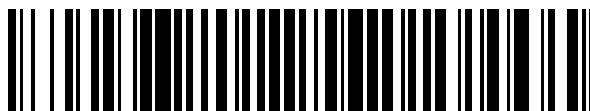


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 209**

51 Int. Cl.:

C23C 22/02 (2006.01)

C09D 5/02 (2006.01)

C09D 183/14 (2006.01)

C23C 14/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.10.2012 E 12778083 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2773794**

54 Título: **Tratamiento de superficies de acero**

30 Prioridad:

02.11.2011 DE 102011085574

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

07.12.2015

73 Titular/es:

**WACKER CHEMIE AG (100.0%)
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München, DE**

72 Inventor/es:

**FABRY, LASZLO;
MÜLLER, BARBARA y
STEPP, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 553 209 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

Tratamiento de superficies de acero

Objeto de la invención es un procedimiento para el tratamiento de una superficie de acero.

- 5 Mediante un tratamiento de este tipo se ha de realizar una pasivación de las superficies corrosivas de recipientes de acero, reactores químicos, tuberías, columnas de destilación, soportes de acero, etc. En particular, la invención se refiere a la pasivación de superficies en instalaciones o partes de instalaciones químicas que al mismo tiempo entran en contacto con la humedad residual, cloro, cloruro de hidrógeno [P.M. Bhadha, E. R. Greece: Joule-Thomson Expansion and Corrosion in HCl Systems in Solid State Technology julio 1992, págs. S3-S7], clorosilanos, hidrógeno y silicio elemental reactivo.
- 10 Es conocido que la humedad residual en gases y/o instalaciones de acero noble provoca una corrosión en presencia de cloruro de hidrógeno [J. Y. P. Mui: Corrosion Mechanism of Metals and Alloys in the Silicon-Hydrogen-Chlorosilane System at 500 C en Corrosion - NACE, 41(2), 1985 págs. 63-69; W. C. Breneman: Direct Synthesis of Chlorosilanes and Silane in Catalyzed Direct Reactions of Silicon, Elsevier 1993 págs. 441-457, en particular, Tabla 3 en la pág. 454].
- 15 En la atmósfera reductora de una mezcla de clorosilano-cloruro de hidrógeno-hidrógeno puede formarse una protección natural frente a la corrosión en la superficie de acero al carbono o de acero noble a más de 500°C. Esto afecta igualmente al acero al carbono revestido con SiC.
- En el caso de recipientes de acero noble, el acero se somete a ensayo habitualmente en cuanto a la tensi corrosión de cloruro.
- 20 El cloruro de hidrógeno clora componentes con contenido en fósforo de la aleación de acero [H. Viehhaus, B. Richarz: Phosphor in Eisen und Stahl en Materials and Corrosion, 46, 1995, págs., 306-316], con lo que se forman cloruros de fósforo que contaminan la corriente de silano como contaminación volátil o forman aductos indefinidos con silanos o bien compuestos de boro, que no pueden ser separados de los productos en la purificación destilativa de clorosilanos [Xiao Ji-mei, Shen Hua-sheng: The Theoretical Aspects of Preventing Corrosion of Stainless Steel ...
- 25 in the Production of Polycrystalline Silicon en Xiyou-jinshu - Rare Metals, Chin. Vol 1-2, 1982 págs. 3-15, en particular, ecuación (44) y págs. 13-15].
- En la atmósfera de hidrógeno reductora de una separación de silicio policristalino (proceso Siemens, documento US7708970 B2; clorosilano e hidrógeno como precursores) se reducen cloruros de fósforo y el fósforo se incorpora preferiblemente en el silicio policristalino separado.
- 30 La pasivación de la superficie de acero puede ralentizar o bien impedir tanto la humedad como la corrosión reductora.
- A partir de los documentos JP7090288 A2 y US 2985677 A es conocido que compuestos halogenados orgánicos de silicio son unidos a superficies de acero por quimiosorción como ésteres silícicos en centros de Fe-OH activos, de modo que se pueden utilizar como un lubricante exento de aceite en el tratamiento de planchas de acero.
- 35 El documento JP8010703 A2 da a conocer polisiloxanos de la hidrólisis y la condensación de clorosilanos orgánicos como imprimación para componentes protectores frente a la corrosión así como en calidad de resinas protectoras frente a la corrosión.
- 40 En el documento DE 3920297 A1 se describen heteropolicondensados de ésteres de siloxi-aluminato con organosilanos portadores de radicales hidrolizables o bien bajo la adición de silanos organo-funcionales con ésteres del ácido silícico como protección frente a la corrosión. La protección frente a la corrosión se realiza en este caso mediante la inmersión en un baño de silanización y subsiguiente secado.
- El secado tiene lugar a al menos 50°C.

El documento US 2003/157391 A1 da a conocer el uso de un alcoxisilano alfa-amino-funcional o bien de N-(2-aminoetil)-3-aminopropiltrimetoxisilano para el tratamiento de superficies de acero noble.

El documento US 2008/312356 A1 da a conocer un procedimiento para el tratamiento de superficies de acero noble mediante evaporación con silanos amino-funcionales a una temperatura de 20°C a 100°C.

- 5 La misión de la presente invención consistía en alcanzar una pasivación homogénea sin la inmersión ni pulverización y sin un tratamiento posterior a partir de la fase de vapor/gas. Además, la pasivación debería tener lugar a una temperatura de la superficie de 50°C o menor.

Este problema se resuelve mediante la invención.

- 10 Los autores de la invención han encontrado, mediante amplios ensayos, un grupo de silanos funcionales que también pueden reaccionar a bajas temperaturas con superficies de acero activas.

La invención se refiere al uso de alcoxisilanos alfa-aminofuncionales para el tratamiento de superficies de acero con contenido en fósforo que son expuestas seguidamente a una atmósfera corrosiva de una mezcla gaseosa a base de humedad residual, cloro, cloruro de hidrógeno, clorosilanos, hidrógeno y eventualmente silicio elemental reactivo.

- 15 La invención prevé un tratamiento de la superficie inhibidor de la corrosión de superficies de acero con contenido en fósforo que puede ser llevado a cabo de manera más sencilla y cuidadosa que según el estado conocido de la técnica, en particular, el tratamiento puede tener lugar en objetos de acero incorporados con destalonamientos (tuberías, recipientes, aparatos, etc.) en los que un proceso de inmersión o pulverización sólo se podía llevar a cabo con una gran complejidad.

- 20 Además, se requieren cantidades claramente menores para el tratamiento de la superficie que, p. ej., en el caso de procesos de inmersión o de anegamiento, lo cual aumenta la rentabilidad y reduce la contaminación medioambiental.

En este caso, la superficie de acero a tratar se vaporiza con alcoxisilanos alfa-aminofuncionales a una temperatura de la superficie menor que 50°C.

- 25 Preferiblemente, está presente un disolvente inerte bajo las condiciones de aplicación (elegido de alcoholes (metanol, etanol, isopropanol, éteres (dimetiléter, dietiléter, diisopropiléter, dioxano, tetrahidrofurano), cetonas (acetona, metiletilcetona [MEK]), alcanos lineales o ramificados (n-butano, n-pentano, n-hexano, n-heptano) o mezclas de alcanos (éter de petróleo con un intervalo de ebullición entre 40 y 60°C), alcanos halogenados (clorometano, diclorometano, triclorometano, tetraclorometano, cloroetano), compuestos aromáticos (benceno, tolueno, o-xileno, piridina), eventualmente sustituidos tal como metoxibenceno, clorobenceno o hexametildisiloxano).

- 30 Preferiblemente, se utiliza un disolvente con un punto de ebullición a una presión de la atmósfera circundante menor que 150°C, de manera particularmente preferida menor que 100°C, de manera muy particularmente preferida menor que 70°C.

En el caso de los alcoxisilanos se trata preferiblemente de N,N-(dietilaminometil)dimetoximetilsilano, o de una mezcla de (2-aminoetil)aminometiltrimetoxi-silano y su azaciclo.

- 35 Modo de proceder en el tratamiento de la superficie: el vapor requerido para el tratamiento se genera, por ejemplo, mediante evaporación del silano (o mezcla, eventualmente en presencia de un disolvente) mediante calentamiento en un sistema de aparatos (evaporador) o mediante el paso de un gas eventualmente calentado (N₂, He, Ar, aire) a través del silano líquido, eventualmente calentado (o mezcla eventualmente en presencia de un disolvente) (saturante) y se conduce a la superficie a tratar.

- 40 Esto sucede a través de tuberías o directamente a los sistemas de aparatos conectados al sistema de aparatos o dentro del sistema de aparatos, o el objeto a tratar se coloca en una cámara que es solicitada con el vapor.

Con el fin de evitar la condensación del vapor y, con ello, el empobrecimiento en las proximidades del lugar de entrada, puede ser conveniente, en particular en el caso del tratamiento de espacios internos de aparatos con una gran relación longitud/diámetro, calentar las superficies antes y durante el proceso de tratamiento.

También se pueden emplear aerosoles para los que se cumple lo anterior. Éstos se pueden generar fácilmente, p. ej., mediante emisores de ultrasonidos, y se pueden conducir a la superficie por medio de una corriente gaseosa.

También es imaginable un tratamiento con mezclas a base de aerosol y vapor.

5 El tiempo de tratamiento se orienta en función de la cantidad evaporable de silano y del tamaño de la superficie a tratar.

El proceso de tratamiento se puede vigilar fácilmente mediante la detección de la corriente de vapor/aerosol/gas que sale del sistema de aparatos.

Por ejemplo, con ayuda de un papel indicador húmedo se pueden detectar silanos de carácter ácido y básico.

10 El silano en exceso puede separarse fácilmente por condensación en el orificio de salida con ayuda de un condensador y, con ello, puede recuperarse.

Este modo de proceder posibilita un modo de proceder en circuito, en el que se puede determinar la cantidad del silano aplicado sobre la superficie mediante un simple retro-pesaje y garantiza, además, mantener lo más baja posible la contaminación medioambiental.

El silano en exceso puede captarse, sin embargo, también mediante lavadores o adsorbedores.

15 Conforme a la experiencia, los revestimientos de siloxanos son térmicamente estables hasta aproximadamente 300°C, véase, p. ej., W. Noll: Chemie und Technologie der Silicone, Verlag Chemie, Weinheim 1960, página 151. Con ello, la corrosión también se puede ralentizar a 200°C.

20 La invención posibilita, por consiguiente, un revestimiento que actúa al menos pasivamente de forma temporal de superficies de acero sensibles a la corrosión después de un tratamiento de la superficie a temperaturas menores que 50°C frente a la atmósfera corrosiva de una mezcla gaseosa a base de humedad residual, cloro, cloruro de hidrógeno, clorosilanos, hidrógeno y eventualmente silicio elemental reactivo.

25 Mediante la pasivación se reduce la tasa de extracción de fósforo, es decir, también se reduce el contenido en fósforo del silicio policristalino separado en la instalación de acero, de modo que la puesta en funcionamiento en instalaciones correspondientes puede acelerarse sin peligrar la calidad. En particular, en sistemas cerrados para la separación de polisilicio con clorosilanos que, en unión con la humedad, determinan efectos de corrosión sobre superficies de acero, el empleo muestra grandes ventajas, p. ej., en el gas del circuito de hidrógeno o en sistemas de condensación de clorosilano.

Ejemplos

Se llevó a cabo una amplia serie de ensayos con diferentes silanos o bien sus derivados.

30 A continuación, muestras de acero revestidas y no revestidas se sometieron a un atmósfera corrosiva a base de cloruro de hidrógeno (ácido clorhídrico) húmedo.

35 Las muestras de acero fueron limpiadas antes del tratamiento con el correspondiente compuesto con agua totalmente desalinizada y se secaron con acetona. Entre las distintas etapas de tratamiento, las muestras de acero se almacenaron en un desecador para la protección de influencias del medio ambiente, en particular la humedad del aire en una atmósfera inerte. Antes del comienzo de la primera etapa de tratamiento, se pesaron las muestras de acero, al igual que después de las distintas etapas de tratamiento. Finalmente, se determinó la pérdida de peso condicionada por la corrosión en las probetas. La documentación del estado de las probetas en función de las condiciones de ensayo elegidas (silano, material, duración del tratamiento, etc.) tuvo lugar a través de fotos, por microscopía óptica y a través de REM.

40 Las distintas etapas de tratamiento después de la limpieza efectuada y de la documentación del estado de partida se representan en lo que sigue.

Las probetas se llevaron a un desecador y se almacenaron por encima del correspondiente silano a una temperatura ambiente de 40°C.

Las muestras de acero previamente tratadas con silano, así como en cada caso una muestra comparativa, se almacenaron a) durante 48 h o b) durante 4 h sobre ácido clorhídrico concentrado, en cada caso a 40°C. Con esta etapa de tratamiento pueden simularse condiciones corrosivas tal como reinan también en los cuerpos de acero descritos al comienzo.

- 5 Las muestras se examinaron después de cada una de las etapas de tratamiento con procedimientos de microscopía óptica y de microscopía electrónica y se analizaron así como evaluaron con EDX (siglas inglesas de rayos X dispersivos de energía).

En las micrografías de las muestras se han valorado diferentes desgastes corrosivos en función del silano utilizado y de la duración del tratamiento.

- 10 Pasaron a emplearse muestras de acero pre-tratadas de manera diferente de dos tipos de materiales: acero noble de cromo-níquel austenítico y aleaciones de acero al carbono.

Las muestras fueron pre-tratadas: ya sea sólo decapas, o decapadas y rectificadas.

Para el decapado de los materiales se utilizaron las siguientes disoluciones de decapado:

- 15 20 partes en volumen de ácido clorhídrico ($1,18 \text{ g/cm}^3 = 37\%$ en masa),
3 partes en volumen de ácido nítrico ($1,39 \text{ g/cm}^3 = 65\%$ en masa),
77 partes en volumen de agua.

La temperatura del baño no rebasó los 50°C. El desgaste de material era $\leq 3 \mu\text{m}$.

Después del decapado, las partes se lavaron con agua potable (contenido en iones cloro $\leq 50 \text{ ppm}$) hasta que en las partes decapadas ya no se podía comprobar ácido alguno. La neutralidad se detectó con papel indicador.

- 20 Para el rectificado se utilizaron muelas abrasivas habituales o pulidoras de abanico rotatorio.

El tamaño de grano a elegir se adaptó escalonadamente y de forma adecuada al grano del rectificado final y del efecto de limpieza.

El tratamiento de la superficie se llevó a cabo con una rugosidad media de $R_z \leq 4 \mu\text{m}$.

Esta rugosidad puede alcanzarse, por norma general, durante el rectificado con un grano de 240 o más fino.

- 25 En el caso de las muestras de referencia no se efectuó tratamiento alguno con un silano o con un azaciclo.

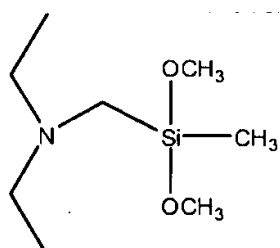
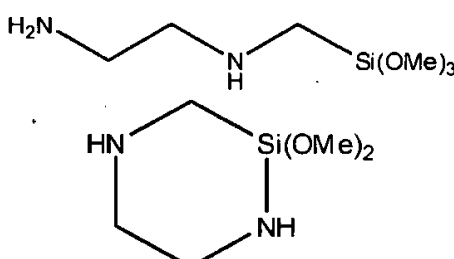
En el caso de las otras muestras pasaron a emplearse los siguientes silanos:

- 30 dietilamino-metiltrimetoxisilano, H-trietoxisilano, TM 10/47-2 (producto de reacción a base de $\text{Si}(\text{OEt})_4$ y SiCl_4 (según GC: 52% de $\text{ClSi}(\text{OEt})_3$, 12% de $\text{Cl}_2\text{Si}(\text{OEt})_2$, 35% de $\text{Cl}_3\text{Si}(\text{OEt})$, N,N-dietilaminometildimetoximetilsilano (97,8%, GC) y 2-(aminoetil)aminometiltrimetoxi-silano (93,3%, GC) y del correspondiente azaciclo (4,5%, GC) - GC = cromatografía de gases.

La Tabla 1 muestra las estructuras de los silanos investigados.

Tabla 1

Compuesto	Estructura
Dietilaminometiltrimetoxisilano	$\text{Et}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{OMe})_3$
H-trietoxisilano	$\text{HSi}(\text{OEt})_3$
TM 10/47-2	Producto de reacción de $\text{Si}(\text{OEt})_4$ y SiCl_4 (según GC: 52% de

	ClSi(OEt) ₃ , 12% de Cl ₂ Si(OEt) ₂ , 35% de Cl ₃ Si(OEt)
(N,N-dietilaminometil)dimetoximetilsilano (97,8%, GC)	
(2-aminoetil)aminometiltrimetoxisilano 93,3%, GC) y el correspondiente azaciclo (4,5% GC)	

Las estructuras se confirmaron en cada caso mediante ¹H- y ²⁹Si-RMN.

Como muestra comparativa se empleó en cada caso la muestra de acero pre-tratada, pero no acondicionada con un silano, del material correspondiente.

- 5 Las muestras de acero se limpiaron, antes del tratamiento con el correspondiente compuesto, con agua totalmente desalinizada (VE), se lavaron con acetona y se secaron.

Entre las distintas etapas de tratamiento, las muestras de acero se almacenaron en un desecador para la protección ante las influencias del medio ambiente, en particular la humedad del aire en una atmósfera inerte, p. ej., de nitrógeno.

- 10 Antes del comienzo de la primera etapa de tratamiento, las muestras de acero se pesaron, al igual que después de cada una de las etapas de tratamiento.
Finalmente, se determinó la pérdida de peso condicionada por la corrosión en las probetas.

La documentación del estado de las probetas en función de las condiciones de ensayo elegidas (silano, material, duración del tratamiento, etc.) tuvo lugar a través de fotos, por microscopía óptica o bien a través de REM.

- 15 Las distintas etapas de tratamiento después de efectuada la purificación y documentación del estado de partida se representan en lo que sigue.

- Las probetas se llevaron a un secador (desecador) y se almacenaron sobre el silano correspondiente a una temperatura ambiente de 40°C durante 48 h.

- Las muestras de acero pre-tratadas con silano, así como en cada caso una muestra comparativa se almacenaron a) durante 48 h o b) durante 4 h sobre ácido clorhídrico (al 36% en masa) en cada caso a 40°C.

- 20 Con esta etapa de tratamiento pueden simularse condiciones corrosivas tal como reinan también en las tuberías descritas al comienzo.

Las Tablas 2 y 3 muestran los resultados.

Tabla 2: Tratamiento a 40°C durante 24 h

Nº	Material	Tratamiento previo	Tratamiento con silano						Tratamiento con HCl		Resultado		
			U	S1	S2	S3	S4	S5	40°C 24h	40°C 4h	G	O	B
1	M1	A	x						x		2.3		3
2	M1	A + B	x						x		2.0		3
5	M2	A	x						x		1.2		3
6	M2	A + B	x						x		1.7		3
9	M1	A		x					x		1.3		3
10	M1	A			x				x		2.4		3
11	M1	A				x			x		1.7		3
14	M1	A + B		x					x		2.1		3
15	M1	A + B			x				x		3.6		3
16	M1	A + B				x			x		3.8		3
19	M2	A		x					x		1.8		3
20	M2	A			x				x		1.9		3
21	M2	A				x			x		2.8		3
24	M2	A + B		x					x		1.7		3
25	M2	A + B			x				x		1.8		3
26	M2	A + B				x			x		2.8		3

Tabla 3: Tratamiento a 40°C durante 4 h

Nº	Material	Tratamiento previo	Tratamiento con silano						Tratamiento con HCl		Resultado		
			U	S1	S2	S3	S4	S5	40°C 24h	40°C 4h	G	O	B
3	M1	A	x							x	3.0	x	2
4	M1	A + B	x							x	4.4	x	3
7	M2	A	x							x	3.7	x	2
8	M2	A + B	x							x	4.9	x	3
12	M1	A					x			x	2.8	x	1
13	M1	A						x		x	2.9	x	1
17	M1	A + B					x			x	2.6	x	1
18	M1	A + B						x		x	3.4	x	1
22	M2	A					x			x	2.8	x	1
23	M2	A						x		x	2.6	x	1
27	M2	A + B					x			x	2.9	x	1
28	M2	A + B						x		x	2.7	x	1

Leyendas con respecto a las Tablas 2 y 3

Materiales

M1 acero noble de cromo-níquel
M2 acero al carbono

5 Tratamiento previo

A decapado
B rectificado

Tratamiento con silano

10 U muestras de referencia no tratadas
S1 dietilamino-metiltrimetoxisilano
S2 H-trietoxisilano
S3 TM 10/47-2
S4 N,N-(dietilaminometil)dimetoximetilsilano (97,8%, GC)
S5 (2-aminoetil)aminometiltrimetoxi-silano (93,3%, GC) y el correspondiente azaciclo (4,5%, GC)

15 Resultados

G pérdida de peso [mg/h] después del tratamiento con HCl
O examen óptico con [microscopía óptica, REM (rayos X dispersivos de energía)]

Ejemplo para el examen óptico: etapas de aumento de 3,2 veces (microscopio óptico iluminación con luz coaxial) a 500x y análisis EDX.

20 A partir de un aumento de 50x se empleó un microscopio electrónico de reflexión.

B Evaluación

1 ligera corrosión = trazas de rectificado no detectables

2 corrosión = trazas de rectificado detectables

3 fuerte corrosión

25 La evaluación tuvo lugar o bien se estimó con trazas de rectificado no detectables o bien corroídas, rasguños detectables, agujeros, etc.
La evaluación cualitativa tuvo lugar mediante REM. La evaluación cuantitativa tuvo lugar a través de la pérdida de peso.

30 Los resultados demuestran que después de un procedimiento de acuerdo con la invención, los cuerpos de soporte de acero tratados con vapores de silano y azaciclo a 40°C se distinguen por una estabilidad frente a la corrosión claramente mejor con respecto a cuerpos de soporte no tratados.

Además, pudo demostrarse que se da una aplicación uniforme de la capa protectora de silano.

De manera notoria, se pudo reducir claramente la corrosión bajo las condiciones conforme al procedimiento con respecto a las muestras no tratadas.

35 Esto se refleja no sólo en la disminución de peso reducida (determinación gravimétrica), sino también en el examen óptico de las probetas tratadas y sometidas a condiciones corrosivas.

Estructuras rectificadas típicas que se mantienen ampliamente también después de la etapa de tratamiento corrosiva en el caso del (2-aminoetil)aminometiltrimetoxisilano (93,3%, GC) y el correspondiente azaciclo (4,5%, GC), sustentan y aclaran el hallazgo gravimétrico.

Ejemplo comparativo

Una tubería recién montada de una longitud de 87 m, diámetro 250 mm, a base de acero al carbono se empleó sin tratamiento de la superficie después de un aclarado con nitrógeno de un día con 10000 m³/h.

Esta tubería de acero se cargó con 9980 Nm³/h de hidrógeno o bien se hizo circular en circuito.

- 5 Las porciones de gas extraño se determinaron como HCl al 0,8% en vol. y humedad de 0,14 ppmv.

A partir de esta corriente de hidrógeno se condujeron 1930 Nm³/h en o bien a través de un reactor Siemens en funcionamiento para la separación de polisilicio a partir de triclorosilano.

En las primeras varillas de polisilicio separadas se midió un contenido en fósforo de 400 ppta.

- 10 La contaminación con fósforo de las varillas de polisilicio pudo alcanzarse al valor especificado menor que 40 ppta sólo después de 30 días, después de la octava carga.

Ejemplo

Una tubería recién montada de una longitud de 89 m, diámetro 250 mm, a base de acero al carbono se empleó con 10000 m³/h mediante nitrógeno saturado con (2-aminoetil)aminometiltrimetoxisilano (93,3%, GC) durante 24 horas a 25-28°C.

- 15 Después de este tratamiento, la tubería de acero se cargó con 10000 Nm³/h de hidrógeno o bien se hizo circular en circuito.

Las porciones de gas extraño se determinaron como HCl al 0,9% en vol. y humedad de 0,14 ppmv.

A partir de esta corriente de hidrógeno se condujeron 1940 Nm³/h en o bien a través de un reactor Siemens en funcionamiento para la separación de polisilicio a partir de triclorosilano.

- 20 En las primeras varillas de polisilicio separadas se midió un contenido en fósforo de 100 ppta, y ya la segunda carga alcanzó el valor especificado de 40 ppta.

REIVINDICACIONES

1. Uso de alcoxisilanos alfa-aminofuncionales para el tratamiento de superficies de acero con contenido en fósforo que son expuestas seguidamente a una atmósfera corrosiva de una mezcla gaseosa a base de humedad residual, cloro, cloruro de hidrógeno, clorosilanos, hidrógeno y eventualmente silicio elemental reactivo.
- 5 2. Uso según la reivindicación 1, en donde en el caso de los alcoxisilanos se trata de N,N-(dietilaminometil)dimetoximetilsilano o de una mezcla de (2-aminoetil)aminometiltrimetoxi-silano y su azaciclo.
3. Procedimiento para el tratamiento de una superficie de acero con contenido en fósforo mediante vaporización de la superficie de acero con alcoxisilanos alfa-aminofuncionales, en el que el tratamiento tiene lugar a una temperatura de la superficie de acero menor que 50°C , y la superficie de acero vaporizada se somete seguidamente a una
10 atmósfera corrosiva de una mezcla gaseosa a base de humedad residual, cloro, cloruro de hidrógeno, clorosilanos, hidrógeno y eventualmente silicio elemental reactivo.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que en el caso de los alcoxisilanos se trata de N,N-(dietilaminometil)dimetoximetilsilano o de una mezcla de (2-aminoetil)aminometiltrimetoxi-silano y su azaciclo.
- 15 5. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que durante el tratamiento se conduce un aerosol sobre la superficie de acero.