

no y dirigidos hacia abajo.

Especialmente se relaciona el expresado invento con los procedimientos de esa clase en los que la carga se reduce y se funde o derrite en lo alto de un baño de escoria del horno, esto es, mientras flota o se encuentra en una capa relativamente delgada de ese baño de escoria. Al comienzo de una calda, ese baño de escoria se puede formar en el horno antes de introducir la carga, aumentando la profundidad del baño durante el curso de la calda, debido a la cantidad de escoria que se forma a la reducción y a la fusión o derretimiento de la citada carga.

El susodicho invento se puede aplicar a los procedimientos de la clase referida que se lleven a cabo en grandes hornos eléctricos, como por ejemplo, de 250 kilovatios por electrodo, o aún más, sin incluir los pequeños hornos experimentales.

En las caldas llevadas a cabo con cargas que contengan, por ejemplo, mineral de hierro y carbón vegetal, u hornoguera, en una cantidad proporcional al pretendido contenido de carbono del acero, y también de cal en una cantidad también proporcional para lograr una escoria conveniente, afectando esas cargas la forma de briquetas, de materias brutas, o de una mezcla más o menos íntima de esas materias en un estado más o menos granular, se ha observado que el voltaje que se emplea en el horno, entre un electrodo y el baño de metal (o el fondo del horno al comienzo de la calda), debe guardar cierta relación con la fuerza que se le suministre al horno, esto es, el horno debe funcionar con el electrodo en tal posición que la resistencia entre ese electrodo y el baño



de metal alcance un cierto valor, a fin de utilizar de la mejor manera posible tanto la fuerza eléctrica suministrada como el horno mismo, y para conseguir un perfecto trabajo del proceso productor de metal en cuanto a conjunto, y un menor consumo de electrodo.

En los hornos eléctricos para el acero esto es, del tipo Heroult, y en los hornos también eléctricos para el hierro fundido, como por ejemplo, del tipo Elektrometall, esa resistencia se ha mantenido siempre con un valor que no es bastante o suficiente para llevar a cabo con éxito los procesos de r-edución que nos ocupan, o dicho de otro modo, el voltaje ha sido demasiado bajo con relación a la fuerza o potencia utilizada. El voltaje entre dos electrodos de hornos de acero suele ser el de unos 110 a 120 voltios, cuando se utilizan una corriente alterna trifasica y tres electrodos. La fuerza necesaria para un horno de una determinada capacidad se regula por la potencia de corriente suministrada, por ejemplo, cuando se emplean electrodos conexiona-dos en delta, con arreglo a la fórmula común



$$N = \sqrt{3} \cdot e \cdot i \cos.\varphi$$

en la que N = la fuerza en vatios,

e = el voltaje en voltios,

i = la potencia de corriente en amperios, y

cos. φ = el factor fuerza.

Por ejemplo, en un horno de 3000 kilo-vatios la potencia de la corriente -i- es de unos 17500 amperios, si se supone que el cos. φ es de 0.90, y -e- = 110 voltios. Para un horno Heroult del tamaño citado, el voltaje entre un electrodo y el baño

de metal es de $\frac{110}{\sqrt{3}} = 63.5$ voltios. Por lo tanto,

la resistencia óhmica entre un electrodo y el baño de metal viene a ser de $\frac{63.5}{17500} = 0.0036$ ohmios, que basta, por consiguiente, en un horno de acero común. Una resistencia óhmica del mismo bajo valor, o unas resistencias aun más bajas se utilizan también en los hornos eléctricos para el hierro fundido, del tipo Elektrometall, en los que suelen utilizarse normalmente unos voltajes entre un electrodo y el baño de hierro de 30 a 40 voltios, y emplearse unas potencias de corriente de 12000 a 16000 amperios, que corresponden a una resistencia óhmica, por electrodo, de unos 0.0025 óhmios.

El objeto del presente invento es el de proporcionar un método nuevo y útil para la marcha de grandes hornos eléctricos de la clase mencionada, al llevarse a cabo unos procedimientos como los expuestos, a fin de permitir una mejor utilización de la fuerza eléctrica que se suministra, y también del horno mismo, un trabajo más perfecto para el proceso de producción de metal en cuanto a conjunto, y un menor consumo de electrodo.

Para lograr ese objeto, la fuerza eléctrica que se le suministra al horno, de acuerdo con el invento, durante la parte principal de una calda o de una fusión o derretimiento, se suministra con tal voltaje entre el electrodo o cada uno de los electrodos del baño de metal, que corresponde con la combinación de un arco y una resistencia de escoria, esto es, una resistencia óhmica de un minimum de 0.020 ohmios por electrodo. Por "resistencia óhmica" debe entenderse la relación entre el voltaje y el am-



peraje, y por "calda" y "fusión" o derretimiento" deben entenderse la forma y el intervalo entre dos coladas.


Quando funciona el horno con una resistencia óhmica menor que la de 0.020 óhmios por electrodos, se demuestra que el proceso se puede llevar a cabo, aunque con alguna dificultad, pero en comparación con la marcha con resistencias mayores, el consumo de corriente y el consumo de electrodos será considerablemente mayor, llevándose a cabo la reducción más lentamente, y la temperatura en el fondo o parte de abajo del horno tenderá a ser demasiado grande, circunstancia que ejerce una influencia perjudicial en la vida o duración del horno. Cuanto mayor sea la resistencia mejor será la reducción y la fusión o derretimiento de la carga que se lleve a cabo en el baño de escoria. Por ejemplo, con buenísimos resultados se han realizado fusiones o derretimientos utilizando resistencias óhmicas hasta de 0.06 óhmios por electrodo, y con todos los puntos intermedios, como por ejemplo, 0.025, 0.030, 0.035, 0.040, 0.045, 0.050, y demás, por electrodo.

En la reducción y la fusión o derretimiento, de un horno eléctrico de 3000 kilovatios por ejemplo, de briquetas u otros cuerpos conteniendo una mezcla de mineral de óxido muy dividido o menudo, y un agente reductor también muy menudo o dividido, se obtuvieron los mejores resultados operando con una resistencia óhmica de entre 0.035 y 0.045 ohmios entre cada uno de los tres electrodos y el baño de metal. En unos hornos de mayor capacidad, como por ejemplo, de 5000 kilovatios o más, es difícil sin embargo, por



26

razones prácticas, mantener la resistencia con los mayores valores, como por ejemplo, pasando de 0.040 óhmios, puesto que los voltajes entre los electrodos, esto es, los voltajes resultantes, alcancen entonces tan altos valores que se tropieza con dificultades en cuanto al aislamiento de los electrodos, y también peligros para los obreros, si la corriente que se suministra no se divide en un gran número de pequeños electrodos, lo que no conviene por diversos puntos de vista, por ejemplo, debido a la debilitación del techo del horno y también como consecuencia de un número correspondientemente mayor de sitios enfriadores con la consiguiente necesidad de dispositivos suministradores de corriente.



Por lo tanto, en esos grandes hornos puede bastar una resistencia óhmica más baja por electrodo, como por ejemplo, de 0.025 a 0.030 ohmios, aun cuando unas resistencias mayores son sin embargo más convenientes. Particularmente en la reducción o en la fusión de cargas que no consistan en briquetes u otros cuerpos de una mezcla granular menuda de las materias brutas, sino en una mezcla más o menos suelta de esas materias en un estado más o menos granular, se ha visto que es necesario hacer que marche o funcione el horno con mayor resistencia. Para esas cargas debe utilizarse una resistencia que no sea más baja que la de 0.025 óhmios por electrodo, siendo sin embargo más adecuadas o conveniente a las resistencias de mayor valor.

Se ha demostrado también que la resistencia óhmica entre el electrodo o cada uno de los electrodos y el baño de metal puede variar con arre-

glo a la clase de metal que se produzca. Por ejemplo, cuando se produzcan aleaciones de hierro de una carga de mineral de hierro y una carga que contenga óxido del mineral del metal de la aleación, reduciéndose y fundiéndose las diferentes cargas una después que la otra, la resistencia que se emplee cuando se reduzca y se funda o derrita la carga de mineral de hierro puede ser diferente de la que se utilice al reducirse la carga que contenga el metal aleable, y como regla general puede decirse que la resistencia debe mantenerse menor, cuanto mas difícil sea de reducir o de fundir el metal o la aleación de metal que se haya de producir.



26
27

La razón a que obedece al que en los procedimientos mencionados tenga que mantenerse la resistencia óhmica más alta que en los hornos eléctricos comunes para el acero o el hierro fundido, estriba en la manera especial de llevar a cabo la reducción y la fusión de la carga que flota o que se encuentra en el baño de escoria de la carga, dividiéndose la carga todo lo mas posible por encima de la superficie del baño de escoria, al tener lugar el mayor consumo de calor, lo que se efectúa formando unos arcos suficientemente largos entre los electrodos y los baños de escoria. Puesto que en el baño de escoria existe siempre una resistencia relativamente grande que aumenta con el grueso de ese baño, una resistencia más bien grande hay que aplicar entre el electrodo y el baño de metal, esto es, el voltaje tiene que ser alto en relación con la fuerza suministrada, puesto que de otra suerte, al mantenerse automáticamente la potencia con intensidad de corriente, es decir, el

amperaje, con un valor constante por medio de un regulador de funcionamiento automático que haga también el control de la posición del electrodo con respecto al baño de metal, el electrodo se sumergirá en la escoria y no se formará ningún arco.

La curva de distribución de temperatura de un arco demuestra claramente que el arco ha de tener una longitud más bien considerable para obtener una buena distribución del calor por encima del baño. Por lo tanto, la longitud del arco y la capa de escoria relativamente gruesa son las causas de la necesaria gran resistencia, o por decirlo mejor, la relación entre el voltaje y el amperaje. El marchar o funcionar con un arco durante la reducción y la fusión, implica también la ventaja adicional de que el electrodo no entra en contacto con la carga, lo que es de gran importancia particularmente cuando, se hayan de producir unos metales que lleven carbono, o unas aleaciones de ellos pobres en carbono.

En un procedimiento como el que nos ocupa, la resistencia de la escoria ejerce el objeto importante de desarrollar o desprender el calor retenido para mantener esa escoria y el metal que se encuentra por debajo de la misma, con la necesaria alta temperatura. Los procedimientos en los que la carga se reduce y se funde o derrite en la superficie de la escoria, superficie que puede formar una película algo tenaz en la que se encuentra la carga, no se pueden llevar a cabo suministrando la corriente eléctrica sin esa resistencia en la escoria, por ejemplo, funcionando solamente un arco entre dos electrodos por encima del baño, puesto que el consumo de calor^o



en la superficie del baño de escoria hace imposible obtener una temperatura suficientemente alta en el fondo o parte de abajo del horno, toda vez que la temperatura por encima del baño tiene que mantenerse por bajo de la temperatura crítica para la duración del revestimiento.

Quando la corriente eléctrica pasa por la escoria, se desarrolla en ella una considerable cantidad de calor debido a la resistencia en la misma de suerte que la escoria se encontrará lo suficientemente caliente para calentar el metal hasta el requerido grado, y también para ceder calor a la carga que flota o que se encuentra en la superficie de la escoria. Lo más difícil en el metal que se haya de producir es la fusión o derretimiento, puesto que el metal del fondo del horno tiene que mantenerse muy caliente, como es natural, a fin de que no se congele. Cuando se produzcan aleaciones que tengan una gran proporción del metal aleador, como por ejemplo, ferrocromo pobre en carbono, o el llamado hierro inoxidable, con de un 13 a un 15 % de cromo, tiene que disponerse en la escoria, como es natural, una parte algo mayor de la resistencia por electrodo. La resistencia total en la escoria y en el arco tienen que ser, con preferencia, durante la parte principal de la cantidad de calor, igual a cuando menos 0.020 óhmios por electrodo, o preferiblemente algo mayor.

Si durante la fusión la temperatura del metal demostrase tendencia a ser demasiado baja de suerte que se corra el riesgo de que el metal se congele o que la conversión entre el metal y la escoria no sea tan buena como se requiera, por ejemplo,



para la desulfuración del metal, el electrodo o los electrodos deben introducirse en la escoria durante unos periodos más cortos o más largos, esto es, la resistencia por electrodo pueda disminuir y, por lo tanto, una mayor cantidad de calor hay que suministrarle a la parte de abajo del baño de escoria. El calor se le puede suministrar a diferentes capas del baño de escoria, y la temperatura de diferentes partes del horno se puede regular variando las posiciones de los electrodos en relación con el baño de escoria variando de esa manera la combinación de arco y de resistencia de la escoria por electrodo.

Generalmente el horno funciona para que sea constante el suministro de fuerza eléctrica esto es, para una cantidad de voltaje dada, el amperaje se mantiene con un valor correspondientemente constante, lo que se efectúa haciendo que funcionen automáticamente unos reguladores que se pueden ajustar para diferentes valores del amperaje, haciéndose así el control de las posiciones de los electrodos en relación con el baño de metal. Con gran resistencia combinada, es decir, con un arco relativamente largo, el suministro de calor tiene lugar principalmente en la superficie del baño de escoria; con una resistencia media, esto es, con un arco corto o un comienzo de contacto entre el electrodo y el baño de escoria, el mayor suministro de calor aun tiene lugar en la parte de arriba o superior del baño de escoria; y con una resistencia baja, o sea cuando el electrodo se sumerge o introduce en la escoria, el mayor suministro de calor se lleva a cabo en la par-



20
21

te inferior del baño de escoria.

Puesto que en los procedimientos mencionados en primer lugar, en los que una carga metalífera se echa en un baño de escoria del horno, ya continuamente, o bien a intervalos cortos, ese baño de escoria aumenta sucesivamente en grueso durante el calentamiento o la fusión, y con él el decaimiento de voltaje y la resistencia en la escoria, significando eso cuando el arco combinado con la resistencia de la escoria permanece constante, que el decaimiento de voltaje del arco debe disminuir, y con él la resistencia del arco. Para evitar eso conviene una o más veces durante la fusión, sacar de cualquier modo conveniente una parte adecuada de la escoria del horno. Partiendo de ese punto de vista conviene una sangría continua de la escoria, de modo que esa escoria se mantenga permanentemente con un determinado grueso, lo que viene a ser aún más difícil de lograr. Particularmente cuando se utilizan hornos inclinables, viene a ser relativamente fácil dar salida a la escoria un número conveniente de veces durante la fusión sin que sea necesaria ninguna interrupción del procedimiento. En todo caso, el grueso de la capa de escoria conviene regularlo de modo que la resistencia en la escoria sólo dé el calor necesario para mantener el baño de metal y la escoria con la necesaria temperatura alta, mientras que el resto del calor se desarrolla en el sitio donde es mayor el consumo de calor, esto es, en la superficie del baño de escoria.

El aumento de resistencia y, por consiguiente, de decaimiento del voltaje en el baño de



26

escoria durante el curso de la fusión, puede sin embargo, en vez de compensarse permitiendo el escape o salida de la escoria, hacerse aumentando el voltaje entre el electrodo y el baño de metal en una o más etapas, de suerte que el mismo decaimiento de voltaje o la misma resistencia en el arco, y por consiguiente la longitud en el arco se puedan mantener, aumentando así la potencia eléctrica que se le suministra al horno si la intensidad de la corriente permanece sin alterar. Ese control del voltaje se puede efectuar por ejemplo, cambiando las conexiones de los transformadores, o cambiando la proporción de vueltas en los devanados, utilizando unas salidas adecuadas en los transformadores. Si la fuerza o potencia eléctrica ha de permanecer constante, como sucede generalmente, el amperaje que se le suministra al horno debe disminuir en un grado o proporción correspondiente al aumento de voltaje, lo que se efectúa disponiendo el electrodo en tal posición elevada con respecto al baño de metal, que corresponda tanto al aumento de decaimiento de voltaje como al pretendido amperaje, con preferencia por medio de unos reguladores de funcionamiento automático. Por consiguiente, el suministro de fuerza se regula con preferencia cambiando el voltaje y la posición del electrodo con respecto al baño de metal, de tal modo que la combinación del arco y la resistencia de la escoria entre cada uno de los electrodos y el baño de metal aumenta hasta aproximadamente el mismo grado de aumento de la resistencia en la escoria, esto es, la resistencia del arco se mantiene constante durante el curso de la fusión o derretimiento.



26

21

Los inconvenientes de una resistencia aumentada debido al aumento de grueso del baño de escoria durante el calor o la fusión, se reducirán, como es natural, si la escoria es de una conductividad eléctrica específica grande. Por lo tanto, será posible eliminar en parte esos inconvenientes adaptando adecuadamente la composición a la escoria, por ejemplo, haciendo que esa escoria sea muy básica, o dándole una proporción relativamente grande de óxidos de metal, siendo esto último especialmente conveniente cuando se hayan de producir metales con una proporción de carbono muy pequeña, como por ejemplo, hierro y aleaciones de hierro cuya proporción de carbono sea inferior a 0.05 %.



En la construcción de hornos para llevar a cabo el proceso del presente invento, tanto el horno como sus correspondientes transformadores y conductores se pueden calcular para grandes voltajes de trabajo, como por ejemplo, de 110 a 220 voltios entre un electrodo o cada uno de los electrodos y el baño de metal, o para voltajes inferiores a 110 voltios. Unos voltajes mayores se pueden utilizar, sin embargo, sin que dependa de ello el invento. En el primer caso, cuando se utilicen una corriente alterna trifásica y tres electrodos, el voltaje resultante entre dos electrodos será de 190 a 380 voltios, voltajes que no se han utilizado hasta ahora, en una escala técnicamente comercial, en los hornos de electrodos eléctricos. El número de electrodos será relativamente pequeño, especialmente en el voltaje más alto aun cuando la resistencia por electrodo se mantenga, por ejemplo, de 0.03 a 0.04 óhmios. En

el segundo caso, esto es, cuando se utilicen voltajes inferiores a 110 voltios, el número de electrodos debe aumentar a fin de obtener un suministro menor de fuerza por electrodo, de modo que el voltaje que se emplee vaya a guardar relación con la fuerza por electrodo correspondiente a la pretendida gran resistencia. La primer alternativa ofrece la ventaja de menores pérdidas de energía en los transformadores, conductores, y demás, un mayor factor de fuerza, y un equipo barato de horno eléctrico, mientras que la segunda alternativa tiene la ventaja de una mejor distribución del calor por toda la superficie del baño en el horno.



Puede hacerse la objeción a la manera mencionada de regular el suministro de corriente con arreglo a una determinada resistencia óhmica entre un electrodo y el baño de metal o el baño de escoria, respectivamente, de que la división de la resistencia en la escoria y en el arco dependerán de la sección transversal del electrodo, puesto que la corriente suministrada se distribuirá por una gran superficie del baño de escoria y la resistencia de esa escoria será menor cuanto mayor sea la sección transversal del electrodo. Eso puede ser exacto cuando el electrodo se introduce en la escoria o entra en contacto con ella, pero tan pronto como se forma un arco entre el electrodo y la escoria, ese arco correrá o marchará, por ejemplo, entre una parte del borde inferior del electrodo y el baño, y generalmente pasará o se moverá por la circunferencia del electrodo.

Por esa causa la distribución de la

corriente en la escoria, cuando se trabaja con un arco, se mantendrá prácticamente con independencia del diámetro del electrodo, cuando menor dentro de los límites de ese diámetro, que debe tenerse en cuenta para los hornos comprendidos en una escala técnicamente comercial. Otra razón debida a la cual no hay que prestar atención especial al diámetro del electrodo, es la de que durante el trabajo o funcionamiento, la sección transversal de la parte de abajo del electrodo se mantendrá siempre reducida y variará en diferentes momentos. Cuando se utilice un electrodo de mayor sección transversal, la resistencia por electrodo puede ser algo menor que cuando se utilice un electrodo de pequeña sección transversal, debiéndose entender, sin embargo, que la resistencia ha de mantenerse siempre superior al límite más bajo de 0.02 óhmios.



Además de producirse hierro y aleaciones de hierro, como en los ejemplos expuestos, en los que se trata una carga de óxido de hierro y, si preciso fuese, óxido de un metal aleador juntamente con un agente reductor, pudiendo ser este último un agente reductor térmico, como el ferrosilicio, el ferroluminosilícico, el aluminio, o sus análogos, o consistir en carbono de cualquier clase, o en una mezcla de carbono y un agente reductor térmico, el procedimiento con arreglo al invento se puede aplicar convenientemente a la producción de otros metales de sus minerales oxidados, como por ejemplo, aluminio o aleaciones de aluminio, de arcilla o bauxita, o de sus minerales sulfurosos, utilizándose, por ejemplo, el calcio o el hierro como agente contenedor de sulfuro, cinc por

ejemplo, de los minerales complejos que contienen cinc y plomo. Por lo tanto, el invento no se limita a las materias mencionadas a títulos de ejemplos, sino que se puede aplicar a toda producción de metales de los minerales u otras materias metalíferas.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Suecia el 27 de septiembre de 1926, bajo el número 3128, se acoge a los beneficios del artículo 16 de la Ley de Propiedad Industrial.

-o- N O T A -o-

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

1º. - En un procedimiento para la producción de metales, como por ejemplo, hierro y acero y aleaciones de hierro, en el que una carga metalífera, si se quiere simultáneamente con su reducción, o después de ella, se funde o derrite en un baño de escoria en un horno eléctrico, al propio tiempo que se forma metal y escoria, teniendo ese horno uno o más electrodos dirigidos hacia abajo, que pueden subir y bajar, la etapa de suministrar la energía eléctrica al horno durante la parte principal de la fusión, con el voltaje que corresponda a una combinación de arco y resistencia de escoria, de un minimum de 0.020 ohmios por electrodo.

2º. - Un procedimiento como el reivindicado en el punto anterior, para la producción de metales pobres en carbono, como por ejemplo, hierro y



acero maleables, reduciendo y fundiendo una carga compuesta de mineral oxidado y de un agente reductor, que puede ser una materia carbonosa, la etapa de suministrar la energía eléctrica durante la parte principal de la fusión, con un voltaje que corresponda a la combinación de una escoria y una resistencia de arco entre 0.030 y 0.050 ohmios por electrodo.

3°. - En un procedimiento como el reivindicado en los puntos 1°. o 2°. , la etapa adicional de hacer el control de la profundidad del baño de escoria durante la fusión, de tal suerte, por ejemplo, dando salida a la escoria de un modo continuo o arbitrariamente frecuente durante la fusión, que la resistencia en el baño de escoria suministre sólo el calor necesario para que el metal se mantenga caliente, mientras que el resto de la resistencia necesaria para suministrar el calor referido para la reducción y la fusión de la carga va al arco entre el electrodo y el referido baño de escoria.

4°. - En un procedimiento como el reivindicado en los puntos 1°. , 2°. , o 3°. , la etapa adicional de elevar el voltaje entre cada electrodo y el baño de metal, durante la fusión, en una o más etapas , con arreglo al aumento de la resistencia de escoria debido al baño de escoria que se va formando durante la fusión.

5°. - En un procedimiento como el reivindicado en el punto 4°. , la etapa adicional de hacer que disminuya el emperaje hasta un grado correspondiente al aumento del voltaje, a fin de que se mantenga constante la fuerza o energía eléctrica suministrada.



6°.- En un procedimiento como el reivindicado en cualquiera de los puntos precedentes, la etapa adicional de adaptar la composición de la carga de tal suerte que se forme durante la fusión o derretimiento una escoria de gran conductividad eléctrica a fin de que disminuya la resistencia en la escoria y que aumente, por lo tanto, el decaimiento de voltaje o la resistencia de que se disponga para el arco.

7°.- En un procedimiento como el reivindicado en cualquiera de los puntos anteriores, la etapa adicional de suministrar la energía o fuerza eléctrica con un voltaje de unos 110 a 220 voltios entre cada electrodo y el baño de metal, de manera que la combinación del arco y la resistencia de escoria por electrodo, durante la parte principal de la fusión o derretimiento, alcance un mínimo de 0.020 ohmios.

8°.- En un procedimiento como el reivindicado en cualquiera de los puntos 1° a 6°, la etapa adicional de suministrar la energía eléctrica por tan gran número de electrodos que un voltaje de un máximo de 110 voltios se puede mantener entre cada electrodo y el baño de metal, en un arco combinado con una resistencia de escoria por electrodo de un mínimo de 0.020 ohmios.

9°- Un procedimiento para producir metales en hornos eléctricos.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede y con los fines que se han especificado.

Esta



Memoria consta de diez y nueve hojas escritas por una sola cara.

Madrid 26 de septiembre de 1927

P. A.

Alberto de Elzaburu

Por Poder

