



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 292 983**

51 Int. Cl.:

C23C 8/22 (2006.01)

C23C 8/26 (2006.01)

C23C 8/32 (2006.01)

C23C 8/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03737943 .5**

86 Fecha de presentación : **15.07.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1521861**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2005**

54 Título: **Cementación en caja de acero inoxidable.**

30 Prioridad: **16.07.2002 DK 2002 01108**
05.08.2002 US 401215 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2008

73 Titular/es: **Danmarks Tekniske Universitet**
Bygning 101A
2800 Kgs. Lyngby, DK

72 Inventor/es: **Somers, Marcel, A., J.;**
Christiansen, Thomas y
Moller, Per

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 292 983 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

Cementación en caja de acero inoxidable.

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1.

Antecedentes

10 Los tratamientos superficiales termoquímicos de acero por medio de gases que transportan carbono o nitrógeno son procedimientos bien conocidos, denominados cementación en caja o carburación o nitruración. La nitrocarburación es un procedimiento en el que se usa un gas que transporta tanto carbono como nitrógeno. Estos procedimientos se aplican tradicionalmente para mejorar la dureza y resistencia al desgaste de artículos de hierro y de acero de baja aleación. El artículo de acero se expone a un gas de transporte de carbono y/o nitrógeno a una temperatura elevada durante un periodo de tiempo, de manera que el gas se descompone y se difunden átomos de carbono y/o nitrógeno a través de la superficie de acero en el material de acero. El material más exterior cercano a la superficie se transforma en una capa con dureza mejorada, y el grosor de esta capa depende de la temperatura de tratamiento y el tiempo de tratamiento.

20 El acero inoxidable tiene excelentes propiedades de corrosión, pero es relativamente blando y tiene baja resistencia al desgaste, especialmente contra el desgaste adhesivo. Por tanto, existe una necesidad de mejorar las propiedades superficiales del acero inoxidable. La carburación, nitruración y nitrocarburación de acero inoxidable con gases implica algunas dificultades, como la capa pasiva, que confiere las buenas propiedades de corrosión, actúa como una capa de barrera que impide que los átomos de carbono y/o nitrógeno se difundan a través de la superficie. Además, las temperaturas elevadas de los tratamientos promueven la formación de carburos de cromo o nitruros de cromo. La formación de carburos de cromo y/o nitruros de cromo reduce el contenido de cromo libre en el material de manera que las propiedades de corrosión se deterioran.

30 Se han propuesto varios procedimientos de cementación en caja de acero inoxidable por los cuales estos inconvenientes se minimizan o se reducen.

Se sabe que un pretratamiento en una atmósfera que contiene halógeno proporciona una activación eficaz de la superficie.

35 El documento EP-0.588.458 desvela un procedimiento que aplica flúor como un componente activo en un pretratamiento con gas, en el que la capa pasiva de la superficie de acero inoxidable se transforma en una capa superficial que contiene flúor, que es permeable para los átomos de carbono y nitrógeno.

40 Se han propuesto también tratamiento termoquímico asistido por plasma e implantación iónica. En este caso, la capa pasiva del acero inoxidable se elimina mediante pulverización catódica, que es una parte integrante del procedimiento.

45 El documento EP-0.248.431-B1 desvela un procedimiento para someter a electrodeposición un artículo de acero inoxidable austenítico con hierro antes de nitruración con gas. Los átomos de nitrógeno pueden difundirse a través de la capa de hierro y en el acero inoxidable austenítico. Después de nitruración con gas, se retira la capa de hierro, y se obtiene una superficie cementada. En el único ejemplo de esta patente, el procedimiento se efectúa a 575°C durante 2 horas. A esta temperatura, se forman nitruros de cromo, de manera que las propiedades de corrosión se deterioran.

50 El documento EP-1.095.170 desvela un procedimiento de carburación en el que un artículo de acero inoxidable se somete a electrodeposición con una capa de hierro antes de carburación. Se evita una capa pasiva, y la carburación puede efectuarse a una temperatura relativamente baja sin la formación de carburos.

55 El documento NL-1.003.455 desvela un procedimiento en el que se somete a deposición un artículo de hierro o un acero de baja aleación con una capa de, por ejemplo, níquel antes de nitruración con gas. El níquel protege el hierro de la oxidación y sirve como superficie catalítica para la descomposición del gas NH₃. El procedimiento puede efectuarse a temperaturas por debajo de 400°C, y el propósito es obtener una capa de nitruro de hierro libre de poros.

Descripción de la invención

60 El objeto de la invención es proporcionar un procedimiento nuevo y mejorado para cementación en caja de acero inoxidable. El objeto de la invención se obtiene mediante un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1, en el que la capa superior incluye metal que es catalítico para la descomposición del gas que transporta los átomos de carbono o/y nitrógeno y que es uno o más de los metales Ni, Ru, Co o Pd. La capa metálica protege la superficie de acero inoxidable de la oxidación y actúa como una superficie catalítica para la descomposición del gas. En consecuencia, la temperatura del procedimiento puede mantenerse por debajo de la temperatura a la que se forman carburos y/o nitruros, y el procedimiento puede terminarse dentro de un periodo de tiempo razonable. Después del tratamiento termoquímico, puede retirarse la capa de metal catalítico para dejar al descubierto y repasar la superficie cementada de acero inoxidable.

ES 2 292 983 T3

Cuando los átomos de carbono, los átomos de nitrógeno o ambos se difunden en acero inoxidable, se forma la fase S metaestable. La fase S se denomina también “austenita expandida” y tiene carbono y/o nitrógeno en una solución sólida en una temperatura estable superior de 450°C aproximadamente cuando se estabiliza con nitrógeno, y a 550°C aproximadamente cuando se estabiliza con carbono. Así, el procedimiento según la invención puede efectuarse a temperaturas de hasta 450°C o 550°C para obtener la fase S.

Hasta ahora, la fase S en acero inoxidable se ha obtenido casi solamente mediante procedimientos asistidos por plasma o basados en implantación iónica. Las pruebas han establecido que la formación de fase S en la superficie no cambia negativamente la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Para la fase S estabilizada con nitrógeno puede obtenerse una mejora de la resistencia a la corrosión.

Cuando se trata el acero inoxidable con el procedimiento según la invención, se mejoran considerablemente la dureza y la resistencia al desgaste sin el deterioro de las propiedades de corrosión.

La síntesis de amoníaco, es decir, la producción de NH_3 de H_2 y N_2 , implica el uso de una serie de metales catalíticos. Tradicionalmente, el procedimiento se efectúa a temperaturas en el intervalo de 400°C a 700°C a altas presiones (>300 atm) en presencia de un material catalizador. La nitruración gaseosa es, en principio, el procedimiento inverso de la síntesis de amoníaco, en la que el amoníaco se disocia en una superficie metálica que produce N disponible para difusión en el material que se someterá a nitruración. El procedimiento convencional de nitruración se efectúa dentro del mismo intervalo de temperatura que el procedimiento de síntesis de amoníaco pero a presiones normales. Se encuentra también que los metales catalíticos disponibles en el procedimiento de síntesis de amoníaco promueven la reacción catalítica a baja temperatura (disociación de amoníaco) del proceso de nitruración. Los catalizadores conocidos a partir del procedimiento de síntesis de amoníaco incluyen Fe, Ni, Ru, Co, Pd, entre otros.

Según una forma de realización de la invención, la cementación en caja es un procedimiento de nitruración que se efectúa con un gas que contiene nitrógeno por debajo de una temperatura a la que se producen nitruros, preferentemente por debajo de 450°C.

El documento EP-0.248.431-B1 desvela un procedimiento en el que artículo de acero inoxidable austenítico se somete a electrodeposición con hierro antes de nitruración a 575°C durante 2 horas. Según se menciona anteriormente, a esta temperatura se forman nitruros de cromo. Según se desvela en la página 4, líneas 13 a 18 del documento EP-0.248.431-B1, sólo se somete a nitruración el eje de válvula de una válvula. El disco de válvula (Ventilteller) se protege de la nitruración mediante una capa de óxido con el fin de no reducir la resistencia a la corrosión del disco de válvula.

Hasta ahora, la nitruración de acero inoxidable sin la formación de nitruros de cromo sólo se ha obtenido por el procedimiento desvelado en el documento EP-0.588.458 en el que la capa pasiva se transforma en una capa que contiene flúor. Las desventajas del procedimiento de EP-0.588.458 son que el procedimiento es complicado de controlar, ya que la despasivación y la nitruración deben efectuarse al mismo tiempo y la sobreexposición con flúor puede iniciar corrosión por picadura en el acero inoxidable. Una desventaja adicional es el efecto perjudicial del flúor en las partes metálicas en hornos industriales.

Según otra forma de realización de la invención, la cementación en caja es un procedimiento de carburación con un gas que contiene carbono, por ejemplo CO, y en el que la capa superior está libre de Fe. Cuando se proporciona un artículo de acero inoxidable con una capa superior de hierro, los átomos de Fe se difundirán en el artículo de acero inoxidable. Después de eliminar la capa superior de hierro, la composición adyacente de superficie de acero inoxidable se diluye por incorporación de átomos de hierro que causan problemas de corrosión. Ni, Ru, Co o Pd son conocidos como metales más nobles que Fe y no se deteriorarán, aun cuando los átomos se difundan en el acero inoxidable, las propiedades de corrosión del artículo de acero inoxidable. Una desventaja adicional de aplicar una capa de hierro es que el hierro se corroe fácilmente, de manera que la carburación debe efectuarse inmediatamente después de aplicar la capa de hierro. Una fina capa de hierro se corroerá completamente en un plazo de unos días, de manera que el acero inoxidable se expondrá al aire y, así, creará una capa de óxido de cromo.

La carburación se efectúa preferentemente por debajo de una temperatura, a la que se producen carburos, preferentemente por debajo de 550°C. Cuando se usa una temperatura cercana pero que no supera 550°C y, por ejemplo, CO como gas, puede obtenerse un grosor suficiente de la capa de fase S en la superficie de un artículo inoxidable austenítico dentro de un periodo de tiempo razonable, por ejemplo, seis horas.

Según la invención, la capa metálica puede ser una capa de níquel. El níquel es fácil de aplicar y es excelente para la descomposición de gases que contienen carbono o nitrógeno. Además, el níquel es fácil de eliminar, por ejemplo, por grabado químico, después del tratamiento termoquímico

Dentro del campo de cementación en caja, se sabe que el níquel es no permeable para los átomos de nitrógeno y carbono. Por tanto, el níquel se usa en ocasiones como una capa de barrera en las posiciones en las que no se desea nitruración. Sin embargo, como muestran las pruebas que se expondrán más adelante, un artículo de acero inoxidable proporcionado con una fina capa superior de níquel puede someterse a carburación o nitruración de manera que la superficie dura se obtiene sin la precipitación de carburos o nitruros.

ES 2 292 983 T3

Según una forma de realización preferida, el grosor medio máximo calculado de la capa de níquel no supera 300 nanómetros, preferentemente 200 nanómetros. Una capa de níquel de este grosor es suficiente para impedir la oxidación y permitir que los átomos de carbono y/o nitrógeno se difundan a través de la capa de níquel en el acero inoxidable para formar una capa de fase S satisfactoria.

5 Según una forma de realización adicional más de la invención, la capa de níquel en la superficie del artículo de acero inoxidable puede someterse a deposición química o electrolítica, por ejemplo, en un baño de níquel de Wood.

10 Según una forma de realización preferida, el artículo es de acero inoxidable austenítico, por ejemplo, AISI 304 o AISI 316.

15 Según una forma de realización de la invención, la capa de metal catalítico sólo se aplica a partes de la superficie del artículo de acero inoxidable. Esto podría ser ventajoso si el artículo de acero cementado en caja se va a soldar junto con otros artículos. Como la superficie cementada en caja no es adecuada para soldadura debido a sensibilización, las partes no cementadas en caja pueden usarse para ese propósito.

Ejemplos

20 Los siguientes ejemplos con figuras acompañantes esclarecen la invención.

En los siguientes ejemplos 1 a 6, se tratan previamente artículos de acero inoxidable en forma de disco con un diámetro de 2 cm y un grosor de 0,35 cm en de la siguiente manera.

25 Se efectuó una despasivación en una solución de 100 ml de ácido clorhídrico al 15% p/p + 1 ml de peróxido de hidrógeno al 35% durante 15 segundos.

Se electrodepositó una capa de níquel catalítico, de grosor < 200 nanómetros (media calculada) en un baño de níquel de Wood, que es un electrolito que contiene halogenuro ácido.

30 La cementación en caja se efectuó en un horno lavado con NH₃ puro o CO puro.

Ejemplo 1

35 *Nitruración en gas NH₃ puro, acero inoxidable austenítico AISI 304*

Se sometió a nitruración un artículo de acero inoxidable austenítico AISI 304 en gas NH₃ puro (potencial de nitruración máximo) durante 17 horas y 30 minutos a 429°C. Se efectuó calentamiento a temperatura de nitruración en una atmósfera de hidrógeno (H₂), después de lo cual se interrumpió el suministro del gas hidrógeno, y se suministró el gas de nitruración. El enfriamiento a temperatura ambiente se efectuó en gas argón (Ar) en menos de 10 minutos. El artículo se analizó por microscopía óptica y microanálisis por sonda de electrones (MASE). La capa formada fue fase S de nitrógeno y tenía un grosor de capa no superior a 9 µm. La concentración de nitrógeno máxima en la fase S fue de más del 20% en átomos. El análisis desveló que no habían precipitado nitruros.

Ejemplo 2

45 *Nitruración en gas NH₃ puro, acero inoxidable austenítico AISI 316, fig. 1 y 2*

Se trató un artículo de acero inoxidable austenítico AISI 316 según se describe en el Ejemplo 1, pero a una temperatura de 449°C durante 20 horas. El artículo se analizó mediante microscopía óptica de luz (MOL), análisis de difracción por rayos X (DRX) y medidas de microdureza. Los resultados de MOL se muestran en la fig. 1. La capa formada consistía en fase S de nitrógeno y tenía un grosor de capa de 12 µm. La microdureza fue superior a 1.500 HV (carga 100 g). El acero inoxidable no tratado tenía una dureza entre 200 y 300 HV. No habían precipitado nitruros.

55 Un artículo de acero austenítico, calentado en amoníaco a 480°C y mantenido durante 21 horas a esta temperatura, mostró el desarrollo de nitruro de cromo CrN (y ferrita) cercano a la superficie así como localmente en la capa de fase S (las regiones oscuras de la fig. 2). Este resultado indica que debería evitarse una alta temperatura de 480°C para obtener una capa de fase S monofase.

Ejemplo 3

Carburación en gas CO puro, acero inoxidable austenítico AISI 316, fig. 3

65 Se sometió a carburación un artículo de acero inoxidable austenítico AISI 316 en gas CO puro durante 6 horas a 507°C para formar la fase S de carbono. Se efectuó calentamiento en una atmósfera de hidrógeno (H₂), hasta que se obtuvo la temperatura de carburación, y después de lo cual se interrumpió el suministro de hidrógeno y se suministró el gas CO. Se efectuó enfriamiento a temperatura ambiente en gas argón (Ar) en menos de 10 minutos. El artículo se analizó por microscopía óptica, análisis de difracción por rayos X y medidas de microdureza. Los resultados de MOL

ES 2 292 983 T3

se muestran en la fig. 3. La capa formada fue fase S de carbono que tenía un grosor de capa de 20 μm (ver fig. 3). La microdureza de la superficie fue superior a 1.000 HV (carga 100 g). No habían precipitado carburos.

Ejemplo 4

5

Carburación + nitruración, acero inoxidable austenítico AISI 1316

Se sometió a carburación un artículo de acero inoxidable austenítico AISI 316 según se describe en el Ejemplo 3, pero a la temperatura de 500°C durante 4 horas. Después, se sometió el artículo a nitruración según se describe en el Ejemplo 1, pero a una temperatura de 440°C durante 18 horas y 30 minutos. Así, se usaron dos procedimientos termoquímicos separados, uno introduciendo carbono y el otro nitrógeno. El artículo se analizó por análisis de microscopía óptica de luz y medidas de microdureza. El grosor de capa total no superó 35 μm . La capa más externa fue fase S de nitrógeno, y la capa más interna fue fase S de carbono. La microdureza fue superior a 1.500 HV. No habían precipitado nitruros ni carburos.

15

Ejemplo 5

Nitruración en gas NH_3 puro, acero inoxidable AISI 329 dúplex, fig. 4 y 5

Se sometieron las muestras a nitruración durante 23 horas y 20 minutos a 400°C. Las investigaciones metalúrgicas de los artículos sometidos a nitruración implicaron análisis de difracción por rayos X (DRX) y análisis de microscopía óptica de luz (MOL). El acero inoxidable AISI 329 es un acero dúplex consistente en ferrita y austenita. Después de nitruración a 400°C, la ferrita se transforma en austenita (y fase S) en la zona cementada en caja. En la fig. 4 se muestra una imagen MOL del artículo después de tratamiento a 400°C; el patrón DRX correspondiente se da en la fig. 5. Es obvio que la fase S se ha desarrollado a lo largo de la superficie del acero dúplex.

25

Ejemplo 6

Nitruración en gas NH_3 puro, acero inoxidable austenítico AISI 316, fig. 6

30

Se trató el artículo de acero AISI 316 a 400°C, 425°C y 450°C durante 23 horas y 20 minutos. El patrón de difracción mostrado en la fig. 6 muestra claramente que la fase S es la única fase formada durante el tratamiento de nitruración.

35

Las temperaturas de cementación en caja de los ejemplos 1 a 6 anteriores están en el intervalo entre 400°C y 507°C. Sin embargo, es probable que la fase S también pueda obtenerse a temperaturas inferiores, por ejemplo, 300°C o 350°C a altos potenciales de nitruración/carburación dentro de un intervalo de tiempo razonable.

40

Los experimentos preliminares han demostrado que la fase S también puede obtenerse con AISI 420, que es un acero inoxidable martensítico, y AISI 17-4 PH, que es un acero de cementación de precipitación martensítica.

Ejemplo 7

Comparación de propiedades de corrosión de muestras de acero inoxidable sometidas a nitruración proporcionadas con una capa superior de Fe y Ni, respectivamente, fig. 7

45

Se examinaron especímenes AISI 316 con una superficie mecanizada. Las muestras se activaron químicamente en una solución de 50 ml HCl + 50 ml agua + 1 ml H_2O . Fe y Ni se depositaron electroquímicamente con el fin de comparar el efecto en las propiedades de corrosión después de nitruración. La deposición se realizó durante 40 sec a una densidad de corriente de 6,5 A/dm^2 para Fe y para Ni. Las muestras se sometieron a nitruración con gas en NH_3 al 100% durante 16 horas a 449°C. Después de la nitruración, se retiraron las capas superficiales químicamente (HNO_3 diluido). Se pesaron los especímenes antes y después del tratamiento de nitruración. Ambas muestras ganaron 3,8 mg en peso debido a absorción de nitrógeno, con independencia de la capa electrodepositada en la superficie (Ni o Fe). Esto indica que la reacción de disociación en la superficie de la capa electrodepositada no está determinada por la velocidad.

55

Se registraron curvas de polarización cíclica (fig. 7) en una célula de tres electrodos, usando un potenciostato PGP 201 Radiometer interconectado con un ordenador. La solución de prueba era del 5% en peso de NaCl. El contraelectrodo era una lámina de platino. Todos los potenciales comunicados son con respecto al potencial de un electrodo de calomelanos saturado (SCE). La velocidad de barrido para las curvas de polarización fue de 10 mV/min.

60

Los barridos se iniciaron por debajo del potencial de corrosión libre potencial (E_{corr}), es decir, a una corriente catódica. Se registraron los barridos de polarización anódica hasta un potencial máximo de +1.100 mV o hasta una densidad de corriente máxima de 1,25 mA/cm^2 a la que se detuvo la polarización.

65

Las curvas de polarización anódica representan la densidad de corriente medida en función del potencial aplicado. El potencial de corrosión libre es de -266 mV y -134 mV para Fe y Ni, respectivamente: En consecuencia, se obtiene un material más noble después de nitruración cuando se usa Ni en comparación con Fe.

ES 2 292 983 T3

La corriente pasiva para la muestra de Fe es más alta que para la muestra de Ni. Además, la curva de Fe exhibe lo que parece ser una conducta de picadura-repasivación, es decir, la picadura se inicia y se detiene. La picadura se inicia más fácilmente, aparentemente, en la muestra de Fe. Esto se debe a la contaminación de la superficie de acero inoxidable bien por difusión de átomos de Fe en la matriz de acero o por residuos de Fe (nitruro) en la superficie.
5 Sin embargo, los posibles residuos que contienen Fe podrían explicar también el aspecto en escalera de la curva de polarización debido a la corrosión de éstos. En cualquier caso, se observa una resistencia inferior a la corrosión para la muestra de Fe.

10 Las curvas de polarización muestran que la muestra de Fe es inferior a la muestra de Ni en lo que respecta a corrosión. El uso de Fe contaminará más, sin duda, el acero inoxidable a la temperatura de nitruración usada. Este efecto será dominante particularmente durante la carburación, debido a la mayor temperatura que participa en ella.

15 Los experimentos han establecido que los tratamientos de nitruración realizados en horno de laboratorio de pequeña escala pueden transferirse fácilmente a un horno industrial.

En los ejemplos 1 a 6, se electrodepositó la capa de níquel catalítico de un baño de níquel de Wood. Alternativamente, puede aplicarse recubrimiento de níquel por vía química, por ejemplo, recubrimiento electrolítico de contacto. Podrían recubrirse paladio y rutenio por recubrimiento electrolítico por intercambio iónico.

20 El procedimiento según la invención es adecuado para nitruración o carburación “*in situ*” de una planta. Las tuberías y tanques de acero inoxidable podrían recubrirse electrolíticamente con níquel antes de la instalación. Después de la instalación, partes del sistema, que están expuestas al desgaste, podrían calentarse y lavarse con NH_3 u otros gases que contienen nitrógeno o carbono.

25 Un procedimiento muy adecuado para aplicar una capa de níquel electrolítico en partes de una superficie es electrodeposición mediante escobillas.

30 La idea de la presente invención es aplicar una capa superficial en el acero inoxidable elegido a partir de la selección de metales usados en el procedimiento de síntesis de amoníaco.

Se sigue la misma idea con respecto a carburación, en la que son aplicables también los mismos metales catalíticos.

35 El material aplicado para la superficie capa debe incluir los materiales bien conocidos del procedimiento de síntesis de amoníaco bien como metales puros (monocapa), como aleaciones, como una capa metálica dopada con otros metales y como multicapas.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de cementación en caja de un artículo de acero inoxidable por medio de gas que incluye carbono y/o nitrógeno, de manera que los átomos de carbono y/o nitrógeno difunden a través de la superficie del artículo, la cementación en caja se efectúa por debajo de una temperatura a la que se producen carburos y/o nitruros, incluyendo el procedimiento la activación de la superficie del artículo, la aplicación de una capa superior en la superficie activada para impedir la repasivación, la capa superior incluye metal que es catalítico para la descomposición del gas, **caracterizado** porque el metal es uno o más de los metales Ni, Ru, Co o Pd.
- 10 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la cementación en caja es un procedimiento de nitruración que se efectúa con un gas que contiene nitrógeno por debajo de una temperatura a la que se producen nitruros, preferentemente por debajo de 450°C.
- 15 3. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la cementación en caja es una carburación con un gas que contiene carbono, preferentemente CO.
- 20 4. Un procedimiento según la reivindicación 3, en el que la carburación se efectúa por debajo de una temperatura a la que se producen carburos, preferentemente por debajo de 550°C, más preferentemente por debajo de 510°C.
- 25 5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa superior es una capa de níquel.
- 30 6. Un procedimiento según la reivindicación 5, en el que el grosor medio máximo de la capa de níquel es 300 nanómetros, preferentemente 200 nanómetros.
- 35 7. Un procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, en el que la capa de níquel se aplica por un procedimiento de deposición química o electrolítica, por ejemplo, por electrodeposición en un baño de níquel de Wood.
- 40 8. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el artículo es de acero inoxidable austenítico.
- 45 9. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa metálica catalítica sólo se aplica a partes de la superficie del artículo de acero inoxidable.
- 50
- 55
- 60
- 65

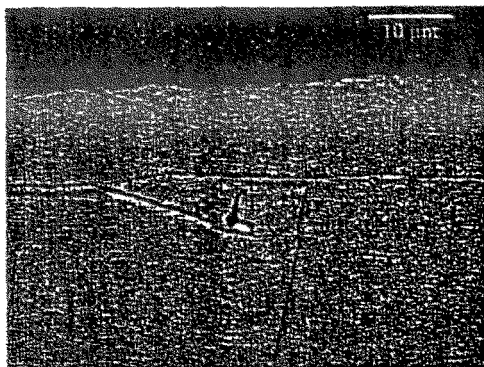


Fig. 1



Fig. 2

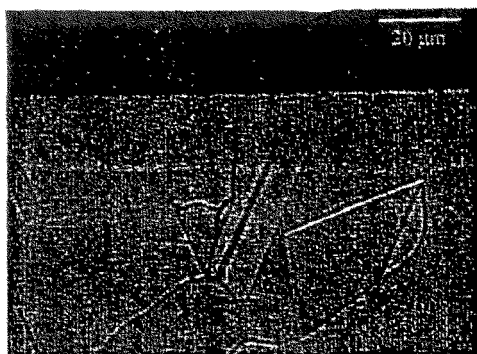


Fig. 3

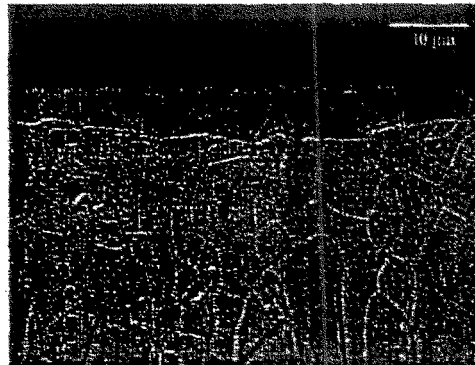


Fig. 4

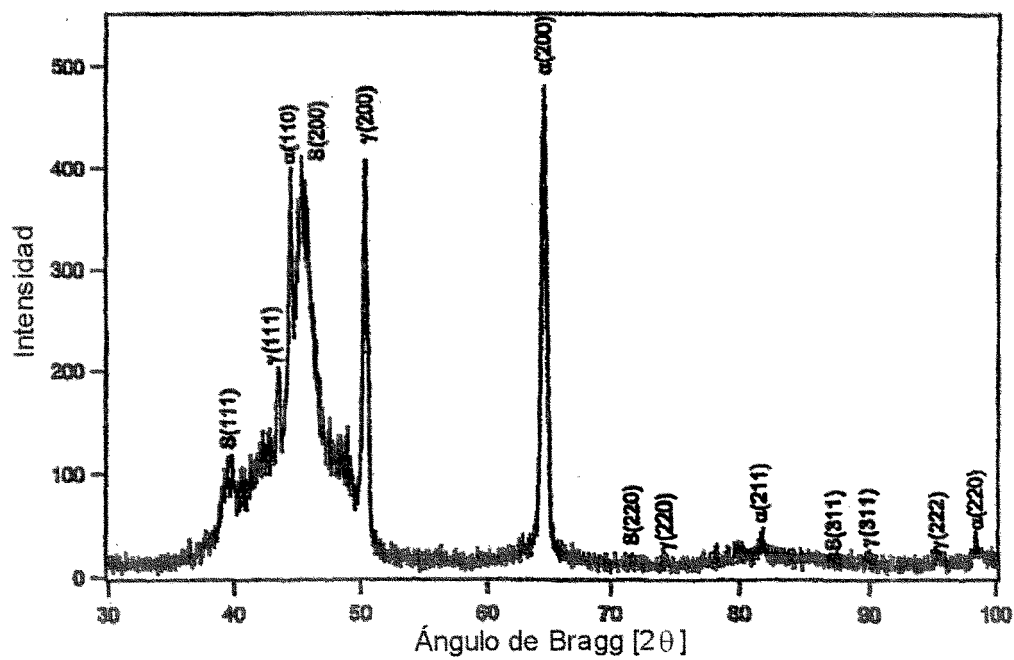


Fig. 5

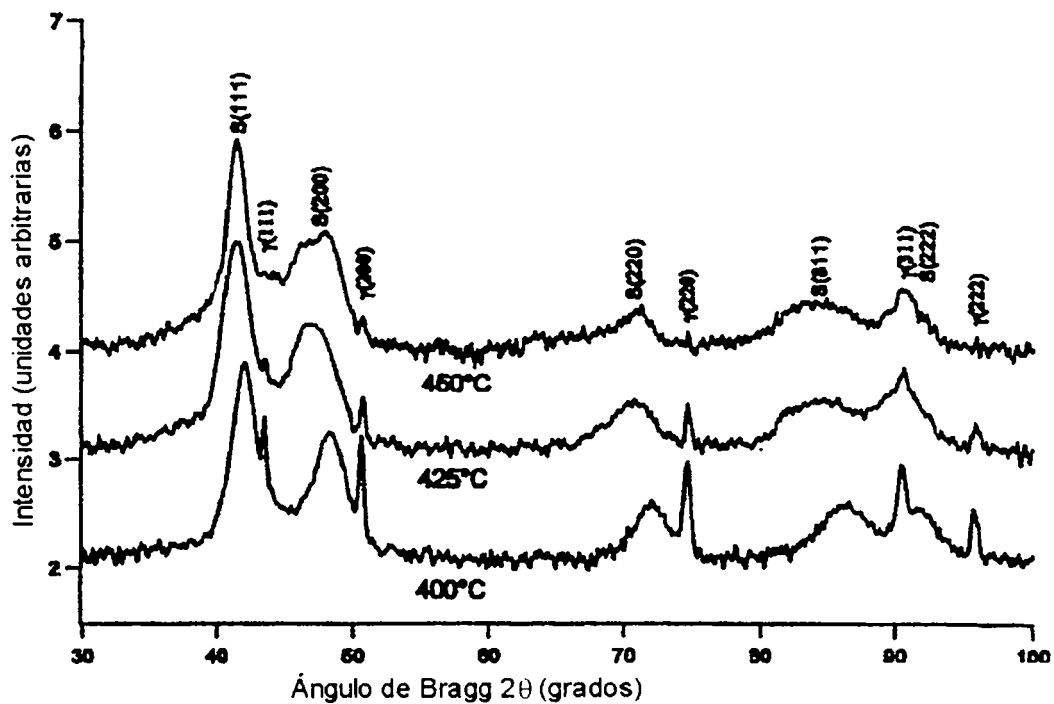


Fig. 6

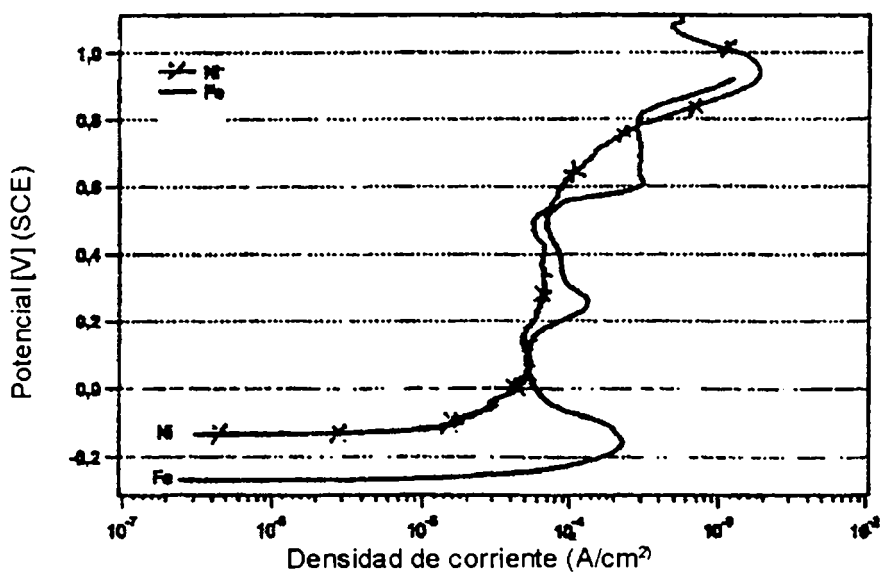


Fig. 7