



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: 2 480 279

61 Int. Cl.:

H05B 7/148 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 14.09.2010 E 10754487 (6)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: 18.06.2014 EP 2484178

(54) Título: Procedimiento para el control de un proceso de fusión en un horno de arco eléctrico, así como instalación de tratamiento de señales, código de programa y medio de archivo para llevar a cabo este procedimiento

(30) Prioridad:

28.09.2009 DE 102009048660 02.11.2009 DE 102009053169

Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: **25.07.2014**

(73) Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%) Wittelsbacherplatz 2 80333 München , DE

(72) Inventor/es:

DITTMER, BJÖRN; DÖBBELER, ARNO; KRÜGER, KLAUS; LEADBETTER, SASCHA; MATSCHULLAT, THOMAS y RIEGER, DETLEF

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el control de un proceso de fusión en un horno de arco eléctrico, así como instalación de tratamiento de señales, código de programa y medio de archivo para llevar a cabo este procedimiento.

La invención se refiere a un procedimiento para el control de un proceso de fusión en un horno de arco eléctrico con al menos dos electrodos, en el que mediante la valoración de señales acústicas aéreas y/o corporales, que discurren a través del interior de un recipiente de horno, se genera al menos una clase de los siguientes valores característicos para la distribución de producto de fusión, caldo y escoria en el relleno de horno. La primera clase de valores característicos representa el apantallamiento de la radiación térmica que se produce sobre la pared de horno del recipiente de horno. La segunda clase de valores característicos representa las fragmentación y el estado de fusión (a partir de ahora sólo se cita abreviadamente en cada caso la fragmentación) del producto de fusión en el volumen del relleno de horno, en especial en la región por debajo de los electrodos. La tercera clase de valores característicos representa la modificación de la parte de producto de fusión situada sobre la pared de horno.

Se conocen procedimientos de este tipo de documentos como el DE 10 2005 039 378 A1.

5

10

20

35

40

Asimismo la invención se refiere también a una instalación de tratamiento de señales para un horno de arco eléctrico con un código de programa legible por máquina, un código de programa legible por máquina de este tipo y un medio de archivo con un código de programa legible por máquina de este tipo, que son adecuados para controlar los procesos en un horno de arco eléctrico.

La utilización de señales acústicas (es decir señales acústicas corporales, generadas por al menos un arco eléctrico y que se retransmiten a través del producto de fusión, o señales acústicas aéreas que se retransmiten a través del volumen aéreo entre el producto de fusión) para generar diferentes valores característicos ya es conocida. Aquí se detectan oscilaciones acústicas que pueden valorarse incluyendo los recorridos de corriente y tensión de los arcos eléctricos del horno de arco eléctrico. Las señales acústicas se producen por principio en el interior del relleno de horno, ya que los arcos eléctricos del horno de arco eléctrico representan una fuente acústica.

Conforme al documento DE 10 2008 006 965 A1 es conocido por ejemplo que, para establecer una llamada magnitud de radiación (llamada a partir de ahora también abreviadamente SM), se detecten oscilaciones acústicas corporales sobre la pared de horno y a partir de un margen de frecuencias de las oscilaciones detectadas pueda establecerse una señal de valoración de oscilaciones asociada. A partir de la corriente de electrodo detectada puede establecerse en el mismo margen de frecuencias una señal de valoración de corriente asociada, que se interpreta como causa de la generación de oscilaciones. La magnitud de radiación se obtiene después en principio como el cociente entre la señal de valoración de oscilaciones y la señal de valoración de corriente.

Conforme al documento DE 10 2008 006 966 A1 se conoce asimismo que puede establecerse una llamada medida de fragmentación (llamada a partir de ahora también abreviadamente M), por medio de que se detecta la corriente de electrodo alimentada, a partir de la corriente de electrodo detectada se establece una magnitud de valor efectivo, y a partir de la corriente de electrodo detectada se establece asimismo, en un margen de frecuencias determinado de la corriente de electrodo detectada, una parte de corriente asociada. La medida de fragmentación se obtiene después como el cociente entre la parte de corriente y la magnitud de valor efectivo.

Aparte de esto, del documento DE 10 2008 006 958 A1 se conoce que puede establecerse una llamada magnitud para la modificación de la masa de una parte de producto de fusión situada en la delimitación del horno de arco eléctrico (llamada también a partir de ahora abreviadamente MM), por medio de que se detecta la corriente de electrodo alimentada, a partir de la cual en un determinado margen de frecuencias se obtiene una señal de valoración de oscilaciones. Por último se establece el desplazamiento de fase entre la señal de valoración de corriente y la señal de valoración de oscilaciones para una mayoría de frecuencias comunes. A partir de estos desplazamientos de fase establecidos puede derivarse una magnitud para la modificación de la masa del producto de fusión, situado en la delimitación de la pared de horno.

Con los valores característicos citados anteriormente puede llevarse a cabo un procedimiento más afinado para el control del proceso de fusión. Para aclarar esto, se pretende a continuación explicar con más detalle el proceso de fusión que tiene lugar en el horno de arco eléctrico. Un horno de arco eléctrico se usa para producir metal líquido, normalmente acero. El metal líquido se produce a partir de producto de fusión sólido, por ejemplo chatarra y/o hierro reducido (el llamado hierro esponja o DRI/HBI) incluso con hierro bruto líquido y/o sólido, junto con otros materiales suplementarios. Para esto se aplica al horno de arco eléctrico de forma preferida energía para fundir el producto de fusión mediante tres electrodos, normalmente en forma de un arco eléctrico entre electrodo y producto de fusión. Para que la fusión pueda realizarse de la forma más eficiente posible, debería aplicarse en lo posible toda la energía proporcionada por el arco eléctrico al producto de fusión. Por producto de fusión se entiende con ello el material sólido a fundir, como producto fundido metal líquido y/o escoria. El producto de fusión y el producto fundido en su conjunto producen el relleno de horno.

A causa del modo de conducción prefijado en los hornos de arco eléctrico habituales, sin embargo, puede producirse que el arco eléctrico esté encendido libremente durante el proceso de fusión. Es decir la radiación térmica que parte del arco eléctrico, configurado entre electrodo y producto de fusión, llega en una magnitud elevada hasta una delimitación del horno de arco eléctrico, en especial a una pared refrigerada del horno de arco eléctrico. Por medio de esto aumenta el consumo de energía del horno, a causa de que por un lado la energía del horno de arco eléctrico sólo se aplica en una menor medida al producto de fusión, y por otro lado se disipa más energía a través de la refrigeración del horno.

Aquí se procede a la consideración de utilizar, para el control del modo de conducción de hornos de arco eléctrico y la regulación de la potencia del arco eléctrico, la magnitud MM para la modificación del producto de fusión situado sobre la pared de horno, la medida de fragmentación M, la magnitud de radiación SM o valores característicos apropiados de forma similar para la distribución de producto de fusión, caldo y escoria en el relleno de horno. La medida de fragmentación M puede utilizarse para regular el valor nominal de corriente de electrodo en los electrodos. Si por ejemplo debajo de un electrodo se encuentra una chatarra relativamente ligera, es decir una elevada proporción de volumen de aire en la chatarra, puede retraerse la potencia de radiación para impedir el citado encendido libre del arco eléctrico a causa de una fusión demasiado rápida de la chatarra ligera. Si se determina una magnitud de radiación SM excesiva sobre las paredes de horno, puede retraerse la potencia de radiación del arco eléctrico, para evitar un esfuerzo térmico excesivo sobre las paredes de horno así como una pérdida de potencia excesivamente elevada. Si durante el establecimiento de la magnitud de apantallamiento SM se determina que una parte de la pared de horno no está apantallada mediante producto de fusión, puede retraerse la potencia de radiación, para impedir un encendido libre del arco eléctrico hacia este segmento de pared libre. Con ello las señales antes citadas no sólo pueden utilizarse para reducir la potencia sino, en la interpretación inversa, también para aumentar la potencia. Debido a que las medidas anteriormente indicadas se influyen mutuamente, es evidentemente difícil estimar en el caso de una intervención manual en el programa de conducción del horno de arco eléctrico, con qué intensidad debe intervenirse en el proceso.

10

15

20

30

35

40

45

50

55

60

La tarea de la presente invención consiste en mejorar un procedimiento de la clase citada al comienzo, con la finalidad de que la regulación de la potencia de arco eléctrico se haga posible con el menor consumo de energía posible y el menor desgaste posible de los componentes del horno. Además de esto, la tarea de la invención consiste en indicar una instalación de tratamiento de señales útil para el procedimiento, respectivamente un medio de archivo y un código de programa para ello.

Esta tarea es resuelta conforme a la invención por medio de que para la región de influencia térmica de cada arco eléctrico se generan valores característicos locales. Es ventajoso disponer los sensores que se utilicen de tal manera sobre el horno, que los sensores estén situados enfrente de los electrodos (arco eléctrico). Las ventaja de esta medida consiste en que puede generarse una imagen más exacta del desarrollo del proceso de fusión en el horno de arco eléctrico, ya que éste a causa de los rellenos de chatarra con frecuencia no homogéneos en cada electrodo se desarrolla de forma diferente. Asimismo está previsto conforme a la invención que de los valores característicos locales se deduzcan picos de carga térmicos locales, existentes o previos, en las regiones de influencia de los arcos eléctricos, incluso si estos en ese momento todavía no conducen a una carga térmica mesurable del panel. Esto puede realizarse del modo descrito anteriormente. De este modo un encendido libre de un determinado arco luminoso es probable, si por ejemplo el segmento de pared de la pared de horno queda al descubierto a causa de la fusión de la chatarra más próxima a este arco eléctrico. Esto puede establecerse conforme a la invención localmente en esta región de pared mediante la valoración del valor característico de apantallamiento SM. Por medio de esto es ventaiosamente posible una detección muy temprana de un acontecimiento, que sólo en el futuro generará un pico de carga térmica en el margen de influencia del electrodo afectado, a causa del encendido libre de este arco eléctrico hacia la pared al descubierto. Debido a que el verdadero pico de carga térmica es todavía inminente, puede impedirse el mismo ventajosamente ya en su origen.

Conforme a la invención está previsto asimismo que, en función de los valores característicos generados, primero se modifique en un primer orden la distribución de energía entre los electrodos durante el tiempo necesario, de tal modo que se debiliten los picos de carga térmica o se evite su aparición. Para aclarar esto con el ejemplo citado de una fusión de chatarra en una región parcial de la pared de horno, puede describirse el siguiente régimen de funcionamiento. Aquél arco eléctrico que sea más próximo al elemento de pared afectado, es decir, aquél arco eléctrico cuyo encendido libre quiere impedirse, debe retraerse, mientras que este requisito no existe para los otros arcos eléctricos. Esto puede conseguirse por medio de que se adapta, conforme a la invención, el valor nominal para la impedancia de barra del arco eléctrico afectado, de tal manera que se reduce la potencia de radiación entregada al entorno del arco eléctrico afectado y aumenta algo la de los otros dos arcos eléctricos. Aquí se dispone ventajosamente de una magnitud de regulación que responde muy rápidamente, en donde la potencia térmica suma aplicada en el horno de arco eléctrico no tiene que impedirse en primer lugar. Por ello este régimen de regulación es de forma ventajosa especialmente eficiente.

Asimismo está previsto conforme a la invención que, en función de los valores característicos generados, se reduzca durante el tiempo requerido y en un segundo plano la potencia térmica de los arcos eléctricos, mediante la reducción de la tensión secundaria de un transformador de horno que alimenta los arcos eléctricos y/o mediante el aumento de

la reactancia de una reactancia suplementaria conectada en serie a los arcos eléctricos. Esta medida se toma si el efecto conseguido mediante la modificación de primer orden de la distribución de energía no es suficiente o puede preverse que este efecto no va a ser suficiente, para anular o evitar los picos de carga térmica.

La tensión que alimenta los arcos eléctricos se regula por medio de que la tensión de salida del transformador de horno se varía, por ejemplo mediante interruptores escalonados de carga. Esto se realiza mecánicamente, por medio de que se conectan o desconectan espiras del devanado primario o secundario del transformador de horno (llamado también etapa de trafo o etapa de transformador). Aquí es inevitable una determinada carga eléctrica y mecánica y con ello un desgaste, por lo que esta medida ventajosamente sólo puede llevarse a cabo si las medidas antes descritas no son suficientes por sí mismas. Esto produce ventajosamente que los interruptores escalonados de carga se conecten menos frecuentemente, con unos efectos positivos sobre la complejidad de mantenimiento para el transformador de horno. Aparte de esto, la graduación de la etapa de transformador como reacción a los valores característicos generados es claramente más lenta que la regulación ventajosa de las impedancias de barra.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

De formas similar a como se ha descrito anteriormente a modo de ejemplo con base en el valor característico SM, puede recurrirse a los valores característicos MM y M. El valor característico M puede servir por ejemplo para establecer la fragmentación del producto de fusión por debajo de los electrodos aislados. Aquí puede reconocerse a tiempo si el avance de fusión por debajo de un electrodo progresará más rápidamente, porque por ejemplo está presente una chatarra relativamente ligera con una elevada proporción de volumen de aire debajo de ese electrodo. Si por ejemplo se presenta debajo de otro electrodo una parte compacta de chatarra pesada, el arco eléctrico de este electrodo necesitaría mucho más tiempo para fundir la parte allí situada del producto de fusión. El electrodo. debajo del cual se encuentra la chatarra compacta, ya no puede penetrar más en la región inferior del recipiente de horno y, por ello, el arco eléctrico correspondiente emitirá una radiación desmesuradamente intensa sobre la delimitación del horno de arco eléctrico. Si se influye en los valores nominales de impedancia o corriente puede reducirse la radiación del arco eléctrico afectado. Si por lo tanto se determina una distribución irregular de la fragmentación debajo de los electrodos, estos pueden ajustarse con relación a la potencia de arco eléctrico aplicada, mediante la adaptación de las impedancias de barra de los barras formadas por lo arcos eléctricos, de tal modo que el avance de la fusión debajo de todos los electrodos sea aproximadamente igual. Esto significa que los electrodos, debajo de los cuales se encuentra chatarra ligera, se ajustan con una mayor impedancia de barra que los electrodos debajo de los cuales se encuentra chatarra pesada.

El calor característico MM es una magnitud para la modificación de la masa que hace contacto con la pared de horno. Si se detecta por ejemplo una fuerte modificación de masa en una región de pared de horno, esto indica una caída eventualmente inmediata de chatarra. Este valor se utiliza por ello de forma preferida, de modo predictivo, para generar una elevación de los electrodos eventualmente afectados a causa del aumento de las impedancias de barra. La ponderación de esta edición puede realizarse según la experiencia de forma reducida o más grande. Dado el caso se suspende también de forma predictiva una orden de elevación directa a la hidráulica de brazo soporte, de forma correspondiente a la fiabilidad de la predicción.

Conforme a una configuración ventajosa de la invención está previsto que los valores característicos SM para la magnitud de radiación, los valores característicos M para la fragmentación, respectivamente los valores característicos MM para la modificación de la parte de producto de fusión sobre la pared de horno, se enlacen en cada caso con un valor característico E para la energía aplicada desde la adición de la última carga de producto de fusión por unidad de masa de producto de fusión (energía específica) de esta última carga. Para esto debe tenerse en cuenta que el producto de fusión en el proceso en marcha se añada por cargas, ya que la fusión del producto de fusión (chatarra) tiene como consecuencia una considerable modificación de volumen. El volumen que se libera en la parte superior del recipiente de horno se rellena después en cada caso con nuevas cargas de producto de fusión. Después de cada adición de una carga se estable mediante mediciones la energía aplicada al horno y se convierte en la masa de la carga, de tal modo que se obtiene un punto de referencia de lo elevado que es el porcentaje de producto ya fundido en el relleno de horno. El enlace de este valor característico E con los otros valores característicos hace posible, ventajosamente, señalar correctamente el valor de los otros valores característicos en el contexto del avance de la fusión en el horno de arco eléctrico y, en función de esto, aplicar las medidas correctas. De este modo por ejemplo, en el caso de un proceso de fusión que haya progresado, las caídas de chatarra son mucho más probables y la carga básica térmica del horno de fusión ya es mayor.

Otra configuración del procedimiento conforme a la invención prevé que, adicionalmente, para el margen de influencia térmico de cada electrodo se generen valores característicos locales T para el aumento de temperatura absoluto o en general para la carga térmica sobre la pared de horno y/o valores característicos locales para el gradiente de este aumento de temperatura, respectivamente la carga térmica (valor característico G), y estos valores característicos se enlacen con los valores característicos locales SM correspondientes para la magnitud de radiación sobre la pared de horno. Aquí juega un papel la consideración de que la magnitud de radiación sobre las paredes de horno como tal todavía no hace posible una conclusión suficiente sobre procesos con un desarrollo crítico. Si el horno está lleno de chatarra, es también deseable una plena radiación de arco eléctrico, ya que las paredes de horno en primer lugar se protegen mediante la chatarra. El proceso de fusión, por el contrario, discurre más rápidamente. Al final del proceso de fusión, cuando la temperatura sobre la pared de horno ya ha aumentado, un

aumento de la magnitud de radiación sobre las paredes de horno tendrá también que valorarse de forma más crítica. Asimismo es previsible que, en el caso de un gradiente elevado de la carga térmica, se alcance más rápidamente una magnitud crítica de la carga térmica y, por ello, tengan que tomarse unas decisiones más drásticas para su impedimento. La utilización de los valores característicos T y/o G pueden sustituir también el valor característico, conforme a otra alternativa de la invención, de tal modo que éste en este caso no está enlazado con el valor característico SM. Según la clase de refrigeración de los elementos de pared también las corrientes másicas deben considerarse medios refrigerantes, ya que en algunos casos sólo por medio de esto puede sacarse una conclusión sobre la carga térmica de la pared de horno.

Asimismo es también ventajoso que la potencia térmica en el interior del recipiente de horno se aumente adicionalmente mediante reacciones químicas, con el uso de un quemador y/o una lanza, en donde en función de los valores característicos generados M, MM, SM, E, T y G se reduce la potencia térmica de la reacción química, durante el tiempo necesario, mediante la reducción de la alimentación de combustible al quemador y/o de oxígeno a la lanza. En el quemador hacen combustión predominantemente combustibles, por medio de lo cual se alimenta energía química al proceso de fusión. Para acelerar la combustión en el quemador o también otros procesos de oxidación en el producto de fusión, respectivamente en el caldo, puede insuflarse adicionalmente oxígeno en el interior del relleno de horno, por medio de los llamados quemadores coherentes o lanzas.

10

15

20

35

40

Debido a que tanto el uso de quemadores como el uso de lanzas en último término conducen a un calentamiento adicional del relleno de horno, es especialmente ventajoso incluir en el concepto de regulación también estos procesos. Para esto pueden utilizarse los valores característicos antes citados y valorarse de forma adecuada. Con ello la regulación de los procesos en los quemadores y lanzas puede realizarse ya en paralelo a la regulación de primer orden de las impedancias de barra y/o en un segundo orden a la regulación de la reactancia suplementaria y/o a la tensión secundaria de transformador. De forma ventajosa, el proceso de fusión puede controlarse todavía mejor si se incluyen quemadores y lanzas en el concepto de regulación.

Conforme a una configuración especial de la invención se utilizan para la regulación de quemadores y lanzas los valores característicos SM para la radiación térmica, que incide sobre la pared de horno, y/o los valores característicos M como medida para la modificación de la parte de producto de fusión que hace contacto con la pared de horno. Estos se enlazan con el valor característico E para la energía aplicada desde la adición de la última carga de producto de fusión por unidad de masa de producto de fusión de la última carga. Ya se ha explicado cómo puede valorarse esta combinación de valores característicos con relación a la carga térmica del horno de arco eléctrico.

Conforme a otra configuración de la invención pueden utilizarse, además de los ya mencionados valores característicos para la regulación de quemadores y/o lanzas, los valores característicos T para el aumento de temperatura sobre la pared de horno y/o los valores característicos locales G para el gradiente de este aumento de temperatura, en donde estos valores característicos se enlazan con los valores característicos locales SM y MM correspondientes.

Asimismo la tarea es resuelta mediante una instalación de tratamiento de señales para un horno de arco eléctrico con un código de programa legible por máquina, con un código de programa legible por máquina de este tipo y con un medio de archivo para un código de programa legible por máquina de este tipo, que presenta órdenes de control que autorizan a que la instalación de tratamiento de señales lleve a cabo un procedimiento según el modo antes descrito. Con esto puede ejecutarse automáticamente de forma ventajosa el procedimiento descrito anteriormente.

A continuación se describen detalles adicionales de la invención con base en el dibujo. La única figura muestra la vista esquemática tridimensional de un horno de arco eléctrico y un esquema de conexiones en bloques de una regulación conectada a éste, apropiada para llevar a cabo un ejemplo de ejecución del procedimiento conforme a la invención.

Un horno de arco eléctrico 11 presenta un recipiente de horno 12, que está relleno de producto de fusión (chatarra) de un modo no representado. En el recipiente de horno penetran de forma preferida tres electrodos 13, que pueden subirse o bajarse mediante elementos de ajuste 14 (motores hidráulicos o de ajuste) horizontalmente a lo largo de su eje longitudinal. Los electrodos 13 se alimentan con corriente alterna a través de un transformador de horno 15, en donde a cada electrodo 13 puede asociarse además una reactancia suplementaria 16, con la que puede generarse específicamente una pérdida de potencia eléctrica. Aparte de esto se ha representado asimismo esquemáticamente un quemador 17, con el que puede aplicarse al recipiente de horno 12 energía química mediante la combustión de un combustible. Una lanza 18 penetra igualmente en el recipiente de horno 12, en donde a través de una bomba 19 pueden insuflarse gases en el recipiente de horno y de este modo en el relleno de horno.

Para fundir producto de fusión 20 en forma de chatarra metálica en el horno de arco eléctrico 11, se enciende en los electrodos 13 un arco eléctrico, con lo que se produce energía térmica en el interior del recipiente de horno. Aquí pueden tomarse como ayuda adicionalmente la lanza 18 y el quemador 17, como ya se ha citado, para producir una introducción de energía química en el recipiente de horno. Durante el proceso de fusión se desarrolla un proceso de

regulación automático, que se pretende explicar a continuación con base en el esquema de conexiones en bloques representado en la figura. El concepto de regulación conforme a la invención utiliza con ello diferentes magnitudes de entrada, cuya generación es conocida por sí misma. El concepto de regulación conforme a la invención se ha destacado en la figura mediante una línea a trazos y puntos 21. Las magnitudes de entrada, que se utilizan para el concepto de regulación, son en detalle un valor característico SM, que indica la magnitud de la radiación térmica que incide sobre la pared de horno del recipiente de horno 12, un valor característico M como medida de la fragmentación del producto de fusión 20 en el volumen del relleno de horno, y precisamente en la región de los electrodos 13, un valor característico MM como medida de la modificación de la parte de producto de fusión 20 que hace contacto con la pared de horno, un valor característico E para la energía específica por unidad másica de producto de fusión desde la adición de la última carga de producto de fusión, un valor característico T para el aumento de temperatura, respectivamente en general para la carga térmica sobre la pared de horno y un valor característico G para el gradiente de esta carga térmica (por ejemplo del aumento de temperatura). Estas magnitudes de entrada se han representado en la figura en círculos correspondientes, en donde estos círculos representan al mismo tiempo unidades de cálculo que, a partir de los valores de medición (sobre esto a continuación más), generan las magnitudes de entrada necesarias. En general cabe destacar asimismo que las líneas de señales, a través de las cuales sólo se conduce una señal, se representan mediante líneas estrechas y las líneas de señales, a través de las cuales se quían varias señales, mediante líneas anchas. Las líneas anchas pueden estar ejecutadas por lo tanto como haces de varias líneas, que por motivos de mayor claridad solamente se han representado mediante la línea ancha. Sin embargo, también es posible materializar estas líneas de señales por ejemplo mediante un bus de datos. En el caso de las señales guiadas en las líneas de señales anchas se trata de grupos de señales, que son producidas a causa de la estructura del horno de arco eléctrico 11 por tres electrodos y en cada caso tres instalaciones adicionales, que deben asociarse a los electrodos, como reactancias suplementarias 16, elementos de ajuste 14 así como sensores 22, 23. A causa de los electrodos 13 a activar individualmente en estas líneas se necesitan en cada caso señales de medición o control que discurran en paralelo.

10

15

20

45

50

55

60

25 En detalle las magnitudes de entrada se generan como sigue. Para la magnitud de radiación SM están aplicados a las paredes de horno de forma preferida tres sensores de ruidos corporales 22, de tal modo que cada uno de los sensores 22 mide localmente las señales acústicas que discurren en el interior del recipiente de horno 12 en la región de influencia de uno de los tres electrodos 13. Las señales se reúnen en un módulo de configuración 24 y se usan, mediante la utilización del principio de valoración descrito anteriormente y con ayuda del desarrollo en el 30 tiempo de la corriente de electrodo mediante una unidad de valoración 25, para generar la magnitud de radiación SM, la medida de fragmentación M y la medida de modificación del sólido MM que hace contacto con la pared de horno. Asimismo se mide mediante los sensores 23 en las regiones de influencia de los electrodos la temperatura en los elementos de refrigeración o, en una medida comparable, para describir la carga térmica del recipiente de horno 12. Los sensores 23 entregan sus señales a la instalación de configuración 26, en donde se valoran las señales para 35 generar la diferencia de temperatura T (de forma preferida como diferencia respecto a la temperatura de avance del sistema de refrigeración, dado el caso también como diferencia de temperatura con respecto a un valor medio formado por estos valores) y el gradiente de temperatura G. Por lo demás se calcula la energía E específica aplicada por carga, en donde para esto se utiliza la potencia eléctrica del transformador de horno a través de la unidad de valoración 25 así como la potencia térmica con base en el caudal de oxígeno en la lanza 19 y el caudal de 40 combustible en el quemador 17. Aquí se solicitan además los datos de una memoria 27, en donde en ésta están archivados para el cálculo de la diferencia de temperatura T la masa de las cargas introducidas en cada caso así como el momento de la introducción de estas cargas en el recipiente de horno 12 y las temperaturas de pared existentes en ese momento.

El sistema de regulación conforme al ejemplo de ejecución representado de la instalación de tratamiento de señales se hace funcionar con cinco diferentes reguladores I a V y cuatro módulos de cálculo VI a IX. Los reguladores están materializados de forma preferida como reguladores Fuzzy. Los módulos de cálculo presentan cinco salidas, con las que se controlan el horno de arco eléctrico y sus componentes (sobre esto a continuación más). El regulador Fuzzy I se usa para clasificar el estado térmico del horno. Este regulador entrega de este modo un valor sobre lo crítico que es actualmente el estado térmico del horno. Este valor se calcula localmente para las tres regiones de influencia térmica de los arcos eléctricos (también llamados Hotsspots). Para cada electrodo se sigue el desarrollo de temperatura de los elementos de pared, que limitan con las regiones de influencia de los arcos eléctricos 13. Se establecen estados críticos si o bien la carga térmica T de los propios elementos de pared afectados ya es muy elevada o se registra un aumento rápido G de la carga térmica. En el caso de una menor carga térmica de los elementos de pared, por el contrario, se determina un estado no crítico. Para esto puede utilizarse también una magnitud escalonada.

La información del regulador Fuzzy I se utiliza como magnitud de entrada para el regulador Fuzzy II (también el regulador Fuzzy V), que cuantifica el apantallamiento de las paredes de horno mediante producto de fusión o, en el desarrollo ulterior del procedimiento, también mediante escoria esponjosa. Como magnitudes de entrada adicionales se utilizan la magnitud de radiación SM para las zonas de influencia térmica de los electrodos y la energía específica aplicada por cada cesta. A partir de aquí el módulo de cálculo II calcula magnitudes de salida; éstas son en cada caso propuestas de corrección para la etapa de transformador prefijada por el programa de conducción, que se archivan en el módulo de cálculo VI, propuestas de corrección para la reactancia suplementaria, que se alimentan en

el módulo de cálculo VIII y valores de corrección para las impedancias de barra de los arcos eléctricos 13, que se alimentan al módulo de cálculo VII. Estos últimos corrigen el valor de referencia prefijado conforme al programa de conducción para las impedancias de barra en los arcos eléctricos, de tal modo que se llega a una redistribución de la cantidad de energía y de la potencia de radiación en los arcos eléctricos, para debilitar estados críticos en al menos una región de influencia térmica del arco eléctrico correspondiente.

5

10

15

20

25

30

50

55

El regulador Fuzzy III tiene en cuenta el estado del producto de fusión, en especial su modificación directamente bajo los electrodos (modificación significa sobre todo el movimiento de chatarra y la presencia de la llamada chatarra fría, que durante el guiado de proceso del proceso de fusión discurre en parte caóticamente). Como magnitudes de entrada se utilizan la medida de fragmentación M y la energía específica E aplicada por cada carga. Aquí se trata por lo tanto en total de cuatro magnitudes de entrada. A partir de éstas el regulador calcula propuestas de modificación para las impedancias de barra, que actúan sobre la activación de los electrodos 13 del modo ya descrito anteriormente. Si por ejemplo se determina una fuerte modificación del producto de fusión bajo uno de los electrodos (por ejemplo a causa de post-resbalamiento de chatarra fría), se emite un valor de propuesta con la finalidad de reducir el valor nominal para la impedancia de barra de este electrodo. Por medio de esto el electrodo 13 afectado se conduce más hacia dentro del horno mediante el elemento de ajuste 14, con lo que se reduce la longitud del arco eléctrico y aumenta la aplicación de energía en la chatarra en comparación con la aplicación de energía mediante los otros dos electrodos 13.

El regulador Fuzzy IV valora la modificación de la masa del producto de fusión sobre la pared de horno, y precisamente en las regiones de influencia de los electrodos 13. Como magnitudes de entrada se utiliza la magnitud de la masa MM que se modifica y la energía específica E aplicada por cada carga, es decir cuatro señales de entrada. El regulador calcula como magnitudes de salida propuestas de modificación para los valores nominales de las impedancias de barra, del modo ya descrito. Si por ejemplo se detecta una fuerte modificación de masa en una región de la pared de horno, esto indica una caída de chatarra eventualmente existente o producida, con la puesta al descubierto del segmento de pared. El regulador emite como señal de salida para prevenir que se eleve el electrodo afectado, en donde mediante el arco eléctrico que se alarga aumenta la impedancia de barra de este electrodo.

Con el regulador Fuzzy V se influye en el quemador 17 y en la lanza 18 y, de este modo, se controla la introducción de la energía química. Como magnitudes de entrada se utilizan la magnitud MM para la modificación de la parte de sólido sobre la pared y la magnitud de radiación SM, es decir seis magnitudes de entrada. Además de esto se alimentan al regulador Fuzzy V también las otras cuatro magnitudes de entrada de la energía específica E aplicada desde la última carga así como las magnitudes de salida del regulador Fuzzy I, es decir otras cuatro magnitudes de entrada. El regulador Fuzzy calcula a partir de aquí como magnitudes de salida propuestas de modificación para la introducción de la energía química, es decir propuestas de modificación para los valores nominales del quemador 17 y de la lanza 18.

Todas las magnitudes de salida de los reguladores Fuzzy II a V se reúnen y tratan en los módulos de cálculo VI a IX. 35 Aquí se tienen en cuenta, a la hora de regular las magnitudes de salida en los módulos de cálculo VI, VIII y IX, valores umbrales para una intervención reguladora activa al igual que las histéresis correspondientes, lo que produce que se amortiguen oscilaciones de regulación del sistema de regulación y que se realice predominantemente una regulación del proceso que se desarrolla en el horno de fusión, a través de una redistribución de la energía en los electrodos 13 mediante el aumento o la reducción de las impedancias de barra 40 requeridas. Aquí se trata de aquella magnitud de regulación que puede transformarse de la forma más sencilla posible, sin desgaste mecánico y sin pérdida de potencia. Sólo si no son suficientes estas medidas de regulación para normalizar los procesos en el horno de arco eléctrico 11 y de este modo las magnitudes de entrada del sistema de regulación, se superan los valores umbrales de los módulos de cálculo VI, VIII y IX y, de este modo, el sistema de regulación 21 toma una medidas de regulación más drásticas. La cooperación entre los diferentes reguladores Fuzzy 45 y los módulos de cálculo debe adaptarse individualmente para cada horno de arco eléctrico 11 y produce, después de un ajuste, una reacción dinámica optimizada de la aplicación de energía ante la modificación del estado de fusión actual del producto de fusión.

El modo de trabajo de los módulos VI a IX se describe a continuación todavía con más detalle. El módulo VI transforma los valores en bruto continuos para la modificación en etapas de transformador en un valor discreto. Con ayuda de la histéresis se impide que los interruptores escalonados del transformador de horno tengan que conectarse con excesiva frecuencia. Si por ejemplo sólo una de las regiones de pared se apantalla mal y las restantes regiones de pared están bien apantalladas, el regulador Fuzzy II emite las propuestas de modificación para una distribución de energía asimétrica, que predominantemente se transforma en el módulo VII. Esto significa que la región de pared térmicamente muy cargada se descarga mediante una modificación de la impedancia de barra del electrodo 13 afectado.

El módulo de cálculo VI sólo tiene una salida, que actúa sobre el interruptor escalonado del transformador de horno 15 y con la que puede modificarse su tensión de salida.

En el módulo de cálculo VII se utiliza un modelo analítico para la distribución de carga. De este modo puede redistribuirse a tiempo energía de radiación de partes de pared mal apantalladas, desde los electrodos afectados a otros electrodos. Aquí se reúnen las señales de los reguladores Fuzzy II, III y IV y, con base en ellas, se calcula una redistribución adecuada de los valores nominales para la impedancia de barra de los diferentes electrodos. Para esto puede tenerse en cuenta de forma ponderada la influencia de los reguladores Fuzzy II, III y IV, según las particularidades del horno de arco eléctrico 11, y la acción derivada de ello de la modificación de las magnitudes establecidas. Una posibilidad especialmente sencilla consiste en el promediado de todas las salidas de señal de los reguladores Fuzzy II, III y IV, en donde las señales en cada caso promediadas de cada electrodo se valoran como es natural individualmente. Las señales de salida del módulo de cálculo VII actúan directamente sobre un control 28, que está previsto para los elementos de ajuste 14 y puede activar estos individualmente.

5

10

15

20

Mediante el módulo de cálculo VIII pueden activarse las reactancias suplementarias 16, siempre que esto sea necesario (regulación de primer orden). Con este fin el módulo de cálculo VIII activa un control 29, en donde el control 29 activa las reactancias suplementarias 16, de las que en cada caso está prevista una por cada electrodo 13. De este modo puede reducirse directamente la potencia de los arcos eléctricos 13, por medio de que en la reactancia suplementaria 16 se transforma potencia eléctrica en forma de potencia ciega.

El módulo de cálculo IX contiene por último un programa, mediante el cual pueden activarse la lanza 18 y el quemador 17 (como es natural también pueden activarse localmente varios quemadores o lanzas). En función del valor emitido por el registro Fuzzy V puede realizarse, por medio de esto, un estrangulamiento o aumento de la potencia térmica química introducida. Aquí pueden jugar un papel también otras magnitudes de influencia, que no se han representado con más detalle y que tienen como origen los requisitos químicos en el horno de arco eléctrico.

REIVINDICACIONES

- 1. Procedimiento para el control de un proceso de fusión en un horno de arco eléctrico con al menos dos electrodos (13), en el que mediante la valoración de señales acústicas aéreas, que discurren a través del interior de un recipiente de horno (12), se genera al menos una clase de valores característicos para la distribución de producto de fusión, caldo y escoria en el relleno de horno, en especial
- valores característicos (SM) como medida de la radiación térmica que incide sobre la pared de horno del recipiente de horno (12), y/o
- valores característicos (M) como medida de la fragmentación del producto de fusión (20) en el volumen del relleno de horno, en especial en la región por debajo de los electrodos (13), y/o
- valores característicos (MM) como medida de la modificación de la parte de producto de fusión situada sobre la pared de horno,

caracterizado porque

45

- para la región de influencia térmica de cada arco eléctrico del electrodo (13) afectado se generan valores característicos locales.
- de los valores característicos locales se deducen picos de carga térmicos locales, existentes o previos, en las regiones de influencia de los arcos eléctricos,
 - en función de los valores característicos generados, se modifica en un primer orden la distribución de energía entre los arcos eléctricos electrodos durante el tiempo necesario, de tal modo que se debilitan los picos de carga térmica o se evita su aparición,
- en función de los valores característicos generados, se reduce durante el tiempo requerido y en un segundo orden la potencia térmica de los arcos eléctricos, mediante la reducción de la tensión secundaria de un transformador de horno (15) que alimenta los electrodos (13) y/o mediante la modificación de la reactancia de una reactancia suplementaria (16) conectada en serie a los electrodos (13), si el efecto conseguido mediante la modificación de primer orden de la distribución de energía no es suficiente o puede preverse que este efecto no va a ser suficiente, para anular o evitar los picos de carga térmica.
 - 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los valores característicos (SM) se generan para la radiación térmica que incide sobre la pared de horno, y estos se enlazan con un valor característico (E) para la energía específica aplicada desde la adición de la última carga de producto de fusión por unidad de masa de producto de fusión de la última carga.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque adicionalmente, para el margen de influencia térmico de cada electrodo se generan valores característicos locales (T) para la carga térmica sobre la pared de horno y/o valores característicos locales (G) para el gradiente de la carga térmica, y estos valores característicos (T, G) se enlazan con los valores característicos locales (SM) correspondientes para la magnitud de radiación térmica que incide sobre la pared de horno.
- 4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los valores característicos (SM) se generan para la radiación térmica que incide sobre la pared de horno y, adicionalmente, para el margen de influencia térmico de cada electrodo se generan valores característicos locales (T) para la carga térmica sobre la pared de horno y/o valores característicos locales (G) para el gradiente de una modificación de esa carga térmica, en donde estos valores característicos (T, G) se enlazan con los valores característicos locales (SM) correspondientes para la radiación térmica que incide sobre la pared de horno.
 - 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 ó 4, caracterizado porque mediante los valores característicos (T) generados para la carga térmica sobre la pared de horno y/o valores característicos (G) para el gradiente de una modificación de esta carga térmica se reduce la potencia térmica de los arcos eléctricos, mediante la activación de un transformador de horno y/o de una reactancia suplementaria, durante el tiempo en el que estos valores característicos estén situados por encima de un valor crítico para la pared de horno.
 - 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se generan los valores característicos (M) para la fragmentación del producto de fusión (20) en el volumen del relleno de horno, en especial en la región por debajo de los electrodos (13), y estos se enlazan con un valor característico (E) para la energía

específica aplicada por unidad másica de producto de fusión de la última carga desde la adición de la última carga de producto de fusión.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se generan los valores característicos (MM) como medida de la modificación de la parte de producto de fusión que hace contacto con la pared de horno, y estos se enlazan con un valor característico (E) para la energía específica aplicada por unidad másica de producto de fusión de la última carga desde la adición de la última carga de producto de fusión.

5

10

15

20

- 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque que la potencia térmica en el interior del recipiente de horno (12) se aumenta adicionalmente mediante reacciones químicas, con el uso de un quemador (17) y/o una lanza (18), en donde en función de los valores característicos generados se reduce la potencia térmica de las reacciones químicas, durante el tiempo necesario, mediante la reducción de la alimentación de combustible al quemador (17) y/o de oxígeno a la lanza (18).
- 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque se generan los valores característicos (SM) para la radiación térmica que incide sobre la pared de horno y/o los valores característicos (MM) como medida de la modificación de la parte de producto de fusión que hace contacto con la pared de horno, y estos se enlazan con un valor característico (E) para la energía específica aplicada por unidad másica de producto de fusión de la última carga desde la adición de la última carga de producto de fusión.
- 10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque adicionalmente, para el margen de influencia térmico de cada arco eléctrico se generan valores característicos locales (T) para la carga térmica sobre la pared de horno y/o valores característicos locales (G) para el gradiente de esta carga térmica, y estos valores característicos (T, G) se enlazan con los valores característicos locales (SM, MM) correspondientes conforme a la reivindicación 9.
- 11. Instalación de tratamiento de señales para un horno de arco eléctrico, con un código de programa legible por máquina, que presenta órdenes de control que autorizan a la instalación de tratamiento de datos a llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9.
- 12. Código de programa legible por máquina para una instalación de tratamiento de señales para un horno de arco eléctrico, en donde el código de programa presenta órdenes de control que autorizan a la instalación de tratamiento de datos a llevar a cabo el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9.
 - 13. Medio de archivo con un código de programa legible por máquina archivado en el mismo conforme a la reivindicación 12.

