



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 297 702**

(51) Int. Cl.:
H01M 8/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **05737956 .2**

(86) Fecha de presentación : **16.03.2005**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1738428**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **03.01.2007**

(54) Título: **Elemento compuesto electroconductor de acero y cerámica así como su preparación.**

(30) Prioridad: **20.03.2004 DE 10 2004 013 791**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

(73) Titular/es: **Forschungszentrum Jülich GmbH
Wilhelm-Johnen-Strasse
52425 Jülich, DE
Topsøe Fuel Cell A/S y
Energieonderzoek Centrum Nederland**

(72) Inventor/es: **Laatsch, Joachim;
Tietz, Frank;
Christiansen, Niels;
Gordes, Petru;
Rietveld, Gijsbertus y
Dekker, Nicolaas Jacobus Joseph**

(74) Agente: **González Palmero, Fe**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Elemento compuesto electroconductor de acero y cerámica así como su preparación.

5 La invención se refiere a un elemento compuesto electroconductor de acero y cerámica que se puede usar ventajosamente en una celda de combustible de alta temperatura y que es capaz de formar en ella en particular la conexión entre un interconector y un cátodo. La invención se refiere asimismo a un procedimiento de preparación para un elemento compuesto de este tipo.

10 Estado de la técnica

Las celdas de combustible de alta temperatura se desarrollan para temperaturas de servicio de 650°C a 1.000°C. Dependiendo del objetivo con el que se desarrollan se usan diferentes materiales adecuados para la temperatura de servicio pretendida. El elemento compuesto formado por ánodo, electrolito y cátodo se denomina celda individual. El
15 interconector es un elemento de construcción conector que une diferentes celdas de combustible entre sí. Un interconector presenta típicamente puentes para la conducción de corriente y canales para combustible. Entre un interconector y un electrodo de una celda individual se dispone generalmente una capa de conexión. El material del interconector y de los electrodos, así como el material de la capa de conexión, generalmente se adaptan entre sí para mantener las interacciones químicas lo más reducidas posible.

Así, por ejemplo, las celdas de combustible que funcionan a 1.000°C se componen con frecuencia de una capa de electrolito de aproximadamente 200 μm de grosor formada por óxido de circonio estabilizado con óxido de itrio sobre la cual se aplican los electrodos con un grosor de aproximadamente 50 μm . Como material para el cátodo se conoce manganita de lantano y como material para el ánodo, una mezcla de Ni e YSZ. Para la construcción de una pila de
25 celdas se usan como interconectores, por ejemplo, placas cerámicas termorresistentes de cromita de lantano, como se conoce por [1]. En esta referencia se describe que las celdas se unen y se sellan entre sí mediante un proceso de soldadura, es decir, mediante un tratamiento térmico entre aproximadamente 1.200 y 1.300°C. Para ello generalmente se aplican entre los electrodos y los interconectores pastas cerámicas que se endurecen durante el tratamiento térmico y se unen firmemente a los componentes de las celdas de combustible vecinales mediante procesos de difusión (sinterización). Para evitar en la medida de lo posible la interacción química entre los componentes se usan generalmente
30 materiales químicamente similares y compatibles entre sí. Así, por ejemplo, para la soldadura entre el cátodo y el interconector se puede usar una pasta formada por el material del cátodo manganita de lantano o por el material del interconector cromita de lantano.

Para temperaturas de servicio más bajas (alrededor de 800°C) se desarrollaron otros sistemas de celdas de combustible en los que es posible obtener el mismo rendimiento de las celdas a baja temperatura reduciendo la resistencia eléctrica del electrolito [2]. Gracias a las temperaturas de servicio más bajas se puede usar al mismo tiempo un interconector de acero ferrítico bastante más económico, como el que se conoce, por ejemplo, por el documento DE 10025108 A1.

El problema de este sistema de celdas de combustible es que es absolutamente necesario evitar temperaturas de soldadura superiores a 900°C para no dañar los interconectores metálicos. Por otra parte, los materiales usados hasta ahora para una capa de conexión de manganita de lantano o de cobaltita de lantano presentan una baja actividad de sinterización a temperaturas de 900°C o menores, es decir, que los procesos de difusión necesarios son demasiado débiles como para que se genere un buen contacto eléctrico permanente.

Así pues, en el pasado se consideraban adecuados los sistemas compuestos de aleaciones más termorresistentes basadas en cromo y los materiales catódicos de una celda de combustible de cerámica oxidada que se preparaban y ensayaban a temperaturas de 900 a 1.000°C (véase [3]). Estudios adicionales han demostrado que en combinación con aceros ferríticos que presentan un contenido en cromo de 20 a 24% así como, en particular, pequeñas cantidades, inferiores a 2%, de manganeso la interacción química es mínima cuando también se usa una cerámica con contenido en manganeso para el material de la capa de conexión. Ésta incluye en especial los materiales conocidos como materiales catódicos basados en (La, Sr) (Mn, Co)O₃ (véase el documento DE 19702619 C1), que, sin embargo, resultaron poco atractivos como materiales de conexión debido a los mayores valores de resistencia que se obtenían en combinación con metales ferríticos.

Larring y T. Norby han demostrado que las resistencias de transición mínimas ($R_0 < 0,01 \Omega\text{cm}^2$) se obtienen con materiales cerámicos de cobaltita de lantano (La_{1-x}Sr_xCoO₃ con $0 < x < 0,2$ como capa de conexión. Si se toma una resistencia interna en función de la superficie habitual hoy en día de 0,3 a 0,5 Ωcm^2 para una celda de combustible, una pérdida de tensión de 0,01 Ωcm^2 en la superficie límite entre el interconector y el cátodo equivale a entre aproximadamente 2 y 3% de la resistencia total. Sin embargo, otras combinaciones de materiales mostraban resistencias que, desventajosamente, eran 2 a 100 veces mayores y, por lo tanto, afectaban demasiado a la resistencia en función de la superficie de una celda de combustible.

El inconveniente de los compuestos cerámicos conocidos hasta ahora también reside en que las capas formadas por las pastas cerámicas son sistemáticamente muy porosas, por lo que no son capaces de evitar la corrosión del acero por el aire que atraviesa el espacio del cátodo.

Esto es especialmente importante porque por R. Ruckdäschel, R. Henne, G. Schiller, H. Greiner, en: Proc. 5th Int. Symp. Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-V), editores: U. Stimming, S.C. Singhal, H. Tagawa, W. Lehnert, The Electrochemical Society, Pennington, NJ, 1997, pág. 1273, se sabe que una capa cerámica anticorrosiva debe ser hermética para evitar también una eventual contaminación del cátodo con cromo procedente del acero.

J.H. Kim y col., Journal of Power Sources, 122, págs. 138-143, 2003, dan a conocer un procedimiento para el revestimiento de un interconector de FeCrAlloy.

Objetivo y solución

El objetivo de la invención consiste en conseguir una capa cerámica para el uso en una celda de combustible que sea capaz de generar a temperaturas inferiores a 900°C una capa de conexión electroconductora y fuertemente adherente entre un electrodo y un interconector de esta celda de combustible y presente una resistencia de transición eléctrica R_0 inferior a 0,01. Ωcm^2 .

El objetivo de la invención es asimismo crear un procedimiento de preparación para una capa de conexión de este tipo. También es objetivo de la invención proporcionar una celda de combustible y/o una pila de celdas de combustible para el funcionamiento a bajas temperaturas de servicio en la que exista una conexión conductora y fuertemente adherente entre un electrodo y un interconector, especialmente de acero ferrítico, y la resistencia de transición entre el electrodo y el acero sea tan baja y estable que prácticamente no influya en el servicio prolongado.

Los objetivos de la invención se alcanzan mediante un procedimiento de preparación con las características de la reivindicación 1. El objetivo se alcanza asimismo mediante un elemento compuesto de acero y cerámica con las características de la reivindicación secundaria. El objetivo se alcanza además mediante el uso de este elemento compuesto de acero y cerámica de acuerdo con otra reivindicación secundaria.

Las formas de realización ventajosas del procedimiento de preparación, del elemento compuesto de acero y cerámica, así como de su uso se desprenden de las reivindicaciones que hacen referencia a ellos respectivamente.

Objeto de la invención

El elemento compuesto de acero y cerámica de acuerdo con la invención consta de un interconector de acero y una capa de conexión cerámica dispuesta sobre él. Con la ayuda de esta capa de conexión cerámica entre el acero y la cerámica se pueden unir un electrodo y un interconector de una celda de combustible, presentando la capa de conexión una composición igual o similar a la del electrodo.

El interconector del elemento compuesto de acero y cerámica de acuerdo con la invención consta ventajosamente de un acero, especialmente de un acero ferrítico, como el que se describe, por ejemplo, en el documento DE 10025108 A1. En él se dan a conocer aceros que contienen una aleación que forma óxido de cromo con 12 a 28% en peso de cromo, 0,1 a 0,4% en peso de al menos un elemento afín a oxígeno del grupo (Y, Ce, Zr, Hf y La), 0,2 a 1% en peso de Mn, 0,1 a 0,4% en peso de Ti, así como hasta 2% en peso de otro elemento más del grupo (Hf, Sr, Ca y Zr) que aumenta la conductividad eléctrica de los óxidos basados en Cr. A temperaturas de 700 a 950°C estos materiales forman sistemáticamente una fase de espinela de MnCr_2O_4 en la superficie límite óxido/gas.

Estos aceros opcionalmente también pueden presentar entre 0,1 y 0,4% en peso de un elemento adicional del grupo (Hf, Sr, Ca y Zr), así como hasta 0,5% en peso de Si y/o aluminio. Han resultado especialmente ventajosos los aceros antes mencionados con un contenido en cromo de 18 a 24% en peso.

El elemento compuesto de acero y cerámica de acuerdo con la invención presenta además una capa de conexión cerámica. Como materiales adecuados para una capa de conexión de este tipo son de mencionar en especial perovskitas con una composición de acuerdo con la fórmula $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$ o $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$, con $0,1 \leq x \leq 0,4$, $0,1 \leq y \leq 0,6$, $0 \leq \delta \leq x/2$ y Ln = La-Lu.

Se ha observado que estos materiales presentan una conductividad eléctrica de 60 a 600 S/cm y forman capas muy adherentes sobre un interconector y/o un electrodo ya a temperaturas de 700°C a 900°C. El valor de 60 S/cm se alcanza con compuestos en los que $x, y = 0,1$, mientras que el valor superior se obtiene para compuestos con $x = 0,4$; $y = 0,6$.

Esta capa de conexión cerámica en el elemento compuesto permite usar ventajosamente acero ferrítico como material para el interconector en sistemas de celdas de combustible que funcionan a temperaturas de servicio inferiores a 900°C. Este acero ferrítico ventajosamente es mucho más económico que los materiales necesarios actualmente para el uso a altas temperaturas, como, por ejemplo, las aleaciones basadas en cromo.

Estas propiedades mencionadas se pueden obtener en especial mediante el procedimiento de preparación de acuerdo con la invención para el elemento compuesto de acero y cerámica. Para ello se prepara primero un polvo con la composición de la capa de conexión cerámica. Este polvo se expone durante la preparación a un tratamiento térmico de como máximo 500 a 700°C. Este paso de procedimiento permite por una parte que se desprendan los componentes

volátiles necesarios para la preparación del polvo. Los polvos tratados de esta manera muestran además ventajosamente la característica de que, cuando se aplican sobre el interconector ferrítico, presentan en el proceso de soldadura siguiente a alrededor de 800 a 900°C muy buenas propiedades de adherencia claramente superiores a las propiedades de adherencia conocidas, como las de la combinación de un interconector basado en una aleación de cromo y una capa de conexión del material catódico de una SOFC. Además, modificando la elaboración del polvo, se pudieron preparar a continuación del procedimiento de preparación conocido de pirólisis de aerosol polvos cerámicos que poseen una capacidad de sinterización suficiente entre 700 y 900°C y que ya no presentan el inconveniente antes mencionado (véase a este respecto [4]).

El polvo mismo se aplica sobre el interconector en forma de una suspensión o pasta. Los procedimientos adecuados para ello, como, por ejemplo, la proyección de polvo o el rasquetado o la aplicación con rodillos, son conocidos en el estado de la técnica. Los, grosores de capa adecuados para la suspensión o la pasta aplicada se encuentran en el intervalo de 20 a 100 μm .

En el procedimiento de preparación del elemento compuesto de acero y cerámica de acuerdo con la invención ventajosamente también se puede incluir directamente un electrodo. Esto significa que la suspensión o la pasta que presenta la perovskita para la capa de conexión se dispone entre el interconector y el electrodo. El interconector, el electrodo y la suspensión o pasta dispuesta entre ellos se pueden soldar conjuntamente a temperaturas de 700 a 900°C.

Ventajosamente, el material para esta capa de conexión cerámica electroconductora entre el interconector y el cátodo se puede aprovechar para compensar adicionalmente las tolerancias de fabricación.

En el marco de esta invención se ha podido superar además el problema de los altos valores de la resistencia de transición que se obtienen en combinación con otros metales (ferríticos), pues las capas de unión así preparadas presentan siempre en combinación con un interconector ferrítico una resistencia de transición muy reducida, inferior a $R = 0,01 \Omega\text{cm}^2$, que tampoco muestra alteraciones notables en el funcionamiento prolongado de una celda de combustible (ΔR inferior a $0,005 \Omega \text{ cm}^2$ por 1.000 horas de servicio). Esto se debe a la muy fina capa de corrosión que se forma en el caso de las combinaciones de materiales de acuerdo con la invención en la superficie límite entre el interconector y la capa de conexión cerámica. Sólo se observó una cinética de crecimiento muy reducida en la capa de corrosión. Así, incluso después de un servicio de varios cientos de horas en una celda de combustible de alta temperatura a una temperatura de servicio de aproximadamente 750°C sólo se pudo detectar una capa de corrosión de 0,1 a 2 μm de grosor.

Parte descriptiva especial

A continuación se explica con más detalle la invención mediante dos figuras y un ejemplo de realización para la preparación de una capa de conexión de acuerdo con la invención sin pretender limitar de este modo el objeto de la invención.

Muestran:

la figura 1: Mediciones de la resistencia de contacto en los elementos compuestos de acero y cerámica de acuerdo con la invención a 750°C. Las curvas muestran el progreso para las combinaciones de materiales:

1: Acero Fe 22Cr Mn y cerámica $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Mn}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{3-\delta}$,

2: Acero Fe 22Cr Mn y cerámica $\text{Y}_{0,3}\text{Ca}_{0,7}\text{MnO}_{3-\delta}$,

3: Acero Fe 23Cr Mn y cerámica $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{CoO}_{3-\delta}$,

4: Acero Fe 23Cr Mn y cerámica $\text{Y}_{0,3}\text{Ca}_{0,7}\text{MnO}_{3-\delta}$

la figura 2: Sección transversal de un elemento compuesto de Fe 22Cr Mn y $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Mn}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{3-\delta}$ de acuerdo con la invención después de 1.000 horas de ensayo a 750°C.

arriba: acero, abajo: cerámica. La zona de reacción, de color gris oscuro, entre el acero y la cerámica presenta un grosor de aproximadamente 1 a 1,5 μm .

El objeto de la invención es un elemento compuesto de acero y cerámica que presenta una alta conductividad eléctrica para un contacto eléctrico entre el cátodo y el interconector (en este caso un acero ferrítico) y forma capas con una buena adherencia ya a temperaturas de 700 a 900°C. Los materiales cerámicos usados para el elemento compuesto de acero y cerámica de acuerdo con la invención son conocidos como materiales catódicos para la celda de combustible de cerámica oxidada y constan de perovskitas de (La, Sr) (Mn, Co) $\text{O}_{3-\delta}$.

Las capas formadas por estos materiales son moldeables a las temperaturas indicadas y pueden reducir tensiones internas durante el ensamblaje mediante la disposición geométrica de la pila de celdas, una fuerza aplicada desde el exterior.

ES 2 297 702 T3

Como ejemplo se expone aquí el modo de proceder para la composición $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Mn}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{3-\delta}$:

- A partir de las sales nitrato y acetato correspondientes y agua según [4] se prepara un polvo bruto que después de la pirólisis de aerosol es todavía predominantemente amorfo y contiene componentes volátiles.
- Para expulsar estos componentes volátiles se somete el polvo a un tratamiento térmico que, sin embargo, todavía no desencadena los procesos de sinterización. Las temperaturas para el tratamiento del polvo se encuentran típicamente entre 500 y 700°C. Los componentes volátiles se expulsan en un plazo de unas pocas horas.
- Se mezclan 100 g del polvo con un tamaño medio de grano de 0,3 a 1,5 μm con 100 a 300 g de una solución etanólica y a continuación se homogeneizan en un banco de rodillos hasta generarse una suspensión estable. Para la estabilización de la suspensión se usan entre 1 y 8 g de dispersante, por ejemplo Dolapix ET85, Dolapix PC33, Hypermer KD2, Hypermer KD6, Hypermer KD7, o BYK 9077, y entre 1 y 10 g de aglutinante, por ejemplo poli(acetato de vinilo), metil- y/o etilcelulosas o poli(alcoholes vinílicos).
- Esta suspensión se aplica sobre las placas del interconector de acero ferrítico mediante una técnica de pulverización, en este caso por proyección de polvo húmedo, lográndose de este modo un revestimiento completo tanto de los puentes de conducción como de los canales de gas. El grosor de la capa debe ascender a entre aproximadamente 20 y 100 μm después del revestimiento.
- Después de secar la capa, se ensambla una pila de celdas de combustible alternando las placas del interconector rociadas con las celdas de combustible revestidas por el borde con vidrio para soldadura.
- Una vez colocado en una caja metálica con un dispositivo de alimentación de gas, este módulo se calienta durante 2 a 5 horas a entre 800 y 900°C, preferentemente a 850°C, y después está listo para el uso.

En la descripción de las figuras se usan las siguientes abreviaturas:

Acero Fe 22Cr Mn = (JS3),

acero Fe 23Cr Mn = (ZMG232),

cerámica $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Mn}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{3-\delta}$ = (LSMC) y

cerámica $\text{Y}_{0,3}\text{Ca}_{0,7}\text{MnO}_{3-\delta}$ = (YCM).

En la figura 1 se representa el resultado de un elemento compuesto de acero y cerámica (1) de este tipo, es decir, de un elemento compuesto de Fe 22Cr Mn- $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Mn}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{3-\delta}$. Este elemento compuesto muestra al comienzo de la medición una resistencia muy baja de $R_0 = 0,008 \Omega\text{cm}^2$. Durante todo el tiempo de medición la resistencia sólo difiere en $0,002 \Omega\text{cm}^2/1.000 \text{ h}$ y, por lo tanto, es extraordinariamente estable.

La comparación con $\text{Y}_{0,3}\text{Ca}_{0,7}\text{MnO}_{3-\delta}$ y el acero ZMG232 (2) en la figura 1 muestra que tanto la cerámica como el acero ejercen una influencia considerable sobre la resistencia, siendo la composición del acero sólo ligeramente diferente (componentes principales). Los datos en la siguiente tabla se indican en % en peso.

	Fe	Cr	Si	Mn	Ni	Al	N
ZMG23 2	74,3	22,0	0,43	0,51	1,3	0,24	0,004
JS3	75,2	22,9	0,14	0,55	0,95	0,17	0,013

Cabe señalar como causas de las bajas resistencias que

- la zona de reacción entre el acero Fe 22Cr Mn y la cerámica $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Mn}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{3-\delta}$ es de tan sólo aproximadamente 0,5 μm después de un tiempo de ensayo de 500 horas a 750°C y de tan sólo aproximadamente 1 a 1,5 μm después de un tiempo de ensayo de 1.000 horas (véase la figura 2) y que
- en la zona de reacción no se observan enriquecimientos de SiO_2 dado que el contenido en Si es menor.

Bibliografía citada en la solicitud

- [1] D. **Stolten**, en: *Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde*, ed.: G. Ziegler, DGM Informationsgesellschaft-Verlag, 1996, pág. 283
- [2] H.P. **Buchkremer**, U. **Diekmann**, L.G.J. de **Haart**, H. **Kabs**, U. **Stimming**, D. **Stöver**, en: Proc. 5th Int. Symp. Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-V), ed.: U. Stimming, S.C. Singhal, H. Tagawa, W. T. ~~ehnprt~~, *The Electrochemical Society*, Pennington, NJ, 1997, pág. 160
- [3] Y. **Larring** y T. **Norby**, *J. Electrochem. Soc.* 147 (2000) 3251-3256
- [4] N. **Christiansen** y P. **Gordes**, Powder Synthesis and Tape Casting of Strontium Doped Lanthanum Manganites for SOFC Electrodes, en Proc. Second Intl. Symp. on Solid Oxide Fuel Cells, ed. F. Grosz y P. Zegers, Atenas (1991), pág. 495.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la preparación de un elemento compuesto de acero y cerámica que comprende un interconector de acero y una capa de conexión cerámica electroconductora dispuesta sobre él, con los pasos:

- a) se usa un interconector de un acero ferrítico que comprende entre 18 y 24% en peso de Cr,
- b) se aplica sobre el interconector una suspensión o pasta que comprende una perovskita con la composición $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$ o $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$, con $0,1 \leq x \leq 0,4$, $0,1 \leq y \leq 0,6$, $0 \leq \delta \leq x/2$ y $\text{Ln} = \text{La-Lu}$,
- c) el interconector y la suspensión o pasta aplicada sobre él se calientan a una temperatura de soldadura de 800 a 900°C, formándose a partir de la suspensión o pasta la capa de conexión cerámica electroconductora.

2. Procedimiento según la reivindicación 1 precedente, en el que

- a) primero se prepara a partir de una solución con contenido en nitrato y acetato un polvo bruto con la composición según la fórmula $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$ o $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$, con $0,1 \leq x \leq 0,4$, $0,1 \leq y \leq 0,6$, $0 \leq \delta \leq x/2$ y $\text{Ln} = \text{La-Lu}$.
- b) el polvo se somete a un tratamiento térmico entre 500 y 700°C,
- c) y a partir del polvo se prepara una suspensión o pasta que se aplica sobre el interconector.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2 precedentes, en el que se usa un interconector de un acero ferrítico que comprende entre 18 y 24% en peso de Cr y otros elementos de aleación, en particular Mn, en una cantidad inferior al 2% en peso respectivamente.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3 precedentes, en el que la aplicación de la suspensión o pasta se lleva a cabo entre el interconector y un cátodo de cerámica oxidada y en el que el interconector, la suspensión o pasta aplicada y el cátodo se calientan conjuntamente a la temperatura de soldadura de 800 a 900°C.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 precedentes, en el que se aplica una suspensión o pasta que comprende una perovskita con la composición $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{CoO}_{3-\delta}$ con $0 \leq \delta \leq x/2$.

6. Elemento compuesto de acero y cerámica preparado según un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende

- a) un interconector de un acero ferrítico con 18 a 24% en peso de Cr, así como
- b) una capa de conexión cerámica electroconductora dispuesta sobre él que presenta una perovskita con la composición $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$ o $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$, con $0,1 \leq x \leq 0,4$, $0,1 \leq y \leq 0,6$, $0 \leq \delta \leq x/2$ y $\text{Ln} = \text{La-Lu}$, y en el que
- c) la resistencia de transición inicial en la superficie límite entre el interconector y la capa de conexión cerámica es inferior a $R = 0,01 \Omega\text{cm}^2$.

7. Elemento compuesto de acero y cerámica según la reivindicación 6 precedente que presenta, cuando se usa permanentemente a temperaturas inferiores a 900°C, una capa de corrosión con un grosor inferior a $2 \mu\text{m}$, en especial inferior a $1 \mu\text{m}$, en la superficie límite entre el interconector y la capa de conexión cerámica.

8. Elemento compuesto de acero y cerámica según una de las reivindicaciones 6 a 7, en el que la resistencia de transición presenta una diferencia de resistencia ΔR inferior a $0,005 \Omega\text{cm}^2$ por 1.000 horas de servicio cuando se usa a una temperatura inferior a 850°C.

9. Elemento compuesto de acero y cerámica según una de las reivindicaciones 6 a 8, en el que el interconector consta de un acero ferrítico con 18 a 24% en peso de Cr y otros elementos de aleación, en particular Mn, en una cantidad inferior al 2% en peso respectivamente.

10. Elemento compuesto de acero y cerámica según una de las reivindicaciones 6 a 9, en el que la capa de conexión cerámica presenta una composición de acuerdo con la fórmula $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$ o $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{CO}_y\text{O}_{3-\delta}$, con $0,1 \leq x \leq 0,4$, $0,1 \leq y \leq 0,6$, $0 \leq \delta \leq x/2$ y $\text{Ln} = \text{La-Lu}$.

11. Uso de un elemento compuesto de acero y cerámica según una de las reivindicaciones 6 a 10 en una celda de combustible de alta temperatura.

12. Uso de un elemento compuesto de acero y cerámica según las reivindicaciones 6 a 10 en una pila de celdas de combustible de alta temperatura.

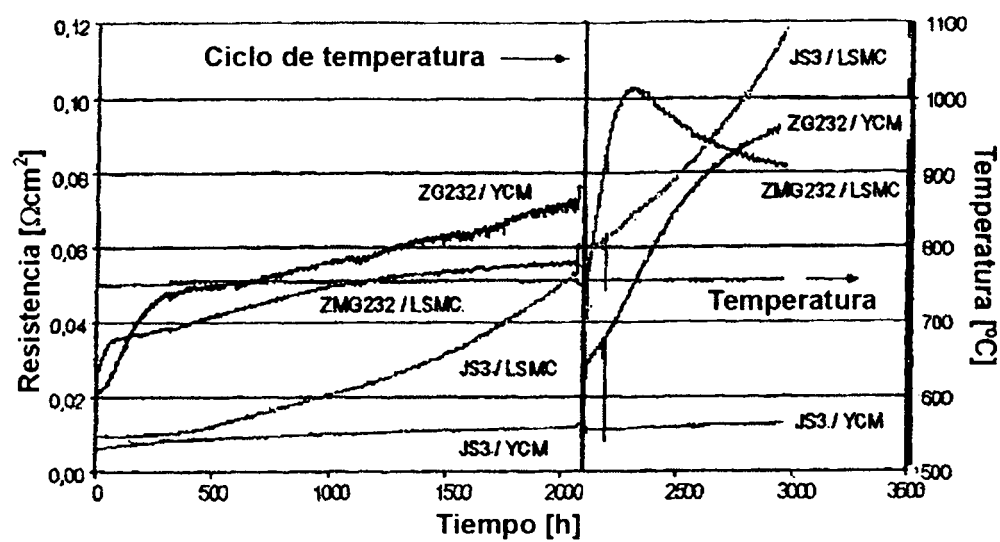


Figura 1

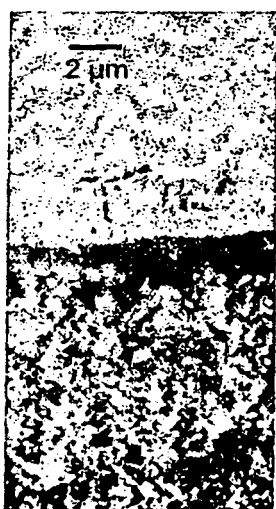


Figura 2