

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 404 895**

51 Int. Cl.:

**G21F 9/00** (2006.01)

**G21F 9/12** (2006.01)

**G21F 9/28** (2006.01)

**G21F 9/30** (2006.01)

**C22B 60/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2010 E 10795259 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013 EP 2417606**

54 Título: **Procedimiento para la descontaminación de superficies**

30 Prioridad:

**04.12.2009 DE 102009047524**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**29.05.2013**

73 Titular/es:

**AREVA GMBH (100.0%)  
Paul-Gossen-Strasse 100  
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

**GASSEN, RAINER y  
ZEILER, BERTRAM**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 404 895 T3**

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

Procedimiento para la descontaminación de superficies

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la descontaminación de superficies de componentes del circuito de refrigeración de un reactor de agua a presión. El núcleo del circuito de refrigeración es una vasija de presión del reactor en la que están dispuestos los elementos de combustible que contienen el combustible nuclear. En la vasija de presión del reactor, casi siempre, varios bucles de refrigeración están conectados con una bomba de refrigerante y un generador de vapor, respectivamente.

10 En las condiciones de funcionamiento de un reactor de agua a presión con temperaturas del rango de 288°C, incluso los aceros inoxidable austeníticos de FeCrNi, de los que están hechos, por ejemplo, el sistema de tuberías de los bucles de refrigeración, las aleaciones de níquel de los que están realizados, por ejemplo, los tubos de intercambio de generadores de vapor, y otros componentes utilizados, por ejemplo, para las bombas de refrigeración que contienen, por ejemplo, cobalto, muestran cierta solubilidad en agua. Los iones de metal disueltos de las aleaciones mencionadas llegan con el flujo del refrigerante a la vasija de presión del reactor, donde son transformados parcialmente en núclidos radioactivos por la radiación de neutrones. Los núclidos, a su vez, son distribuidos por el flujo del refrigerante en todo el sistema de refrigeración y depositados en capas de óxido que se forman durante el funcionamiento en superficies de componentes del sistema de refrigeración. A medida que se prolonga el tiempo de funcionamiento, se suma la cantidad de núclidos activados depositados, de manera que la radioactividad o la tasa de dosis aumenta en los componentes del sistema de refrigeración. En función del tipo de aleación utilizada para el componente, las capas de óxido contienen, como elemento principal, óxido de hierro bivalente o trivalente y óxidos de otros metales, sobre todo cromo y níquel, que están presentes en los aceros mencionados anteriormente como elementos de aleación. En este caso, el níquel siempre está presente en forma bivalente ( $Ni^{2+}$ ), y el cromo en forma trivalente ( $Cr^{3+}$ ).

Por el documento EP 1 422 724, se conoce un procedimiento de descontaminación para aceros al cromo-níquel que comprende un proceso de reducción, un proceso de oxidación y un proceso de descontaminación. A tal efecto, se utiliza una mezcla de ácido oxálico y ácido fórmico (más del 90%). Como agente oxidante se utiliza ozono, ácido permangánico o permanganato. Antes de que se puedan tomar medidas de control, de mantenimiento, de reparación o de desmantelamiento en el sistema de refrigeración, es necesario reducir la radiación radioactiva de los respectivos componentes o elementos de construcción, a efectos de reducir la exposición a la radiación del personal. Esto se realiza mediante la eliminación completa, en la medida de lo posible, de la capa de óxido existente sobre la superficie de los componentes mediante un procedimiento de descontaminación. Para una descontaminación de este tipo, se llena todo el sistema de refrigeración, o bien una parte del mismo, separada mediante válvulas, con una solución de limpieza, o bien se tratan componentes individuales del sistema en un recipiente separado que contiene una solución de limpieza. Cuando se trata de componentes que contienen cromo, por ejemplo, en el caso de un reactor de agua a presión, la capa de óxido es tratada primero de forma oxidativa (proceso de oxidación) y, a continuación, se disuelve la capa de óxido en condiciones ácidas en un denominado proceso de descontaminación con la ayuda de un ácido, que se denominará en adelante ácido de descontaminación o ácido descontaminante. Entonces, los iones de metal que pasan de la capa de óxido a la solución pueden ser eliminados de la misma al hacerla pasar por un intercambiador de iones. El oxidante sobrante del proceso de oxidación es neutralizado o reducido en un proceso de reducción mediante la adición de un agente de reducción. La disolución de la capa de óxido o el la disolución de los iones de metal en el proceso de descontaminación se realiza, de esta manera, en ausencia de un agente oxidante. La reducción del oxidante sobrante puede constituir un proceso de tratamiento independiente, en el que a la solución de limpieza se le añade de forma dosificada y sólo con fines reductores, un agente de reducción, por ejemplo ácido ascórbico, ácido cítrico o peróxido de hidrógeno, para reducir los iones de permanganato y pirolusita. Sin embargo, la reducción del oxidante sobrante puede realizarse también en el marco de un proceso de descontaminación en el que se utiliza, además del agente de reducción, un ácido de descontaminación que provoca la disolución de la capa de óxido, o un ácido del tipo de los que son capaces de reducir un oxidante sobrante, por ejemplo, los iones de permanganato utilizados en muchos casos y la pirolusita resultante de los mismos. En el caso indicado, se añade a la solución una cantidad de ácido de descontaminación que resulta suficiente, por un lado, para neutralizar el oxidante sobrante y, por otro lado, para provocar la disolución de óxido. Generalmente, se aplica múltiples veces la secuencia de tratamiento "oxidación-reducción-descontaminación" o bien "oxidación-descontaminación con reducción simultánea", a efectos de obtener un éxito suficiente. A tal efecto, en el proceso de descontaminación se aplica siempre el mismo ácido descontaminante o la misma mezcla de ácidos descontaminantes.

El tratamiento oxidativo de la capa de oxidación es necesario porque los óxidos de cromo (III) y los óxidos mixtos que contienen cromo trivalente, sobre todo los del tipo espinela, son de difícil disolución en los ácidos que entran en consideración para una descontaminación. Para aumentar, por lo tanto, su solubilidad, la capa de óxido es tratada primero con una solución acuosa de un agente oxidante tal como  $Ce^{4+}$ ,  $HMnO_4$ ,  $H_2S_2O_8$ ,  $KMnO_4$ ,  $KMnO_4$  con ácido o base o bien  $O_3$ . Como resultado de este tratamiento, Cr-III es oxidado para formar Cr-IV que entra en solución como  $CrO_4^{2-}$ .

Debido a la presencia de un agente de reducción en la proceso de descontaminación, el Cr-IV que se ha formado en

la proceso de oxidación y está presente en la solución de limpieza como cromato vuelve a ser reducido a Cr-III. Al final del proceso de descontaminación, se encuentran Cr-III, Fe-II, Fe-III y Ni-II en la solución de limpieza y, además, isótopos radioactivos tales como, por ejemplo, Co60. Estos iones de metal pueden ser eliminados de la solución de limpieza mediante un intercambiador de iones. Un ácido descontaminante utilizado a menudo en el proceso de descontaminación es el ácido oxálico, ya que con la ayuda del mismo se dejan disolver las capas de óxido a eliminar de la superficie de componentes.

Sin embargo, resulta desventajoso que el ácido oxálico forme con iones de metal bivalentes tales como Ni<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, CO<sup>2+</sup> o Cu<sup>2+</sup> precipitaciones de oxalato de difícil disolución que son distribuidos en todo el sistema de refrigeración y se depositan sobre las superficies interiores de las tuberías y los componentes, por ejemplo, de generadores de vapor. A ello se añade que las precipitaciones dificultan el desarrollo de todo el procedimiento. Debido al tratamiento con un agente oxidante y la radiación UV, los elementos orgánicos de una solución, a menudo, son convertidos en dióxido de carbono y agua y, de esta manera, eliminados de la solución. Debido a las precipitaciones, sin embargo, la solución se vuelve turbia, lo que reduce notablemente la efectividad de la radiación UV. También se produce una coprecipitación de radionúclidos y, de esta manera, una recontaminación de las superficies de los componentes. El peligro de una recontaminación resulta especialmente grande en componentes cuya relación entre superficie y volumen es grande. Esto sucede, sobre todo, en generadores de vapor que presentan un muy gran número de tubos de intercambiadores con un reducido diámetro. Otro inconveniente de la utilización de ácido oxálico consiste en el hecho de que las precipitaciones de oxalato pueden embozar dispositivos de filtrado, por ejemplo, los filtros y fondos de tamiz dispuestos delante de un intercambiador de iones o los filtros de protección de bombas de recirculación. Otro inconveniente resulta finalmente cuando se repite un ciclo de tratamientos descrito anteriormente, que consiste en un proceso de oxidación y un proceso de descontaminación, es decir, cuando a un proceso de descontaminación le sigue un nuevo proceso de oxidación. Si en un proceso de descontaminación precedente se han producido precipitaciones de oxalato, los correspondientes iones de metal, por ejemplo níquel, no podrán ser eliminados de la solución de limpieza con la ayuda de intercambiadores de iones, en el caso de que se produzca una precipitación de oxalato de níquel. Como consecuencia de ello, en el subsiguiente proceso de oxidación, se oxida el resto de oxalato de las precipitaciones formando dióxido de carbono y agua y, de esta manera, se malgastan agentes de oxidación. Sin embargo, si el oxalato está en solución, es decir, que no está ligado en forma de una precipitación, entonces el oxalato puede ser destruido de forma sencilla y económica, por ejemplo, con la ayuda de luz UV, es decir puede ser convertido en dióxido de carbono y agua, por ejemplo antes de que la solución de limpieza sea conducida a un intercambiador de iones. Finalmente, también resulta desventajoso que un enturbiamiento producido por una precipitación de oxalato interfiera en la supervisión del procedimiento, por ejemplo, en una fotometría.

Partiendo de ello, el objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento de descontaminación mejorado, en lo que se refiere a los inconvenientes descritos.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento de descontaminación dividido en dos etapas de procedimiento, según la reivindicación 1.

En la primera etapa del procedimiento se realiza al menos un ciclo de tratamiento que comprende un proceso de oxidación, un proceso de reducción y, seguidamente al mismo, un primer proceso de descontaminación. En función del tipo y de la dimensión de la formación de óxido sobre las superficies, este ciclo de tratamiento puede llevarse a cabo sólo una vez o varias veces. En el proceso de oxidación, el componente es tratado con una solución de limpieza acuosa que contiene un agente oxidante cuya fuerza de oxidación es suficiente para transformar el cromo trivalente contenido en la capa de óxido en cromo hexavalente. Tal como ya se ha explicado anteriormente, debido a esta etapa se aumenta la solubilidad de una capa de óxido existente sobre un componente. En el proceso de reducción, el componente es tratado con una solución que contiene un agente de reducción a efectos de reducir el oxidante sobrante de la capa de oxidación. En el primer proceso de descontaminación, el componente es tratado con una solución acuosa que contiene, exclusiva o mayoritariamente, es decir en más del 50%mol, como mínimo un ácido de descontaminación que no forma precipitaciones de difícil disolución con los iones de metal contenidos en la solución, en especial con los iones de metal bivalentes tales como Ni-II, Fe-II, Co-II y Mn-II, tal como suele suceder, por ejemplo, con el ácido oxálico. Oportunamente, se utiliza un ácido descontaminante que tampoco forma precipitaciones de difícil disolución ni con ácidos trivalentes o con una valencia superior, lo cual sin embargo sucede con los ácidos utilizados habitualmente para una descontaminación de este tipo, por ejemplo con el ácido fórmico y el ácido glioxílico. De este modo, se evita sobre todo la formación de precipitaciones de oxalato de níquel de difícil disolución. Ya durante o al final del proceso de descontaminación, se hace pasar la solución por un intercambiador de iones para eliminar de la misma los iones de metal procedentes de la capa de óxido y/o del metal base del componente.

El proceso de reducción y el proceso de descontaminación pueden llevarse a cabo conjunta o simultáneamente, tal como ya se ha explicado anteriormente.

En la primera etapa del procedimiento, se puede eliminar, por lo tanto, del modo propuesto una parte considerable de iones de metal críticos en lo que se refiere a la formación de precipitaciones de difícil disolución, es decir, especialmente Ni-II, Fe-II y Co-II de la solución de limpieza y, por lo tanto, de la superficie del componente a descontaminar, sin que exista el peligro de que se formen precipitaciones de difícil disolución. Existe la posibilidad

de llevar a cabo un segundo proceso de descontaminación en una segunda etapa del procedimiento, en el que se puede utilizar ahora sin problemas el ácido oxálico, altamente eficaz, en especial para el desprendimiento de Fe-III y también de Fe-II presentes en la capa de óxido, ya que los iones críticos, bivalentes, en especial Ni-II ya no están presentes en la solución de limpieza o no están presentes en una concentración que puede provocar precipitaciones. De acuerdo con el procedimiento, según la invención, se aplica dos variantes diferentes de descontaminación, de manera que con la primera variante o el primer proceso de descontaminación se eliminan iones que forman precipitaciones de oxalato de difícil disolución y, a continuación, se pueden poner en solución los iones restantes tales como Fe-III y Fe-II con el ácido oxálico altamente eficaz en cuanto a la disolución del óxido. En este caso, resulta insignificante en sí que el ácido de descontaminación "no crítico", utilizado en la primera etapa del procedimiento, sea eficaz o no en lo que se refiere a la disolución de Fe-II o Fe-III de la capa de óxido, ya que esto puede realizarse en la segunda etapa del procedimiento de forma eficaz con ácido oxálico.

En el segundo proceso de descontaminación, se utiliza, preferentemente, sólo ácido oxálico. Pero también es concebible una mezcla con uno o varios ácidos descontaminantes distintos, predominando sin embargo el ácido oxálico, es decir que está presente en más del 50%mol.

Resumiendo, el procedimiento, según la invención, ofrece de esta manera la posibilidad de impedir o, como mínimo, reducir fuertemente la formación de precipitaciones de difícil disolución, sin que ello merme la efectividad de la descontaminación.

El procedimiento puede llevarse a cabo de manera que en la primera etapa del procedimiento se lleva a cabo primero, como mínimo, un ciclo de tratamiento y en la subsiguiente, segunda etapa del procedimiento se lleva a cabo el segundo proceso de descontaminación de la superficie del componente sin oxidación precedente, es decir que se trata la capa de óxido del componente con ácido oxálico. Pero también es concebible que en la segunda etapa del procedimiento, se trata primero la capa de óxido, por ejemplo, con los oxidantes mencionados anteriormente y sólo entonces se lleva a cabo la disolución de la capa de óxido con ácido oxálico. En este caso, se necesita naturalmente también un proceso de reducción, tal como se ha descrito anteriormente.

Preferentemente, en el primer proceso de descontaminación se utiliza un ácido orgánico porque, siempre que esté compuesto de carbono, hidrógeno y oxígeno, su elemento orgánico puede ser transformado en dióxido de carbono y agua y, de esta manera, ser eliminado prácticamente sin dejar residuos, dado que el dióxido de carbono se escapa de la solución en forma de gas. La eliminación de los elementos orgánicos se realiza del modo en sí conocido, exponiendo la solución mezclada con un oxidante como peróxido de hidrógeno a la luz UV. Preferentemente, se utilizan ácidos que están compuestos exclusivamente de carbono, hidrógeno y oxígeno, de manera que tampoco quedan restos en la solución por elementos como el nitrógeno, que sólo pueden ser eliminados con la ayuda de intercambiadores de iones y, por lo tanto, generando residuos secundarios (material de intercambio adicional que ha de ser eliminado) que han de ser eliminados.

En algunos países, por ejemplo en Japón, no está permitido cargar intercambiadores de iones del presente tipo con ácidos formadores de complejos o con complejos de estos ácidos en el transcurso de las medidas de descontaminación. Por lo tanto, resulta oportuno en estos casos, utilizar ácidos que no forman compuestos complejos con los iones de metal.

Preferentemente, en el primer proceso de descontaminación se utiliza un ácido con, como máximo, dos átomos de carbono. La desintegración de éstos ácidos en dióxido de carbono y agua es más rápida que la desintegración de ácidos que contienen tres o más átomos de carbono, de manera que se puede ahorrar tiempo, energía y oxidante, en definitiva, se ahorran costes.

Para la descontaminación en la primera etapa del procedimiento resultan apropiados, por ejemplo, ácidos inorgánicos tales como HNO<sub>3</sub>, HBF<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ácidos monocarboxílicos que no forman complejos: ácido fórmico, ácido acético, ácido monohidroxi acético y ácido dihidroxi acético, y ácidos formadores de complejos tales como EDTA, ácido nitrilotriacético y ácido tartrónico. En lo que se refiere a la prevención de residuos, resultan apropiados ácido fórmico y ácido glioxílico, habiéndose conseguido los mejores factores de descontaminación cuando en la primera etapa del procedimiento se ha utilizado solamente ácido glioxílico. Estos ácidos forman con los iones de metal, especialmente con el níquel de la capa de óxido, una sal soluble. Cuando se hace pasar una solución que contiene sal de este tipo por un intercambiador de cationes, el ion de metal será retenido, permaneciendo los aniones de ácidos en la solución y pudiendo los mismos, más adelante, ser desintegrados de forma oxidativa y sin dejar residuos, tal como se ha descrito anteriormente. Esto no sucede, por ejemplo, con glicina que contiene un átomo de nitrógeno o con ácidos inorgánicos.

Ejemplos de realización:

Para comprobar la efectividad del procedimiento propuesto, se realizan ensayos con muestras del circuito primario de un reactor de agua a presión (véase la tabla 1). Las muestras son sumergidas en una solución de limpieza con un volumen de 1 l y una temperatura de aproximadamente 90°C en un recipiente. Tal como se ha explicado anteriormente, en un procedimiento de descontaminación los iones de metal disueltos de una capa de óxido se

eliminados de la solución de limpieza mediante un intercambiador de iones. Por motivos de simplificación, en los ensayos no se realiza ningún intercambio de iones, sino que al final del ciclo de tratamiento (proceso de oxidación y de descontaminación) se desecha la correspondiente solución de limpieza y se sustituye por una solución de limpieza nueva. En todos los ensayos descritos más adelante se trabaja en el rango ácido, valor pH 2, aproximadamente.

Con las muestras, según las tablas 1 a 3, se llevan a cabo 3 diferentes variantes del procedimiento comprendiendo cada una 3 ciclos de tratamiento. Cada ciclo de tratamiento comprende un proceso de oxidación y un proceso de descontaminación. Para la oxidación de la capa de óxido se llena el recipiente que contiene las muestras con una solución de HMnO<sub>4</sub> (concentración = 240 ppm). El tiempo de actuación es de 16 horas, respectivamente. En los dos primeros ciclos no se utiliza ácido oxálico para la descontaminación, sino ácido fórmico y/o ácido glioxílico (véase las tablas 1 – 3). Tras cada proceso de oxidación se neutraliza el oxidante sobrante (HMnO<sub>4</sub>) mediante la adición de la cantidad adecuada de un agente de reducción y, a continuación, se añade el ácido utilizado en cada caso en el proceso de descontaminación. El tiempo de actuación del ácido en dicho proceso de descontaminación es de 5 horas, respectivamente.

Tabla 1

Variante 1 con muestra TA-03-2		
		Disolución de la capa de óxido (etapa de descontaminación)
Etapa de procedimiento 1	Ciclo 1	50 mMol/l ácido fórmico
	Ciclo 2	25 mMol/l ácido glioxílico
Etapa de procedimiento 2	Ciclo 3	2000 ppm ácido oxálico

Tabla 2

Variante 2 con muestra TA-03-3		
		Disolución de la capa de óxido (etapa de descontaminación)
Etapa de procedimiento 1	Ciclo 1	25 mMol/l ácido glioxílico
	Ciclo 2	25 mMol/l ácido glioxílico
Etapa de procedimiento 2	Ciclo 3	2000 ppm ácido oxálico

Tabla 3

Variante 3 con muestra TA-03-1		
		Disolución de la capa de óxido (etapa de descontaminación)
Etapa de procedimiento 1	Ciclo 1	50 mMol/l ácido fórmico
	Ciclo 2	50 mMol/l ácido fórmico
Etapa de procedimiento 2	Ciclo 3	2000 ppm ácido oxálico

De cada muestra se mide la actividad gamma Co60 existente inicialmente y después del proceso de descontaminación (en Becquerel o Bq) y se determinan los factores de descontaminación (DF) en su conjunto, es decir la relación entre la actividad inicial y la actividad existente después de un ciclo. Los resultados se recogen en la tabla 4.

Tabla 4

Actividad Co60 en Bq/muestra antes/después del tratamiento y factores de descontaminación			
Muestra	TA-03-2 Bq/DF	TA-03-3 Bq/DF	TA-03-1 Bq/DF
no tratada	5,40E+4	4,48E+4	5,08E+4
1er ciclo	1,32E+4 / 4,1	1,01E+4 / 4,4	9,15E+3 / 5,6
2º ciclo	4,67E+3 / 11,6	1,61E+3 / 27,8	1,65E+2 / 72
3er ciclo	1,38E+2 / 391	5,78E+1 / 776	3,07E+1 / 1654

Al valorar los resultados hay que tener en cuenta que, generalmente, un factor de descontaminación de aproximadamente 10 ya suele ser suficiente. Este factor ya se consigue después del 2º ciclo. Además cabe señalar que el ácido glioxílico es el más eficaz para la descontaminación o disolución de la capa de óxido, especialmente, cuando se trabaja con este ácido, preferentemente, en todos los ciclos de descontaminación de la primera etapa del procedimiento.

En los ensayos descritos anteriormente que reconstruyen el procedimiento, según la invención, se han utilizado ácido glioxílico y ácido fórmico como ejemplos de ácidos orgánicos. Sin embargo, para los procesos de descontaminación de la primera etapa del procedimiento también son apropiados ácidos inorgánicos. Para certificar su eficacia se lleva a cabo un ensayo en el que se ha sometido una muestra de un circuito primario de un reactor de agua a presión de un tamaño similar al de las muestras indicadas anteriormente a un ciclo formado por un proceso de oxidación y un proceso de descontaminación. Con un volumen de solución de limpieza de 600 ml y una

temperatura de aproximadamente 95°C se ha realizado, en primer lugar, una oxidación de la capa de óxido existente sobre la muestra con HMnO<sub>4</sub> (300 ppm) durante 20 horas. El resto de oxidante que sobra después de esta operación es neutralizado con una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido nítrico, en la que el primero es necesario para disolver la pirolusita (MnO<sub>2</sub>) que se ha formado durante la oxidación a partir de HMnO<sub>4</sub>. Seguidamente, se lleva a cabo un proceso de descontaminación de 5 horas de duración en la que el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) ya contenido en solución actúa como ácido descontaminante, es decir, para la disolución de la capa de óxido existente sobre la muestra. Después del proceso de descontaminación, la actividad gamma de la muestra se reduce a un valor de 2,18E+4 Bq. En comparación con la actividad inicial de la muestra de 6,88E+4 Bq esto significa un factor de descontaminación de 3,16.

5

10

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la descontaminación química de una superficie de un componente metálico de un circuito primario de un reactor de agua a presión, que presenta una capa de óxido, en el que el procedimiento está dividido en dos etapas y, que, está diseñado de la siguiente manera:  
5 en la primera fase del procedimiento se lleva a cabo, al menos, un ciclo de tratamiento que comprende una etapa de oxidación, una etapa de reducción y una subsiguiente primera etapa de descontaminación, en la que  
-- en la etapa de oxidación, el componente es tratado con una solución acuosa que contiene un agente oxidante que convierte el cromo trivalente contenido en la capa de óxido en cromo hexavalente,  
10 -- en la etapa de reducción, el componente es tratado con una solución acuosa que contiene un agente de reducción para reducir el oxidante sobrante de la etapa de oxidación,  
-- en la primera etapa de descontaminación, el componente es tratado con una solución acuosa que contiene exclusivamente o mayoritariamente, al menos, un ácido descontaminante que no forma precipitaciones de difícil disolución con los iones de metal contenidos en la solución, especialmente con los iones de metal bivalentes, y  
15 -- se hace pasar la solución por un intercambiador de iones para eliminar de la misma los iones de metal procedentes de la capa de óxido y/o del metal base del componente,  
en la segunda fase del procedimiento se lleva a cabo, al menos, un ciclo de tratamiento que comprende la segunda etapa de descontaminación en la que el componente es tratado con una solución acuosa que contiene exclusivamente o mayoritariamente ácido oxálico como ácido descontaminante.  
20
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque un ciclo de tratamiento de la segunda fase del procedimiento comprende un proceso de oxidación que se realiza antes de la segunda etapa de descontaminación.
3. Procedimiento, según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque en el primer proceso de descontaminación se utiliza un ácido orgánico.  
25
4. Procedimiento, según la reivindicación 3, caracterizado porque se utiliza un ácido descontaminante compuesto exclusivamente por carbono, oxígeno e hidrógeno.
5. Procedimiento, según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la primera etapa de descontaminación se utiliza un ácido orgánico que no forma complejos con los iones de metal.  
30
6. Procedimiento, según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la primera etapa de descontaminación se utiliza, al menos, un ácido descontaminante con, como máximo, dos átomos de carbono en la molécula.  
35
7. Procedimiento, según la reivindicación 6, caracterizado por la utilización de ácido fórmico y/o ácido glioxílico.
8. Procedimiento, según la reivindicación 7, caracterizado porque en cada primera etapa de descontaminación se utiliza ácido glioxílico.  
40
9. Procedimiento, según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque un resto de oxidante existente en la solución de limpieza al final de un proceso de oxidación es neutralizado con un agente de reducción añadido a la solución y la solución tratada de esta manera es utilizada en la subsiguiente etapa de descontaminación.  
45
10. Procedimiento, según la reivindicación 9, caracterizado porque el ácido descontaminante utilizado en la etapa de descontaminación sirve como agente de reducción.