

HORNO RESISTIVO DE COBRE EL CUAL UTILIZA UNA PELÍCULA DE ÓXIDO DE COBRE COMO AISLAMIENTO ELÉCTRICO

5

RESUMEN

La presente invención se relaciona con un horno resistivo de cobre el cual utiliza una película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico (1000), que se compone
10 de un cuerpo del horno construido de cobre en forma de tubo (100), el cual conduce el calor desde la superficie del horno (tubo) (100), hasta el interior de este; una película de óxido de cobre (200) que se crece sobre la superficie del horno (100), que funciona como aislante eléctrico entre la superficie del horno de cobre (100) y la resistencia eléctrica de calentamiento (300); una resistencia eléctrica (300), que
15 por efecto Joule al fluir corriente eléctrica disipa energía en forma de calor el cual es transferido por contacto a través de la película de óxido a la superficie de cobre (100); y cemento refractario (400) que se deposita sobre la resistencia eléctrica (300). La resistencia eléctrica (300) del horno (1000) es fabricada de alambre resistivo (Ferroníquel, OCr25Al5, entre otros) y se enrolla sobre la película de óxido
20 de cobre (200). Sobre la resistencia eléctrica (300) se deposita una fina capa de cemento (400) que sirve para inhibir el proceso de oxidación del alambre resistivo (300) y de la capa de óxidos (200).

El horno resistivo que incorpora una película de óxido de cobre como aislante eléctrico (1000), mejora el tiempo muerto de respuesta del sistema, los tiempos de
25 respuesta de calentamiento, la velocidad de calentamiento y la ganancia en temperatura.

HORNO RESISTIVO DE COBRE EL CUAL UTILIZA UNA PELÍCULA DE ÓXIDO DE COBRE COMO AISLAMIENTO ELÉCTRICO

OBJETO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se relaciona con un horno resistivo de cobre, que utiliza una película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico, de manera tal, que mejora el tiempo muerto de respuesta del sistema, los tiempos de respuesta de calentamiento, la velocidad de calentamiento y la ganancia en temperatura.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 La patente de Invención **ES 2.217.812**, titulada "*An electrochemical method for forming an inorganic covering layer on a surface of a copper material*", divulga un método electroquímico para producir una capa de recubrimiento, inorgánica, sobre una superficie de un elemento de aleación de cobre o a base de cobre, que comprende una oxidación anódica de dicho elemento, en que se pone dicha
- 15 superficie en un baño electrolítico formado por una solución acuosa, alcalina, en condiciones de procedimiento controladas de temperatura y densidad de corriente y durante un periodo de tiempo adecuado para formar una capa homogénea, continua, sobre dicha superficie, estando formada dicha capa de óxido de cobre (I), (óxido cuproso, Cu_2O), con un espesor de 0,100/ 0,400 μm ; caracterizado porque
- 20 dicha capa homogénea, continua, formada por óxido de cobre (I), tiene una estructura cristalina y un consiguiente color determinado por dichas condiciones de procedimiento controladas, por modificación de la densidad de corriente en dicho baño electrolítico alcalino, en el intervalo 0,5/ 20 A/dm^2 , llevándose a cabo dicha oxidación anódica a una densidad de corriente de 0,5/ 1 A/dm^2 , para formar una
- 25 capa que tenga un color pardo, a una densidad de corriente de 1,75/ 3 A/dm^2 , para formar una capa que tenga un color pardo oscuro, a una densidad de corriente de 10/ 15 A/dm^2 , para formar una capa que tenga un color negro intenso y un efecto de superficie aterciopelada y porque dicha oxidación anódica se lleva a cabo en un

baño que contiene sólo una única sal alcalina, en dicha solución acuosa, a una concentración de 1,25/ 11,25 moles/l de ión hidroxilo.

La patente de Invención **US 5.170.009** titulada *“Electrically conductive covers and electrically conductive covers of electronic equipment”*, enseña una cubierta conductora que tiene al menos dos cubiertas conectadas entre sí en sus superficies de conexión. Las cubiertas están provistas de continuidad eléctrica a través de una capa de revestimiento de electrodeposición conductora en las superficies de conexión. La cubierta conductora tiene excelentes propiedades de protección electromagnética y también es adecuada para una cubierta exterior.

- 10 La solicitud de patente **DE 10 2007 055 520**, titulada *“Electrical furnace has ceramic radiation heat and is made of galvanized steel sheet in different forms, where switching elements and regulation elements in furnace provide safety against overheating”*, divulga un horno eléctrico que tiene calor de radiación de cerámica y está hecho de chapa de acero galvanizado en diferentes formas. Las paredes interna y externa están recubiertas con cerámicas nanoflex (RTM: productos a escala nanométrica que son recubrimientos extremadamente resistentes a los rayos ultravioleta y estables) y láminas recubiertas de zinc. Los elementos de conmutación y los elementos de regulación en el horno proporcionan seguridad contra el sobrecalentamiento. Se proporciona una línea de cobre en la carcasa del horno. La carcasa del horno eléctrico está recubierta con cerámica de nanoflex que está enriquecida con dióxido de titanio y óxido de silicio.

- La solicitud de patente **GB 2 237 168**, titulada *“Infra-red radiation source for coal effect fire”*, enseña una fuente de radiación infrarroja que incluye un tubo transparente sellado. Un conductor eléctrico se extiende a través del tubo para que los extremos del conductor sean accesibles en los extremos del tubo. La superficie interna o externa del tubo está al menos parcialmente cubierta con una capa de un material absorbente de radiación infrarroja. En funcionamiento, la fuente se energiza a temperatura de calor rojo mediante el paso de una corriente eléctrica a través del conductor. En consecuencia, el tubo adquiere un aspecto quemado o parcialmente quemado en función del área de la superficie interna o externa del tubo que está

cubierta por la capa absorbente de radiación infrarroja. El tubo puede ser de cuarzo y el material absorbente es óxido de cobre, óxido de hierro o carburo de boro.

Sin embargo, ninguna de estas invenciones proporciona un horno resistivo que incorpora una película de óxido de cobre como aislante eléctrico, de manera que
5 mejore el tiempo muerto de respuesta del sistema, los tiempos de respuesta de calentamiento, la velocidad de calentamiento y la ganancia en temperatura, como el de la presente invención.

DESCRIPCIÓN GENERAL

En los sistemas de caracterización de materiales, comúnmente se utilizan pequeños
10 hornos que cumplen la función de calentamiento de pequeñas muestras de estudio. Los hornos resistivos tradicionales fabricados de cobre incorporan un recubrimiento como aislante eléctrico entre la resistencia eléctrica que transporta la corriente, la cual, por efecto Joule convierte la corriente eléctrica en calor, y la superficie de cobre del horno. Este recubrimiento está a menudo conformado por una resina o una capa
15 de cemento refractario (horno con recubrimiento convencional). Estos aislantes generan un problema de acople térmico entre la resistencia eléctrica de calentamiento y la superficie del cobre, que se evidencia en características como: el tiempo muerto de respuesta del calentamiento del horno muy largo ante una corriente de alimentación; tiempos de respuesta largos del proceso de
20 calentamiento una vez suministrada la corriente; velocidad de calentamiento lenta; baja ganancia en temperatura, es decir que la temperatura máxima que se puede obtener con una potencia fija suministrada podría ser aumentada y por último, tiempos extensos de enfriamiento del horno.

La presente invención busca resolver los anteriores problemas con una película de
25 óxido de cobre que se crece sobre la superficie de cobre del horno y que funciona como aislante eléctrico entre la resistencia eléctrica y la superficie de cobre, maximizando el acople térmico entre éstos y, por lo tanto, mejorando la eficiencia del horno.

El horno resistivo de cobre el cual utiliza una película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico (1000) de la presente invención, se compone de un cuerpo del horno construido de cobre en forma de tubo (100), el cual conduce el calor desde la superficie del horno (tubo) (100), hasta el interior de este; una película de óxido de cobre (200) que se crece sobre la superficie del horno (100), que funciona como aislante eléctrico entre la superficie del horno de cobre (100) y la resistencia eléctrica de calentamiento (300); una resistencia eléctrica (300), que por efecto Joule al fluir corriente eléctrica disipa energía en forma de calor el cual es transferido por contacto a través de la película de óxido a la superficie de cobre (100); y cemento refractario (400) que se deposita sobre la resistencia eléctrica (300). La película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico puede crecer en cualquier material de cobre de cualquier geometría y tamaño. La resistencia eléctrica (300) del horno (1000) es fabricada de alambre resistivo (Ferroníquel, OCr25Al5, entre otros) y se enrolla sobre la película de óxido de cobre (200). Sobre la resistencia eléctrica (300) se deposita una fina capa de cemento (400) que sirve para inhibir el proceso de oxidación del alambre resistivo (300) y de la capa de óxidos (200).

El horno resistivo que incorpora una película de óxido de cobre como aislante eléctrico (1000), mejora el tiempo muerto de respuesta del sistema, los tiempos de respuesta de calentamiento, la velocidad de calentamiento y la ganancia en temperatura.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura No. 1. Muestra el tubo de cobre (100) como una muestra de cobre pulida a partir del uso de lijas abrasivas.

Figura No. 2. Muestra el tubo de cobre (100) con un recubrimiento de óxido de cobre (200).

Figura No. 3. Muestra el enrollamiento de la resistencia eléctrica de alambre resistivo (300) sobre la superficie de la película aislante de óxido de cobre (200).

Figura No. 4. Muestra el horno resistivo (1000) construido incluida la capa cerámica refractaria (400).

Figura No. 5. Muestra la caracterización horno resistivo. A) Variación de la temperatura con el tiempo en el interior del horno. B) Variación de la resistencia eléctrica con el tiempo en el alambre calentador.

5 **Figura No. 6.** Muestra gráficamente el proceso de fabricación del horno con recubrimiento de óxido (1000) vs el horno con recubrimiento convencional (900).

Figura No. 7. Muestra la temperatura como función del tiempo para ambos hornos (1000) y (900).

Figura No. 8. Muestra el tiempo de respuesta del horno fabricado con recubrimiento de óxido (1000).

10 **Figura No. 9.** Muestra el tiempo de respuesta del horno fabricado con recubrimiento convencional (900).

Figura No. 10. Muestra el plano del prototipo de horno (1000).

Figura No. 11. Muestra el recubrimiento con la resistencia eléctrica (300).

Figura No. 12. Muestra el recubrimiento de película de cemento refractario (400).

15 **Figura No. 13.** Muestra los planos del prototipo opcional del horno (1000).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El horno resistivo de cobre el cual utiliza una película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico (1000) de la presente invención se compone de un cuerpo del horno construido de cobre en forma de tubo (100); una película de óxido de cobre
20 (200) que se crece sobre la superficie del horno (100); una resistencia eléctrica (300); y cemento refractario (400) que se deposita sobre la resistencia eléctrica (300).

En laboratorio, para el cuerpo del horno construido de cobre en forma de tubo (100) se utilizaron tubos cilíndricos comerciales de cobre de 3/16" (4.7625 mm) de
25 diámetro que cumplen la norma ASTM B 280. Se cortaron muestras de una longitud de 7 cm. Las muestras se sometieron a un pulido en un torno de volteo, utilizando como material abrasivo lijas de diferente tamaño de grano 2000, 2500 y 3000 y

lavando la superficie con agua regia. En la Figura No. 1 se observa una muestra de cobre después de realizar el pulido mecánico.

En la Figura No. 2 se puede observar una fina película aislante basada en óxido de cobre (200) depositada sobre la superficie del tubo de cobre pulido (100).

- 5 Después de obtener la película de óxido de cobre (200) crecida sobre el tubo de cobre (100), se procede a enrollar la resistencia eléctrica de alambre resistivo (300) que actuará como calentador por efecto Joule de la superficie del tubo (100), cuando por ésta fluya una corriente eléctrica, como se observa en la Figura No. 3.

- 10 Luego de enrollar la resistencia eléctrica de alambre resistivo (300) sobre la superficie de la película aislante de óxido de cobre (200), se deposita una capa de cemento refractario (400) (ver figura No. 4), que cubre tanto la resistencia (300) como la superficie del óxido de cobre (200), con el objetivo de detener el proceso de oxidación sobre la superficie de cobre en los futuros calentamientos del horno, y así proteger la película de aislamiento eléctrico (200) entre la resistencia (300) y la
15 superficie de cobre (100).

- Después de construido el horno (1000) se procedió a realizar su caracterización térmica y eléctrica y a poner a prueba su funcionamiento. Para ello, se realizaron varios calentamientos, con diferentes voltajes de alimentación. Los resultados de dichas pruebas se observan en la Figura No. 5. De acuerdo con estos resultados,
20 el horno alcanzó temperaturas superiores a 300°C y en general, la resistencia eléctrica no tuvo variaciones significativas en las diferentes pruebas de calentamiento, como se puede observar en la Figura No. 5. Este comportamiento evidencia la efectividad de la película de óxido como aislante. El valor de la resistencia del horno es de 25 Ω y las fluctuaciones son de aproximadamente ± 1.3
25 Ω .

La temperatura se midió en la región central del horno (dentro de la región de temperatura constante), es importante recordar que el cuerpo de cobre del horno es un tubo cilíndrico de aproximadamente 1/8" (3.175 mm) de diámetro interno.

Para estudiar la eficiencia del horno que se construyó en laboratorio, se realizó una comparación entre el horno con recubrimiento convencional y el horno basado en superficies de cobre oxidadas de la presente invención. Para ello, se midieron variables como temperatura alcanzada por los hornos cuando son alimentados por la misma potencia, la potencia disipada por la resistencia de calentamiento en cada uno de los prototipos y el tiempo de respuesta de cada uno los prototipos de horno. El tiempo de respuesta del horno es una variable que indica qué tanto se tarda el horno en reaccionar o modificar su temperatura cuando una determinada potencia eléctrica es suministrada a la resistencia de calentamiento. Normalmente, es la respuesta a pequeñas variaciones en la potencia suministrada lo que interesa, pues esta respuesta determina la precisión del control de temperatura dispuesto.

Con el objetivo de realizar la comparación entre las propiedades o cualidades de los hornos con recubrimiento convencional (900) respecto a las del horno de la presente invención basado en superficies de cobre oxidado (1000), se construyeron los dos prototipos de horno que se observan en la Figura No. 6. Se procuró que los hornos fuesen semejantes en todos los aspectos, excepto en el aislamiento que separa la superficie de cobre de la resistencia eléctrica. La resistencia eléctrica de ambos hornos es de aproximadamente $22\ \Omega$. Uno de los prototipos de horno fue cubierto con una fina capa de cemento refractario, la cual garantiza buen aislamiento eléctrico y excelente acople térmico. La resistencia de alambre resistivo empleado como calentador eléctrico para la fabricación de los dos hornos fue seleccionada de igual valor para ambos hornos como se mencionó anteriormente. El tamaño, el material y la composición química del cobre utilizado en la construcción de los dos hornos fueron iguales.

Después de contruidos los hornos, se procedió a realizar pruebas en lazo abierto y a verificar su comportamiento. El voltaje de alimentación fue de 8.95 V. La resistencia eléctrica de ambos hornos, como se mencionó anteriormente, es de $22\ \Omega$.

En la Figura No. 7 se observa como el horno con recubrimiento de óxido (1000), de la presente invención, presentó una mayor ganancia en temperatura que el horno

tradicional (900) para iguales voltajes y corrientes de alimentación en varias pruebas. Esto demuestra que el horno con una superficie oxidada de cobre (1000), de la presente invención, es más eficiente. Con la misma potencia suministrada, el horno con recubrimiento de óxido (1000) alcanzó una temperatura promedio de 105 °C, mientras el horno con recubrimiento convencional (900) alcanzó una temperatura promedio de 92 °C.

En la Figura No. 8 se muestra el comportamiento de la temperatura medida en el interior del horno fabricado con recubrimiento de óxido de cobre (1000), como función del tiempo. Se puede observar en la gráfica, que la temperatura empieza a cambiar en el interior del horno 4 segundos después de que la resistencia eléctrica ha sido alimentada con una potencia de 3.60 W.

En la Figura No. 9 se muestra el comportamiento de la temperatura medida en el interior del horno fabricado con recubrimiento convencional cerámico (900), como función del tiempo. Se puede observar en la gráfica, que la temperatura empieza a cambiar en el interior del horno 6.28 segundos después de que la resistencia eléctrica ha sido alimentada con una potencia de aproximadamente 3.60 W.

De tal manera, se puede concluir a partir de los resultados de la Figura No. 7 que el horno fabricado con recubrimiento de óxido de cobre (1000) de la presente invención, puede alcanzar una temperatura un 12.4 % más alta con la misma potencia suministrada que el horno que utiliza recubrimiento convencional (900).

Asimismo, a partir de los resultados de las Figuras No.8 y No.9 se concluye que el horno fabricado con recubrimiento de óxido de cobre (1000) de la presente invención, alcanza un tiempo de respuesta un 36.3 % más rápido con la misma potencia suministrada que el horno que utiliza recubrimiento convencional (900).

En las Figuras No.10 a No.12 se ilustra de manera más detallada el proceso de construcción del horno (1000). El cuerpo del horno construido de cobre en forma de tubo (100) tiene un diámetro interno (a) de entre 2 a 5 mm, preferiblemente 3 mm y un diámetro externo (b) de entre 3 a 7 mm, preferiblemente 5 mm, una longitud (c) de entre 5 y 9 mm, preferiblemente 7 mm. La película de óxido de cobre (200) que

se crece sobre la superficie del horno (100) tiene una composición Cu_2O como fase predominante más otros óxidos y cuenta con un espesor de aproximadamente 1μ . La resistencia eléctrica (300) tiene un valor aproximado de $22\ \Omega$ y su composición es OCr25Al5. El espesor del cemento refractario (400) que se deposita sobre la
 5 resistencia eléctrica (300) es de aproximadamente 1 mm.

Una configuración opcional de la presente invención se ilustra en la Figura No. 13, que consiste en un cuerpo de cobre (100A) que tiene forma de tambor, donde dicho cuerpo de cobre (100A) el cual se observa que en su vista superior cuenta con ocho agujeros superiores de radio (f) entre 1 mm y 3 mm, preferiblemente 1.55 mm,
 10 asimismo tiene un radio (g), al igual que la distancia (e) están entre 4 y 8 mm, preferiblemente 6 mm, igualmente tiene un diámetro (h) que está entre 5 mm y 9 mm, preferiblemente 7 mm. En la vista de corte de la sección A-A del cuerpo (100A), su longitud (j) está entre 20 mm y 24 mm, preferiblemente 22 mm, asimismo su longitud (k) está entre 15 mm y 19 mm, preferiblemente 17 mm, igualmente su
 15 longitud (l) está entre 11 mm y 15 mm, preferiblemente 13 mm, también su longitud (m) está entre 18 mm y 22 mm, preferiblemente 20 mm, de la misma forma su longitud (n) está entre 19 mm y 23 mm, preferiblemente 21 mm. El cuerpo (100A) también cuenta con la distancia (i) que oscila entre 0.4 mm a 0.8 mm, preferiblemente 0.61 mm, asimismo su longitud (o) está entre 1 mm y 3 mm,
 20 preferiblemente 2 mm, asimismo su diámetro (p) está entre 5 mm y 9 mm, preferiblemente 7 mm, igualmente su diámetro (p) está entre 2 mm y 4 mm, preferiblemente 3.10 mm, a la par su diámetro exterior (r) está entre 20 mm y 23 mm, preferiblemente 21.24 mm. En la vista inferior del cuerpo (100A), su longitud (s) está entre 10 mm y 14 mm, preferiblemente 12 mm, asimismo su diámetro (t)
 25 está entre 20 mm y 23 mm, preferiblemente 21.24 mm, igualmente su diámetro (u) está entre 5 mm y 9 mm, preferiblemente 7 mm y por último su diámetro (v) está entre 2 mm y 5 mm, preferiblemente 3.10 mm.

REIVINDICACIONES

1. El horno resistivo de cobre el cual utiliza una película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico (1000) **caracterizado porque** comprende:

5

- Un cuerpo construido de cobre en forma de tubo (100) que tiene un diámetro interno (a) de entre 2 a 5 mm, preferiblemente 3 mm y un diámetro externo (b) de entre 3 a 7 mm, preferiblemente 5 mm, una longitud (c) de entre 5 y 9 mm, preferiblemente 7 mm;

10

- Una película de óxido de cobre (200) que se crece sobre la superficie del cuerpo (100), el cual tiene una composición Cu_2O como fase predominante más otros óxidos y cuenta con un espesor de aproximadamente 1μ ;

15

- Una resistencia eléctrica (300) que tiene un valor aproximado de $22\ \Omega$ y su composición es alambre resistivo de ferroníquel, OCr25Al5 entre otros, preferiblemente de OCr25Al5, igualmente dicha resistencia eléctrica (300) que por efecto Joule al fluir corriente eléctrica disipa energía en forma de calor el cual es transferido por contacto a través de la película de óxido (200) a la superficie de cobre (100); La resistencia eléctrica (300) del horno (1000) se enrolla sobre la película de óxido de cobre (200);

20

25

- Cemento refractario (400) que se deposita sobre la resistencia eléctrica (300). El espesor del cemento refractario (400) que se deposita sobre la resistencia eléctrica (300) es de aproximadamente 1 mm. Sobre la resistencia eléctrica (300) se deposita una fina capa de cemento (400) que sirve para inhibir el proceso de oxidación del alambre de resistivo (300) y de la capa de óxidos (200).

30

2. El horno resistivo de cobre el cual utiliza una película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico (1000) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende un cuerpo de cobre (100A) que tiene forma de tambor, donde dicho cuerpo de cobre (100A) cuenta con: ocho agujeros superiores de radio (f) entre 1 mm y 3 mm, preferiblemente 1.55 mm, un radio (g) que al igual que la distancia (e) están entre 4 mm y 8 mm, preferiblemente 6 mm, igualmente tiene un diámetro (h) que está entre 5 mm y 9 mm, preferiblemente 7 mm, una longitud (j) que está entre 20 mm y 24 mm, preferiblemente 22 mm, una longitud (k) que está entre 15 mm y 19 mm, preferiblemente 17 mm, una longitud (l) que está entre 11 mm y 15 mm, preferiblemente 13 mm, también una longitud (m) que está entre 18 mm y 22 mm, preferiblemente 20 mm, de la misma forma una longitud (n) que está entre 19 mm y 23 mm, preferiblemente 21 mm, una distancia (i) que oscila entre 0.4 mm a 0.8 mm, preferiblemente 0.61 mm, asimismo una longitud (o) que está entre 1 mm y 3 mm, preferiblemente 2 mm, un diámetro (p) que está entre 5 mm y 9 mm, preferiblemente 7 mm, un diámetro (p) que está entre 2 mm y 4 mm, preferiblemente 3.10 mm, un diámetro exterior (r) que está entre 20 mm y 23 mm, preferiblemente 21.24 mm, una longitud (s) que está entre 10 mm y 14 mm, preferiblemente 12 mm, un diámetro (t) que está entre 20 mm y 23 mm, preferiblemente 21.24 mm, un diámetro (u) que está entre 5 mm y 9 mm, preferiblemente 7 mm y por último un diámetro (v) está entre 2 mm y 5 mm, preferiblemente 3.10 mm.
3. El horno resistivo de cobre el cual utiliza una película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico (1000) según la reivindicación No.1, **caracterizado porque** el cuerpo del horno (1000) está construido de cobre en forma de tubo (100).
4. El horno resistivo de cobre el cual utiliza una película de óxido de cobre como aislamiento eléctrico (1000) según las reivindicaciones No.1 y No.2,

caracterizado porque el cuerpo del horno (1000) está construido de cobre en forma de cuerpo (100A) que tiene forma de tambor.