


Fig. 2

289246

Albert G. Bachman  
Patent Attorney

289246



289246

*Handwritten signature or initials*

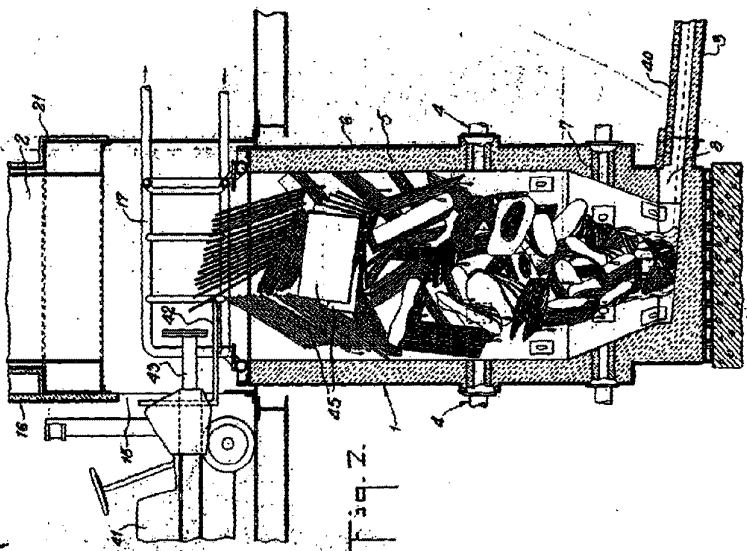


Fig. 2.

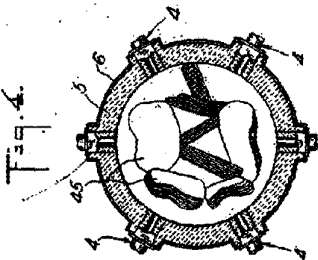


Fig. 3.

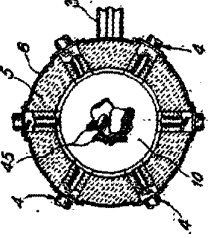


Fig. 4.

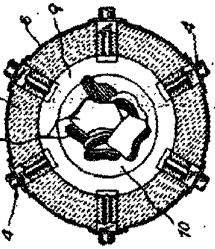


Fig. 5.

SPAL

MICALA-VARIABLES - AMERICAN SMELTING AND REFINING COMPANY II/III

289246



289243

SPAIN AMERICAN SHOOTING AND REFINING COMPANY, III/III

REG. U.S. PAT. OFF. VARIABLE

289243

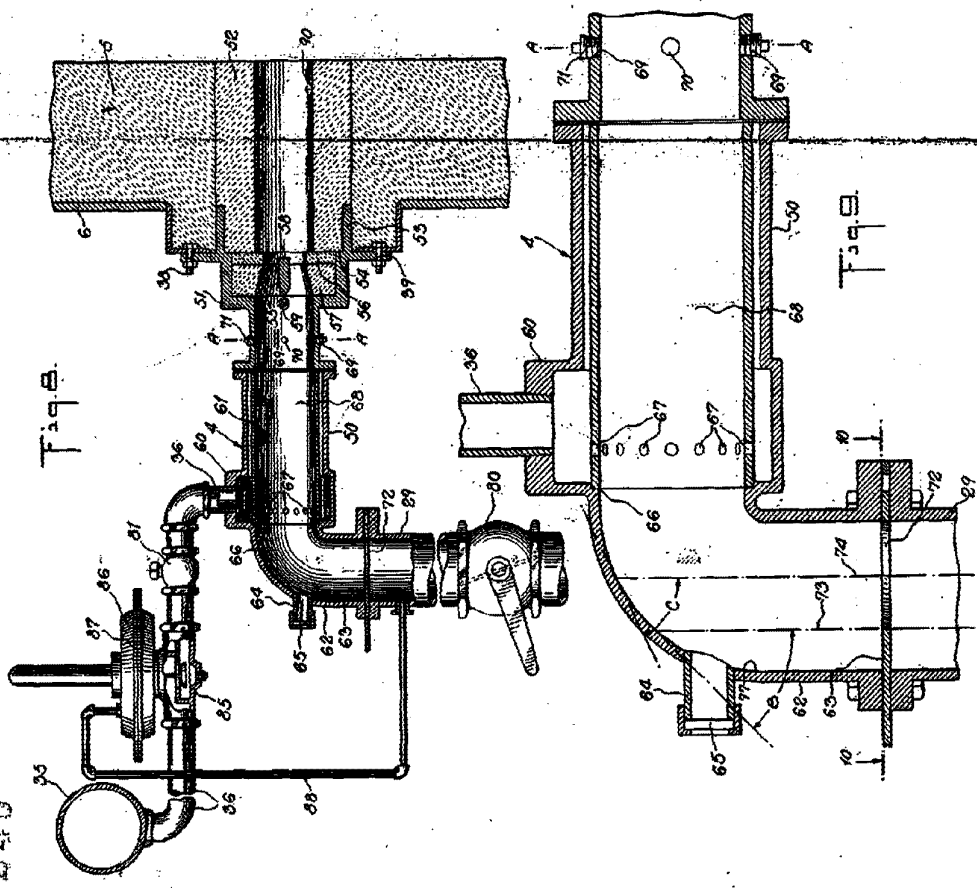


Fig. 8.

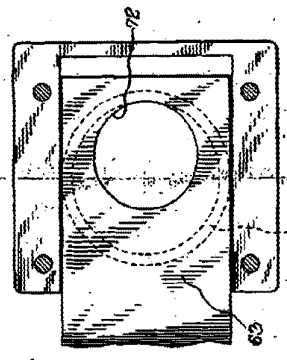


Fig. 10.

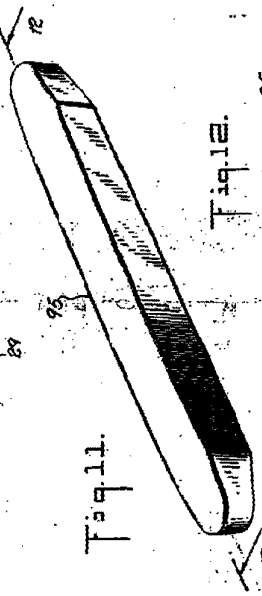


Fig. 11.

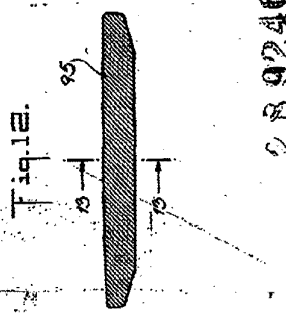


Fig. 12.

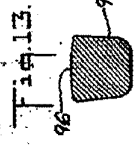


Fig. 13.

289246

Submits of Exhibit  
Performs

20/2