

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 473 624**

51 Int. Cl.:

**B24C 1/10** (2006.01)

**C21D 6/00** (2006.01)

**C21D 9/08** (2006.01)

**C21D 7/06** (2006.01)

**F22B 37/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2007 E 07150101 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2014 EP 1985919**

54 Título: **Elementos de generador de vapor o componentes de central eléctrica granallados superficialmente**

30 Prioridad:

**22.12.2006 DE 102006062348**

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

**07.07.2014**

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS  
EUROPE GMBH (100.0%)  
Schifferstrasse 80  
47059 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**BECKER, MARTIN y  
KLAUKE, FRIEDRICH**

74 Agente/Representante:

**LLAGOSTERA SOTO, María Del Carmen**

**ES 2 473 624 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**

La invención se refiere a un elemento de generador de vapor o un subgrupo de generador de vapor o un componente de central eléctrica, que se compone al menos esencialmente de un material de trabajo aleado, en particular que contiene cromo, y está tratado al menos en parte, en particular esencialmente, mediante granallado superficial (shot-peening / shot-blasting). Además, la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación del elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica, que se compone esencialmente de un material de trabajo aleado, en particular que contiene cromo, en el que una superficie del elemento o subgrupo o superficie del componente, en particular una superficie interior de tubo, se trata mediante granallado superficial (shot-peening / shot-blasting).

Los elementos de generador de vapor o componentes de la central eléctrica están expuestos en particular en el lado de vapor de los generadores de vapor o instalaciones de centrales eléctricas a las condiciones oxidantes del vapor con el que entran en contacto. Las etapas del sobrecalentador y/o sobrecalentador intermedio de los generadores de vapor se fabrican por ello actualmente ya en parte o también esencialmente con materiales austeníticos, en particular aceros austeníticos, con un porcentaje de cromo del 18% en peso, tratándose el material austenítico para la mejora del comportamiento a la oxidación de estos materiales mediante granallado superficial (shot-peening / shot-blasting). En particular en centrales eléctricas japonesas con temperaturas de vapor de 600 °C se usan materiales tratados de esta forma.

En el granallado superficial o procedimiento de shot-peening / shot-blasting se deforma la superficie sometida a las partículas del tratamiento o partículas del chorro o materia del

chorro, en el caso de tuberías habitualmente la superficie interior del tubo correspondiente, por lo que se favorece y realiza una migración, es decir, la difusión, de cromo del material de trabajo base, es decir, la matriz, a la superficie tratada. De este modo en la superficie tratada se configura una capa delgada rica en cromo que contrarresta el crecimiento de  
5 capas epitaxiales y topotaxiales. En el granallado superficial (shot-peening / shot-blasting) se sopla una materia de chorro del mismo tipo contra la superficie a tratar. Esto favorece la difusión del cromo de la matriz del material de trabajo base a esta capa y por consiguiente la resistencia a la oxidación de esta capa.

En los aceros austeníticos, ricos en cromo, usados hasta ahora en la zona del  
10 sobrecalentador y sobrecalentador intermedio con un contenido medio de cromo  $\geq 18\%$  en peso se consigue una deformación de la superficie interior del tubo de la estructura de material correspondiente hasta una profundidad de 100  $\mu\text{m}$  mediante el procedimiento de shot-peening o shot-blasting, lo que conduce a la configuración de una capa rica en cromo correspondiente. Desde el fondo de la estructura (matriz) el cromo se difunde en esta capa  
15 tratada y la enriquece con cromo. En esta capa rica en cromo es claramente más lento el crecimiento de las capas de espinela y magnetita bajo las condiciones reinantes en los elementos correspondientes de la central eléctrica en comparación a las superficies no tratadas, y por consiguiente en el lado de vapor con el que están en conexión estas superficies mejora el comportamiento a la oxidación del material de trabajo usado y  
20 tratado.

En la construcción de centrales eléctricas la tendencia actual es hacia erigir centrales eléctricas que se operen con temperaturas de vapor por encima de 600 °C e incluso  $\geq 700$  °C. Con estas temperaturas de vapor elevadas entra en el foco de las consideraciones de forma creciente la problemática de la oxidación del lado de vapor de los componentes de la

central eléctrica o elementos de generador de vapor. En particular allí también existe la problemática de que los aceros que contienen cromo usados hasta ahora presentan una estructura martensítica o una estructura austenítica en el caso de contenidos de cromo tratados por granallado superficial con 18% en peso, y con las temperaturas de vapor  
5 esperadas en el funcionamiento de las centrales eléctricas de esta nueva generación ya no son suficientemente resistentes a la oxidación o llevan consigo el uso de un material de trabajo extremadamente caro.

La invención tiene por ello el objetivo de crear una solución con la que se pongan a disposición materiales que, en generadores de vapor con temperaturas de salida de  $\geq 700$   
10 °C en los componentes de la central eléctrica, en particular elementos del generador de vapor, presenten una resistencia mecánica suficiente, en particular una resistencia a la fluencia durante un periodo determinado, y una resistencia a la corrosión suficiente, así como resistencia a la oxidación.

En un elemento de generador de vapor o un subgrupo de generador de vapor o un  
15 componente de central eléctrica del tipo designado al inicio, este objetivo se resuelve según la invención con las características de la reivindicación 1. En un procedimiento para la fabricación de un elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica, que se compone esencialmente de un material de trabajo aleado, en particular que contiene cromo, en el que una superficie del elemento o subgrupo o superficie del  
20 componente, en particular una superficie interior de tubo, se trata mediante granallado superficial (shot-peening / shot-blasting), este objetivo se resuelve según la invención con las características de la reivindicación 12. Configuraciones ventajosas se deducen de las reivindicaciones secundarias.

La invención parte en este caso del conocimiento de que es posible usar aceros o materiales de acero claramente disminuidos en su contenido de cromo respecto a las calidades de acero usadas hasta ahora, en los generadores de vapor de las instalaciones de centrales eléctricas de la nueva generación que presentarán temperaturas de salida de sobre  
5 600 °C, en particular  $\geq 700$  °C, cuando las zonas de superficie expuestas a las condiciones oxidantes, dado que se trata esencialmente de tuberías entonces las superficies interiores de los tubos correspondientes o cuerpos tubulares, se tratan mediante granallado superficial (shot-peening / shot-blasting) y luego se montan en la instalación de la central eléctrica, en particular el generador de vapor. De este modo será posible usar calidades de acero que,  
10 por un lado, sean relativamente económicas pero, por el otro lado, también presenten la resistencia mecánica suficiente, necesaria para las temperaturas ahora elevadas o la relación de resistencia mecánica correspondiente, así como la resistencia a la oxidación necesaria, pero también a la oxidación. La resistencia a la oxidación necesaria con estas temperaturas se puede conseguir ahora porque el lado que conduce agua, líquido o vapor,  
15 el lado de vapor, del elemento correspondiente o del subgrupo correspondiente o del componente de central eléctrica correspondiente, en particular la superficie interior de cuerpos tubulares, se trata mediante granallado superficial (shot-peening / shot-blasting). En este caso se enriquece luego el cromo presente en la matriz del material correspondiente, en particular material de trabajo de acero, en particular por configuración  
20 de una capa  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  sobre la superficie (exterior) tratada del material de trabajo. Las experiencias han mostrado que mediante el procedimiento de granallado superficial (shot-peening / shot-blasting) es posible un enriquecimiento de cromo en la capa tratada correspondientemente de aprox. el 50%. Mediante el procedimiento según la invención es posible proveer por consiguiente, por ejemplo, calidades de acero que presentan un  
25 contenido promedio de cromo del 9% en peso de una capa exterior en el material de

trabajo, en general sobre la superficie interior de un tubo, que presente luego, después del tratamiento, un contenido promedio de cromo de aproximadamente el 12% en peso y por consiguiente también está configurada de forma suficiente estable a la oxidación bajo las condiciones de las nuevas generaciones de centrales eléctricas con temperaturas de salida  
5 de vapor de  $\geq 700$  °C.

Sorprendentemente, contrariamente a las distintas expectativas especialistas, se ha comprobado que esta mejora del comportamiento a la oxidación o la consecución de una resistencia a la oxidación suficiente en el lado de vapor no está unida con un empeoramiento simultáneo del comportamiento a la corrosión a alta temperatura del  
10 respectivo elemento tratado del generador de vapor o del respectivo subgrupo tratado del generador de vapor o del componente correspondiente de la central eléctrica en el lado del gas de combustión. A la aplicación del granallado superficial o shot-peening / shot-blasting en materiales de trabajo de acero con contenido de cromo más bajo, es decir, aceros con un contenido de cromo  $\leq 18\%$  en peso se opone a saber el temor general del mundo científico  
15 de que la aplicación de este procedimiento podría conducir a una distribución de cromo no favorable en el material de trabajo tratado. El cromo que se enriquece en la capa tratada o en el lado de vapor en la forma de óxidos de cromo se difunde desde la matriz base, es decir, el cuerpo base del material de trabajo. Dado que desde fuera no se le suministra cromo al material de trabajo, esta difusión conduce a que este cromo o sus partículas de  
20 cromo ya no estén presentes ahora en otro punto del material de trabajo. Se podría temer ahora que esto pudiera conducir a que en el lado del elemento correspondiente opuesto al lado tratado, en un tubo por consiguiente en el lado exterior del tubo, se podría ajustar un contenido de cromo reducido. Dado que en el caso de componentes de la central eléctrica el lado exterior de estos tubos está expuesto a las condiciones corrosivas y agresivas de los

flujos de gas de combustión que fluyen a lo largo de ellos, éstos deben presentar un comportamiento a la corrosión suficiente, es decir, una resistencia a la corrosión suficiente.

Para ello las superficies expuestas al gas de combustión deben presentar igualmente un contenido de cromo determinado. Si se disminuye el contenido de cromo en estas

5 superficies, entonces de este modo se disminuye la resistencia a la corrosión del elemento.

Por consiguiente existió el temor de que mediante el tratamiento de la superficie interior del tubo mediante el granallado superficial (shot-peening / shot-blasting) se pudiera conseguir una resistencia a la oxidación elevada o suficiente, pero para ello en la superficie exterior opuesta se podría originar una resistencia a la corrosión disminuida o empeorada.

10 Además, era de temer que debido a la distribución no uniforme conseguida del contenido de cromo se configurase diferentemente la relación de soldadura del material de trabajo en su superficie exterior y su superficie interior o su lado no tratado por granallado superficial y su lado tratado por granallado superficial, de modo que se contaría con dificultades durante la soldadura de estos elementos.

15 El documento JP 2005298878A muestra correspondientemente un procedimiento de granallado superficial, en el que prescindiendo del efecto de difusión se le suministra cromo desde el exterior a la superficie del material de trabajo.

Mientras que estos problemas tienen menos importancia con calidades de acero con un contenido de cromo de  $\geq 18\%$  en peso, dado que allí debido al porcentaje de cromo  
20 relativamente elevado está presente una cantidad suficiente de cromo para garantizar también en casos problemáticos la resistencia a la oxidación necesaria en el lado de vapor y la resistencia a la corrosión en el lado del gas de combustión, en el mundo científico existían temores de que esto ya no se podría garantizar en aceros poco aleados, es decir,

aceros con un contenido de cromo claramente más bajo. En particular en este caso todavía surge efecto el aspecto de que también se debe garantizar la resistencia suficiente a la fluencia durante un periodo determinado del material de trabajo como otro componente.

En particular la resistencia a la corrosión a alta temperatura, es decir, resistencia a la  
5 corrosión en el lado del gas de combustión de un generador de vapor con contenidos de cromo por debajo del 18% en peso muestra un empeoramiento que se desarrolla exponencialmente. Los análisis han mostrado que aumenta muy fuertemente la remoción de material en forma de una pérdida de peso en  $\text{mg/cm}^2$  y por consiguiente la disminución de la resistencia a la corrosión del material de trabajo con contenidos de cromo por debajo  
10 del 20% en peso, especialmente por debajo del 18% en peso. En particular la corrosión a altas temperaturas aumenta con temperatura creciente, es decir, temperatura de material creciente, de modo que la velocidad de corrosión a altas temperaturas da mayor importancia a esta problemática, justamente en las centrales eléctricas de la siguiente generación que trabajarán con temperaturas de salida de vapor claramente mayores. Las  
15 medidas, que podrían conllevar una disminución del comportamiento a la corrosión a altas temperaturas de un material de trabajo, no se consideran por ello como medidas realizables de manera realística.

Pero sorprendentemente se ha encontrado ahora que el procedimiento según la invención conduce a una resistencia a la oxidación suficiente de los elementos / subgrupos /  
20 componentes sin empeorar la resistencia a la corrosión.

Sorprendentemente se ha comprobado en este caso que, en particular los materiales de trabajo, que presentan una estructura ferrítica con un contenido medio de cromo de  $\leq 8\%$  en peso o una estructura martensítica con un contenido medio de cromo de  $\leq 14\%$  en peso,

en particular en el rango del 9 al 12% en peso, se pueden usar mediante granallado superficial para el uso como elemento de generador de vapor o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica, también en caso de sollicitaciones que aparecen con temperaturas de salida de  $\geq 600$  °C, en particular  $\geq 700$  °C, o se pueden seleccionar  
5 estructuras semejantes para el granallado superficial.

En particular se produce esta posibilidad de uso cuando los elementos o superficies correspondientes están tratados o se tratan mediante granallado superficial con un material del mismo tipo o misma estructura y/o misma composición que el material de trabajo usado o un material con contenido de cromo más elevado respecto al material de trabajo, lo  
10 que prevé la invención en la configuración.

Con la invención es posible configurar generadores de vapor con parámetros de vapor elevados, en particular generadores de vapor con temperaturas de salida de vapor de  $\geq 700$  °C con elementos o subgrupos del generador de vapor o componentes de la central eléctrica que sean suficientemente estables a la temperatura y además también suficientemente  
15 resistentes a la corrosión y suficientemente resistentes a la oxidación. En particular con la invención también se pueden usar aceros con estructura ferrítica o martensítica que no presenten un contenido de cromo elevado. Por ejemplo, los aceros martensíticos con la designación de material de trabajo T91/P91 o T92/P92 son aceros apropiados, que mediante el tratamiento de granallado superficial presentan junto a su resistencia mecánica  
20 también la resistencia a la corrosión y resistencia a la oxidación necesarias respecto a las atmósferas y entornos que reinan en los generadores de vapor con temperaturas de salida de  $\geq 700$  °C. A partir de estos materiales se pueden se pueden fabricar los elementos de generador de vapor y componentes de la central eléctrica más diferentes, como paredes de membrana, paredes espirales del generador de vapor, líneas de conexión, separadores de

vapor y botellas de agua, refrigeradores por inyección, superficies calefactoras, colectores y distribuidores, particiones de tubos portantes, tubos portantes, piezas de transición, etc. En particular los colectores y tuberías muy solicitados, así como las paredes de membrana de las nuevas centrales eléctricas a 700 °C con temperaturas de salida de vapor de  $\geq 700$  °C se pueden fabricar con los elementos de generador de vapor según la invención. Como también en el caso de los aceros usados hasta ahora con temperaturas de salida de vapor más bajas, la aplicación del procedimiento shot-peening o shot-blasting o granallado superficial conduce a que el crecimiento de una capa de espinela o magnetita sobre la superficie tratada correspondientemente, es decir, la superficie endurecida en frío por granallado superficial y deformada plásticamente, producida como consecuencia del tratamiento superficial y que presenta un contenido de cromo aumentado respecto a la matriz del material de trabajo base, se realiza esencialmente más lentamente en comparación a las superficies no tratadas. Por consiguiente sólo se necesita seleccionar aceros resistentes al calor correspondientemente para este tipo de central eléctrica de la nueva generación, que luego se hagan resistentes a la oxidación correspondientemente a través del tratamiento mediante el granallado superficial o shot-peening / shot-blasting en la superficie en el lado del vapor.

Como materiales de trabajo especialmente apropiados se han mostrado / destacado los aceros martensíticos con contenido medio de cromo del 9 al 12% en peso. Las designaciones ferrítico o martensítico se refieren a la estructura del material respectivamente configurado.

El granallado superficial o shot-peening o shot-peening / shot-blasting se realiza en particular bajo condiciones semejantes o se ajustan condiciones semejantes que la superficie tratada del elemento o subgrupo o superficie tratada del componente de la

central eléctrica se puede influir y/o está influido o se influirá en su estructura hasta una profundidad del material de 200  $\mu\text{m}$ , preferentemente hasta 100  $\mu\text{m}$ . En el marco de este espesor de capa de hasta 200  $\mu\text{m}$  o hasta 100  $\mu\text{m}$  se configura el enriquecimiento de cromo deseado. En este caso es insignificante el endurecimiento que se produce en esta capa

5 debido al delgado espesor de la capa de este volumen de estructura expuesto al granallado superficial, debido al bajo grosor de capa en relación al espesor de pared del elemento correspondiente o subgrupo correspondiente o componente de central eléctrica correspondiente, de modo que la resistencia mecánica del elemento tratado o del subgrupo tratado o componente de central eléctrica tratado queda esencialmente invariable. El efecto

10 del granallado con bolas que aumenta la resistencia mecánica que está habitualmente en el primer plano no desempeña ningún papel en el granallado superficial (shot-peening / shot-blasting) según la invención, mejor dicho tampoco debe desempeñar ningún papel. Sólo es decisiva la posibilidad que se produce por la aplicación de este procedimiento de influir en la capa exterior o una zona de capa exterior de la pieza de trabajo correspondiente o

15 elemento (por ejemplo, una superficie interior de un tubo), de manera que tenga lugar un enriquecimiento con cromo en esta zona.

Las condiciones del granallado superficial o shot-peening / shot-blasting se ajustan en este caso de modo que en la superficie tratada o la capa tratada se ajuste un aumento de resistencia mecánica en el rango de +50 a +150 HV, en particular de aproximadamente

20 +100 HV referido a la dureza original del material / material de trabajo. En este caso el granallado superficial no sólo se realiza con material del mismo tipo o misma estructura o misma composición que el material de trabajo tratado o con un material con contenido de cromo más elevado que el material de trabajo base, sino que también se pueden usar materiales sopladados, bolas de vidrio o similares. Pero en particular se usa el material de

trabajo del mismo tipo o misma estructura o misma composición. Para ello se pica en pequeño, por ejemplo, un hilo del material idéntico, eventualmente se redondea en sus extremos y luego se sopla sobre la superficie del material de trabajo a tratar con la ayuda de un chorro de fluido.

- 5 El granallado superficial o shot-peening / shot-blasting se realiza habitualmente con un tubo de chorro con una boquilla de chorro de 360° en el lado final, de modo que la materia del chorro se puede conducir en el lado interior a través del tubo y luego llevar a través de la boquilla de chorro a la superficie interior de los tubos o del respectivo tubo tratado. En este caso se trabaja con un caudal volumétrico de hasta 9 m<sup>3</sup>/min y una presión de soplado
- 10 de 0,7 MPa. En este caso la boquilla de chorro se conduce con una velocidad de avance de boquilla de 100 – 800 mm/min a través del tubo a tratar. El efecto “shot-blasting” consiste en que en el lado tratado del material se configura una capa deformada en frío mediante el shot-blasting o granallado superficial. Dentro de esta capa deformada en frío se sitúa una zona de difusión en la matriz del material de trabajo base. Desde la zona de difusión se
- 15 difunde cromo a través de la capa deformada en frío y configura en el lado exterior, es decir, por encima de la capa deformada en frío una capa de óxido, en particular un Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, por encima de la que se configura luego en el estado de funcionamiento la capa topotaxial y la epitaxial. Pero mediante la capa de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se reduce la difusión de Fe y el crecimiento de magnetita.

## Reivindicaciones

1. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica, que se compone al menos esencialmente de un material de trabajo aleado que contiene cromo, que se compone al menos en parte, en particular esencialmente, de un material de  
5 trabajo que está tratado mediante granallado superficial,

### **caracterizado porque**

se compone al menos esencialmente de un material de trabajo con estructura ferrítica con un contenido medio de cromo  $\leq 8\%$  en peso o una estructura martensítica con un contenido medio de cromo  $\leq 14\%$  en peso, y al menos una superficie del elemento o subgrupo o una  
10 superficie del componente, que presenta una estructura semejante, está tratada al menos parcialmente mediante granallado superficial, ajustándose las condiciones del granallado superficial de manera que la superficie tratada del elemento o subgrupo o la superficie tratada del componente influye en su estructura hasta una profundidad del material de 200  $\mu\text{m}$ , preferentemente hasta 100  $\mu\text{m}$ , y existe una capa endurecida en frío o deformada en  
15 frío, así como una zona de difusión configurada en la matriz por debajo de la capa endurecida en frío o deformada en frío.

2. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la superficie del elemento o subgrupo o superficie del componente está tratada mediante granallado superficial con un material del  
20 mismo tipo o misma estructura y/o misma composición que el material de trabajo o un material con un contenido de cromo más elevado respecto al material de trabajo.

3. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la superficie del elemento o subgrupo

o superficie del componente es parte de un elemento o de un subgrupo o de un componente de central eléctrica que está montado en el lado de vapor de un generador de vapor, cuya temperatura de salida del vapor es  $\geq 600$  °C, en particular  $\geq 700$  °C.

4. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** es o forma parte constituyente de una superficie calefactora, una pared de membrana, una pared espiral del generador de vapor, una línea de conexión, un separador de vapor, una botella de agua, un refrigerador por inyección, una superficie calefactora, un colector, un distribuidor, una partición de tubo portante, un tubo portante, una pieza de transición o un generador de vapor de una central eléctrica.

5. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el material de trabajo es un acero ferrítico o martensítico.

6. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el material de trabajo es un material con un contenido medio de cromo  $\leq 9\%$  en peso.

7. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el material de trabajo presenta una estructura martensítica con un contenido medio de cromo en el rango del 9 al 12% en peso.

8. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el material de trabajo es un material martensítico con la designación T91 o P91 o T92 o P92.

9. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las condiciones del granallado superficial están ajustadas de manera que la superficie tratada del elemento o subgrupo o la superficie tratada del componente presenta una dureza aumentada respecto  
5 a la matriz del material de trabajo de +50 a +150 HV, en particular de +90 a +110 HV.

10. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las condiciones del granallado superficial están ajustadas de manera que la resistencia mecánica del elemento tratado o del subgrupo tratado o componente de central eléctrica tratado queda  
10 esencialmente invariable.

11. Elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la superficie tratada mediante granallado superficial del elemento o subgrupo o del componente es la superficie interior de un tubo.

15 12. Procedimiento para la fabricación de un elemento o subgrupo de generador de vapor o componente de central eléctrica, que se compone esencialmente de un material de trabajo aleado que contiene cromo, en el que una superficie del elemento o subgrupo o superficie del componente, en particular una superficie interior de tubo, se trata mediante granallado superficial,

20 **caracterizado porque**

para la realización del granallado superficial se selecciona una superficie de elemento o subgrupo o superficie de componente que presenta una estructura ferrítica con un contenido medio de cromo  $\leq 8\%$  en peso o una estructura martensítica con un contenido de

cromo  $\leq 14\%$  en peso, y las condiciones del granallado superficial se ajustan de manera que la superficie tratada del elemento o subgrupo o la superficie tratada del componente se influye en su estructura hasta una profundidad del material de 200  $\mu\text{m}$ , preferentemente hasta 100  $\mu\text{m}$ , y existe una capa endurecida en frío o deformada en frío con un enriquecimiento de cromo, así como una zona de difusión configurada en la matriz por debajo de la capa endurecida en frío o deformada en frío.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** el granallado superficial se realiza con un material del mismo tipo o misma estructura y/o misma composición que la estructura de la superficie granallada superficialmente, o con un material con contenido en cromo mayor respecto al material de la superficie.

14. Procedimiento según la reivindicación 12 o 13, **caracterizado porque** se selecciona una superficie del elemento o subgrupo o superficie del componente que presenta una estructura ferrítica con un contenido medio de cromo en el rango del 9 al 12% en peso.

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** las condiciones del granallado superficial se ajustan de manera que la dureza de la superficie tratada del elemento o subgrupo o la superficie tratada del componente se aumenta respecto a la matriz del material de trabajo en una dureza de +50 a +150 HV, en particular de +90 a +110 HV.

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

*Esta lista de referencias citada por el solicitante es solamente para facilitar la lectura. No forma parte del documento de Patente Europea. Aunque se ha tenido un cuidado extremado a la hora de recopilar las referencias, no pueden descartarse errores u*  
5 *omisiones, y la EPO declina cualquier responsabilidad a este respecto.*

**Documentos de patente citados en la descripción:**

- JP2005298878 A [0011]