

P.-64.677

1 El presente invento se refiere a la electrometalur-
gia y, más particularmente, a métodos para controlar un -
proceso de fusión en hornos de arco.

5 El invento se puede utilizar de la manera más eficaz
para producir metales en hornos de arco eléctrico.

10 En los metales en fusión en hornos de arco es esen-
cial controlar las siguientes etapas operativas: la quema
dura de orificios en la carga mediante electrodos; la de-
tención del horno para la nueva carga; el final de perío-
do de fusión de la carga, la formación de escoria y mate-
riales de aleación; la observación de la composición de -
escoria según se especifica y el mantenimiento de una tem-
peratura prescrita del metal que está siendo fundido. El
control sobre estas etapas tiene relación directa con la
15 eficacia del horno y la calidad del metal producido en el
mismo.

20 Se conoce en la técnica anterior un método de deter-
minar el punto final de la fusión o el de sus etapas sepa-
radas en los hornos de arco (véase el Certificado de In-
ventor de la USSR número 194.124, Cl. 21C 05/52). Según -
este método, el consumo de energía en amperios-hora se mi
de en todo el proceso de fusión y los resultados de la me
dición se usan para determinar los puntos de terminación
para las etapas separadas del proceso.

25 Este método, sin embargo, no ha encontrado amplio uso
industrial, ya que el consumo de energía requerido para -
un proceso de fusión depende del peso, calidad y composi-
ción de la carga a fundir, y estos parámetros son varia-
bles en un intervalo bastante amplio. Cuando ocurren cor-
tocircuitos muertos entre electrodos y la carga, la co--
30

1 rriente es máxima, mientras que la cantidad de calor trans-
ferida al metal es mínima debido a la ausencia de arco. --
En consecuencia, el metal del horno no se puede fundir ---
completamente con la energía especificada para el mismo -
5 que está siendo consumida.

Se conoce, por lo tanto, un método para determinar -
el punto de partida o arranque del período de oxidación -
en un proceso de fusión (véase el Certificado de Inventor
de la USSR número 235.785, Cl. C21c, 05/52). Aquí, se mi-
10 de el consumo de energía en amperios-hora y factores tales
como el peso, la calidad y composición del material fundi-
do cargado dentro de un horno se tienen en cuenta alteran-
do la potencia o energía nominal necesaria para fundir el
metal. Esta energía nominal se calcula por medio de compu-
15 tadoras electrónicas. Este método elimina algunas desven-
tajas del método anteriormente citado, pero el consumo de
energía que está siendo medido puede alcanzar su valor no
nominal antes de que se haya fundido el metal (lo que ocu-
rre si tiene lugar frecuentes cortocircuitos de los elec-
20 trodos contra la carga). Es precisamente debido a este he-
cho por lo que el método anteriormente citado es inadecua-
do para uso industrial.

Se conoce también un método para controlar un proceso
de fusión de acero en hornos de arco (véase el Certifica-
do de Inventor número 358.796 C. H05b 7/00). En este méto-
do, las variaciones de la corriente o la tensión de arco
se analizan continuamente dentro de diferentes regiones de
su espectro de variación descomponiendo una señal eléctri-
ca en los componentes armónicos de la misma y comparando
25 estos o sus relaciones con valores de referencia. Los va-
30

1 lores de referencia se han encontrado mediante un análisis estadístico de los datos tratados obtenidos en cierto número de procesos de fusión.

5 Este método hace posible el control de la intensidad del metal en ebullición, la terminación de la fusión de formación de escoria y materiales de aleación y la alteración de las condiciones de formación de escoria.

10 Sin embargo, el método no se puede utilizar para evaluar las condiciones de la carga que está siendo fundida y requiere un análisis estadístico preliminar de un gran número de procesos de fusión para cualquier aplicación particular con el fin de obtener un valor de referencia confiable para la comparación.

15 Además, se conoce también un método de determinar el punto final del período de fusión en hornos de arco con electrodos ajustables en posición (véase Control automático del final de la fusión en hornos de arco, de Konisi - Tsutomu, "Hitachi Heron" 1966, v. 48, No. 2, pp. 266-273).

20 Según este método, el régimen absoluto de movimiento de los electrodos en las tres fases se mide si este régimen excede de un cierto nivel, y se compara con su valor de referencia.

25 Sin embargo, el método permite comprobar sólo el final del período de fusión y requiere, análogamente al método precedente, un análisis estadístico preliminar de un gran número del proceso de fusión para obtener un valor de referencia confiable para la comparación. Además, este método es altamente sensible a los cambios de parámetros tanto del sistema de ajuste de electrodos como del material de fusión cargado en un horno.

30

1 El presente invento tiene por objeto la provisión de
un método de controlar un proceso de fusión de metal en
hornos de arco que hace posibles los cambios en las condi-
ciones de la emisión de electrones desde la carga, así co-
5 mo de la formación de escoria y materiales de aleación --
que están siendo tratados.

Este objeto se obtiene en un método para controlar -
un proceso de fusión en hornos de arco con electrodos ajus-
tables en posición analizando parámetros eléctricos del -
10 arco del mismo, comparando sus valores reales con los de
referencia obtenidos por análisis estadístico de cierto -
número de procesos de fusión, y, en el caso de que dichos
valores reales difieran de los de referencia, actuando so-
bre el proceso bajo control de tal manera que se eliminen
dichas diferencias, caracterizado porque se realizan medi-
15 ciones periódicamente repetidas de la tensión y la corrien-
te del arco y se determina el valor agregado de la compo-
nente continua para cada uno de dichos períodos de medi-
ción, estando definida la duración de dicho período de me-
20 dición por el tiempo suficiente para que un parámetro eléc-
trico dado alcance un cierto valor sustancialmente cons-
tante para el período dado.

El método aquí propuesto hace posible intensificar -
sustancialmente el proceso de fusión de metales. Un análi-
25 sis de las componentes continuas permite realizar un con-
trol exacto de las etapas más importantes del proceso, lo
que asegura una alta calidad del metal producido.

Además, el presente invento mejora considerablemente
el funcionamiento de un horno de arco, tanto tecnológica-
30 como económicamente, a saber: reduce el consumo de energía;

1 excluye el sobrecalentamiento del metal, originando con -
ello una mayor eficacia de la eliminación de fósforo y re-
duciendo la eliminación de metal por combustión, así como
la cantidad de gases absorbidos por el metal.

5 El método del invento da lugar a una vida de servicio
mucho más larga del revestimiento del horno.

Es conveniente que se tomen medidas continuamente du-
rante cada período, y la duración de un período de medi-
ción se debe elegir dentro de un intervalo que comprenda
10 desde la duración de un período de cambios de las magnitu-
des eléctricas que están siendo medidas hasta la de la eta-
pa más corta de un proceso de fusión.

La medición continua origina un registro más exacto
de la terminación de etapas separadas en un proceso de --
15 fusión de arco eléctrico.

La duración así elegida de un período de medición ha-
ce posible seguir cualquier etapa de proceso aunque sea -
la más corta posible.

Otros objetos y ventajas del presente invento resul-
tarán más evidentes de la siguiente descripción detallada
20 del mismo, tomada en relación con los dibujos que se acom-
pañan, en los cuales:

Las figuras 1 a 3 muestran esquemáticamente las eta-
pas de fusión de carga en hornos de arco;

25 La figura 4 es un gráfico de los valores probables me-
dios de la componente continua de la tensión de arco del
período de fusión de carga;

La figura 5 es un diagrama de circuito de un disposi-
tivo elemental para determinar las componentes continuas
30 de la tensión y de la corriente del arco;

1 La figura 6 es un diagrama que muestra la conexión -
de un dispositivo para determinar componentes continuas -
de la tensión y corriente de arco a un horno de arco.

5 Como se sabe, la corriente eléctrica en un arco es -
causada principalmente por la emisión termoiónica cuya co
rriente de saturación I_n viene dada por la fórmula de --
Richardson-Dashmen:

$$10 \quad I_n = A.S.T^2 \cdot \exp \left\{ - \frac{b}{T} \right\} \quad (1)$$

en la que $A = 120,4a \text{ cm}^{-2} \text{ grad}^{-2}$ - es la constante termoió
nica de Sommerfeld,

T = temperatura absoluta del punto de cátodo,
 $^{\circ}\text{K}$,

S = área del punto de cátodo, cm^2 ,

b = constante, proporcional al trabajo de emi--
sión de electrones.

15 Las figuras 1 a 3 ilustran las etapas de un proceso
de fusión en un horno de arco.

20 En el mismo comienzo del proceso de fusión se esta--
blece un arco entre un electrodo 1 y masas o terrones de
una carga fría 2 (figura 1). Por lo tanto, en el momento
en que la carga 2 funciona como un cátodo, la corriente -
de saturación es menor y la tensión del arco es mayor de
25 lo que son durante el medio período en que es formado el
cátodo por el electrodo 1, cuya temperatura es mayor que
la del metal (la carga). Esto hace que se produzca una --
componente continua de la tensión y la corriente de arco
que es el valor medio de la tensión o corriente para el -
30 período completo de su cambio.

1 Las condiciones específicas del arco que arde en un
horno de arco en el proceso de fusión (interrupciones de
arco frecuentes, cortocircuitos originados por contactos
casuales entre el electrodo y los terrones descendentes
5 de la carga, etc.) dan lugar a que los valores de la am-
plitud de la tensión y la corriente de arco, y así de las
componentes continuas de las mismas, resulten valores --
aleatorios. Por lo tanto, es imposible trazar una curva -
teórica para los cambios de las componentes continuas de
10 la tensión y de la corriente de arco durante la fusión de
carga.

15 Sin embargo, se puede trazar una curva que represen-
te los valores medios probables de las componentes conti-
nuas de la tensión y la corriente del arco; entonces los
valores medios reales de las componentes continuas para -
un período de tiempo dado se tomarán aleatoriamente en re
lación con la curva de valores probables.

20 En la figura 4 se muestra un gráfico que representa
el cambio de los valores medios probables de la componen-
te continua de la tensión de arco durante la fusión de la
carga. Este gráfico se mantiene cierto para cualquier ca-
lidad del metal a producir.

25 En los períodos de oxidación y reducción de fusión,
el cambio de las componentes continuas de la tensión y la
corriente de arco variará dependiendo de la calidad del -
metal que está siendo fundido.

30 Inicialmente, se deben llevar los electrodos 1 a con-
tacto con la carga 2 y después se retraen para que salte
un arco. El arco se origina cuando los electrodos 1 se se-
paran de la carga 2. En este momento es probable que ocu-

1 rran cortocircuitos e interrupciones frecuentes del arco,
que, en razón de la naturaleza sinusoidal de la corriente
y la tensión en el circuito de electrodo-carga, sus compo-
5 nentes continuas son igual a cero. La componente continua
de la tensión del arco aumenta durante el intervalo de --
tiempo de 0 a t_1 (figura 4), debido a que aquí la columna
de arco incide con un extremo de la misma contra las su--
perficies de terrones sólidos y frios del metal que está
siendo fundido y es perjudicada la emisión de electrones
10 desde el metal.

En el caso general, el arco se puede mantener con la
tensión mínima a través de los electrodos que sea adecua-
da para mantener el gas entre ellos en estado ionizado. -
Cuanto mayor es el grado de ionización del gas, menor es
15 la tensión necesaria para mantener el arco. A medida que
se funde la carga 2, los electrodos 1 queman los orificios
de la carga situados debajo, cuyo diámetro es del 30 al -
50 por ciento mayor que el de los electrodos (véase la fi-
gura 2). El metal fundido 3 fluye hacia abajo y se acumu-
20 la en la solera del horno. Después de haber fundido la --
carga 2 situada debajo en la totalidad de la profundidad
de la misma, el extremo del electrodo 1 llega a su posi-
ción extrema inferior y entonces el arco interactúa con -
la superficie del metal líquido 3 que está rodeada por la
carga 2. El enfriamiento del gas en el espacio existente
entre la cara extrema del electrodo y la superficie de la
carga que está siendo fundida disminuye cuando la tensión
de alimentación pasa por cero, la recombinación y difusión
del gas decrecen y, por lo tanto, mejoran las condiciones
25 para el encendido del arco. Las componentes continuas de
30

1 la tensión y la intensidad del arco disminuyen fuertemen-
te de valor (el intervalo de tiempo de t_1 a t_2 en la figu-
ra 4).

5 Cuando la carga se funde más, sube el nivel del metal
líquido, suben los electrodos también, el arco se abre y
las componentes continuas de la tensión y la corriente del
mismo aumentan de valor (el intervalo de tiempo de t_2 a -
 t_4 en la figura 4). El punto de t_4 corresponde a la fusión
total de la carga (figura 3).

10 El valor medio de la componente continua de tensión
de arco U_{ny} (figura 4) depende del peso y la composición
química de la carga que está siendo tratada y de la tempe-
ratura del metal al final de la fusión (cuanto mayor es
la temperatura del metal, mayor es la densidad de emisión
de electrones desde su superficie, que se deduce de la -
fórmula /1/, y tanto menores son los valores de las compo-
nentes continuas de la tensión y la corriente de arco). -
15 U_{ny} no depende ni de la calidad del ajuste posicional de
los electrodos ni de la carga a tratar. Estos factores só-
lo originan un cambio en el carácter de un aumento de los
valores medios de la componente continua de la tensión de
arco (un aumento o una reducción del intervalo de tiempo
de 0 a t_4 , figura 4).

20 En el curso de la fusión, la carga, a medida que se
funde en el fondo, puede formar un techo de terrones sólí-
dos que está estacionario durante cierto tiempo y después
se derrumba (el punto t_3 de la figura 4). Como consecuen-
cia, se vienen a poner debajo del electrodo terrones duros
y relativamente frios de la carga, precisamente como al -
25 comienzo del proceso. Como consecuencia, se hace que la -
30

1 componente continua de la tensión de arco se eleve fuerte-
mente y después caiga como se muestra en la figura 4 por
la línea de trazos.

5 Según se muestra, cuanto mayor es la relación entre
CaO a SiO₂ en tanto por ciento de una composición de escoria,
tanto más ligero es el trabajo de la emisión de elec-
trones desde la superficie de escoria. Por lo tanto, cuan-
do se añade limo a la superficie del metal líquido, los -
valores de las componentes continuas de la tensión y la -
10 intensidad del arco disminuyen sensiblemente (en un factor
de 2 a 3 en comparación con Un_y).

15 La alteración de la composición de la escoria y la -
adición de materiales de aleación dan lugar al cambio de
las propiedades fisicoquímicas del metal que está siendo
tratado, que implica el cambio de la cantidad de trabajo
de la emisión de electrones desde la superficie del mismo.
Ello hace que los valores medios de las componentes de ten-
sión y de corriente de arco cambien de manera correspon-
diente.

20 Analizando las componentes continuas de la tensión y
la corriente de arco es posible controlar indirectamente
el proceso de fusión en hornos de arco.

25 Los valores de referencia especificados de las compo-
nentes continuas de la tensión y la corriente de arco se
determinan experimentalmente por el tratamiento estadísti-
co de los datos obtenidos en cierto número de procesos de
fusión realizados en metal de una calidad dada.

30 La tensión y la corriente de un arco se miden median-
te el uso de voltímetros y amperímetros disponibles comer-
cialmente. Las componentes continuas de la tensión y la -

1 corriente de arco se determinan utilizando instrumentos -
 que son producidos también comercialmente. La figura 5 -
 ilustra un diagrama de circuito de un dispositivo simple
 para determinar dichas componentes continuas. Este dispo-
 5 sitivo es un doble filtro rectificador. La componente con-
 tinua de la tensión o la corriente de arco se miden entre
 los terminales a-b.

Por ejemplo, las especificaciones de un filtro de di-
 cho tipo para un horno de arco de 10 toneladas son:

10 $U_1 = 160V;$
 $U_2 = 0,01 V \text{ a } C_1 = C_2 = 60 \mu F;$
 $L_1 = L_2 = 1.000 H;$
 $\frac{U_n}{U_{n \text{ máx}}} \approx 0,6$

15 Un esquema para la conexión de un dispositivo para -
 determinar dichas componentes continuas a un horno de ar-
 co se muestra en la figura 6. Un portador 4 de electrodo
 está conectado a un dispositivo 5 para determinar las com-
 20 ponentes continuas de la tensión y la corriente de arco,
 que está conectado a un instrumento de medición (un voltí-
 metro o potenciómetro de registro de gráfico).

25 El circuito mostrado en la figura 6 funciona como si
 que: la tensión de arco tomada entre el portador 4 de elec-
 trodo y masa se alimenta a la entrada del dispositivo 5 -
 (terminales U_1 en la figura 5). La componente continua de
 la tensión del arco entre los terminales a-b (figura 5) es
 alimentada a un instrumento de medición 6 (un voltímetro
 o potenciómetro de registro de gráfico).

30 Un análisis de las componentes continuas de la tensión

1 y la corriente de arco hace posible:

5 1) determinar exactamente el momento en que se queman los orificios en la carga mediante los electrodos y, así, el momento en que se debe conmutar el transformador de horno de arco a un nuevo escalón o nivel de tensión - (que se caracteriza por una tensión mayor o menor de la alimentación de energía al horno) - el punto t_2 (figura 4).

10 2) determinar los momentos en que se debe detener el horno de arco para un suministro adicional de la carga (si el peso volumétrico de la misma es inadecuado);

15 3) determinar exactamente el punto final de la fusión, es decir, el punto en que la carga está fundida en su mayor parte (manteniéndose alguna cantidad de la misma en las pendientes de la cámara de fusión del horno) y, - por lo tanto, el momento en que se debe conmutar el transformador de horno de arco a un escalón o nivel inferior - el punto t_4 (figura 4).

20 4) determinar el momento de una inyección oportuna de oxígeno de las masas de fusión dura de la carga (con respecto a la figura 4, ello corresponde a un tramo largo de la curva $U_n(t)$ en su valor mínimo, es decir, un intervalo más grande t_2-t_4);

25 5) excluir el sobrecalentamiento del metal (U_n disminuye con el aumento de temperatura del metal);

6) controlar indirectamente la composición de la escoria (con una composición especificada de la escoria en, por ejemplo, hornos de arco de 10 toneladas, U_n o bien se aproxima a cero o cambia de signo).

30 Teniendo en cuenta estos factores se puede intensi-

1 caracterizado porque se realizan mediciones repetidas pe-
riódicamente de la tensión y la corriente de arco, y se -
determinan los valores agregados de las componentes con--
tinuas para cada uno de dichos períodos de medición, es--
5 tando definida la duración de cada período de medición ci-
tado por el tiempo suficiente para que un parámetro eléc-
trico dado alcance un cierto valor sensiblemente constan-
te para el período dado.

2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, caracteri-
10 zado porque se toman continuamente mediciones durante ca-
da período de medición y la duración de dicho período de
medición se elige dentro del intervalo que abarca desde -
la duración de un período de variaciones de las magnitu--
des eléctricas que están siendo medidas a la de la etapa
15 más corta de un proceso de fusión.

3ª.- "UN METODO DE CONTROLAR UN PROCESO DE FUSION DE
METAL EN UN HORNO DE ARCO".

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede,
representado en los dibujos que se acompañan y para los -
20 fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de quince hojas escritas a máqui-
na por una sola cara.

Madrid, 22.FEB.1977

P.A.

Fernando de Elizaburo

Por Poder

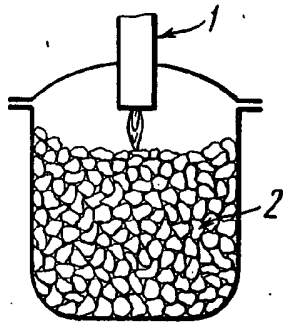


FIG. 1

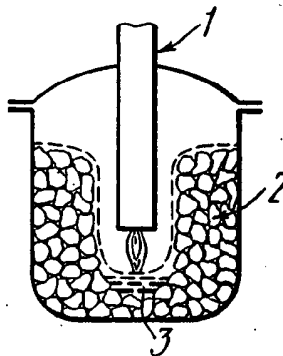


FIG. 2

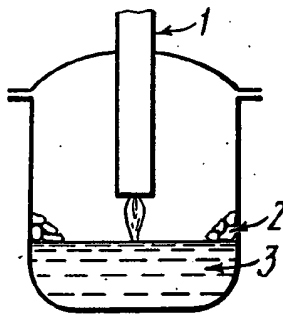


FIG. 3

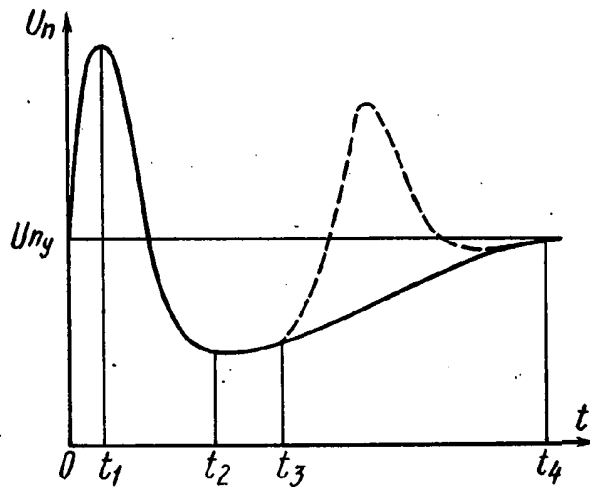


FIG. 4

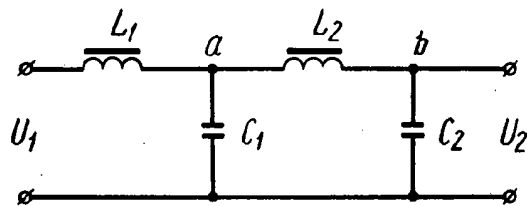


FIG. 5

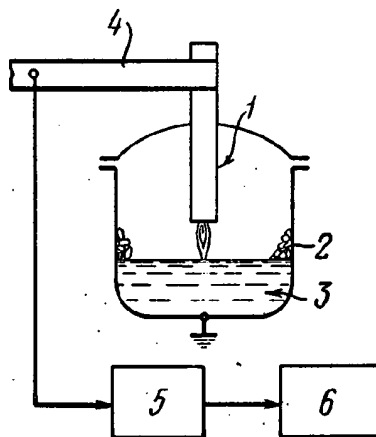


FIG. 6