

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 819**

51 Int. Cl.:

C09D 5/32	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)	C23F 17/00	(2006.01)
C23C 2/26	(2006.01)	B21D 22/02	(2006.01)		
C08K 3/04	(2006.01)	B21D 35/00	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)	C09D 123/06	(2006.01)		
C23C 2/40	(2006.01)	C09D 133/02	(2006.01)		
C21D 9/46	(2006.01)	C09D 163/00	(2006.01)		
C21D 9/50	(2006.01)	C09D 167/02	(2006.01)		
C21D 1/22	(2006.01)	C21D 8/02	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/32	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2015** **PCT/IB2015/000143**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2015** **WO15150892**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2015** **E 15712408 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018** **EP 3126459**

54 Título: **Proceso de fabricación de alta productividad de piezas de acero revestidas y endurecidas con prensa**

30 Prioridad:

31.03.2014 WO PCT/IB2014/000455

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

05.12.2018

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**DESSAIN, CHRISTINE y
SANADRES, MICHEL**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 692 819 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

Proceso de fabricación de alta productividad de piezas de acero revestidas y endurecidas con prensa

5 **[0001]** La invención se refiere a un proceso de fabricación de piezas a partir de planchas de acero prerrevestidas, calentadas, embutidas y luego endurecidas durante un enfriamiento obtenido al mantenerse dentro de una herramienta de prensa; estas piezas están sobre todo destinadas a ser utilizadas como elementos de estructura en vehículos automovilísticos para garantizar funciones de antintrusión o de absorción de energía. Tales piezas pueden también utilizarse, por ejemplo, para la fabricación de herramienta o de piezas de máquinas agrícolas. Durante este tipo de aplicaciones, se busca realizar piezas de acero que combinen una resistencia mecánica elevada, que soporten bien la corrosión y una buena capacidad para soldar. Se deberían poder fabricar estas piezas embutidas en caliente a través de procesos de alta productividad. Estas exigencias se reúnen sobre todo en la industria automovilística en la que se busca un aligeramiento significativo de los vehículos. Las piezas anti-intrusión o piezas que contribuyen a la seguridad de vehículos automovilísticos tales como las traviesas del 10 parachoques, los refuerzos de la puerta o de larguero, requieren, por ejemplo, las calidades mencionadas más arriba. Esto puede ser sobre todo gracias a piezas de aceros cuya microestructura es martensítica o bainita martensítica.

[0002] La fabricación de dichas piezas se conoce, sobre todo, según las publicaciones FR2780984 y 20 FR2807447 según las cuales un cuerpo recortado en una plancha de acero para un tratamiento térmico, prerrevestido de un metal o de una aleación metálica, se calienta en un horno y luego se embute en caliente. El prerrevestimiento puede ser de aluminio o una aleación de aluminio, zinc o una aleación de zinc. Cuando se calienta en el horno, este prerrevestimiento se alía al sustrato de acero para formar un compuesto que garantiza una protección de la superficie del acero contra la decarburación y la formación de calamina. Este compuesto es apto 25 para calentarse. El mantenimiento de la pieza en el equipo permite que se adapte con un enfriamiento rápido que conduce a la obtención de microestructuras de temple en el sustrato de acero, asociadas a características mecánicas de resistencia y de dureza muy elevadas. Este proceso se conoce con el nombre de endurecimiento por temple bajo prensa o "press hardening".

30 **[0003]** Durante dicho proceso, los cuerpos se calientan en general en hornos de forma continua y los cuerpos se desplazan sobre rodillos en estos hornos. Esta fase incluye una etapa de calentamiento seguida de un mantenimiento a temperatura en el horno, en general, en torno a los 900-950 °C. La temperatura de mantenimiento y la duración de mantenimiento dependen, sobre todo, del espesor de los cuerpos y de la naturaleza del prerrevestimiento de cuerpos. Por motivos de productividad, se buscan procedimientos que permitan acortar al 35 máximo la etapa de calentamiento en horno. Es así como la publicación EP2312005 describe un proceso en el que se suministra una de acero con un prerrevestimiento de aluminio, que se cuece de nuevo a 600-750 °C durante un tiempo que va de 1 a 200 horas. Una difusión del hierro del sustrato hacia el prerrevestimiento interviene, de modo que se obtiene de esta forma un producto prealeado. Después del recorte, estos cuerpos prealeados pueden calentarse más rápido, sobre todo, a causa de la modificación de emisividad causada por el tratamiento de 40 prealeación. Este procedimiento requiere, sin embargo, que se cueza de nuevo en bobina previa de larga duración.

[0004] En el documento EP2463395, también se propone acelerar la cinética de calentamiento disminuyendo localmente la reflectividad de un cuerpo gracias a diferentes procedimientos: deposición anterior de pintura negra, modificación de la rugosidad por granallado, por laminado, Laser o ataque a través de inmersión en una solución 45 ácida. Este documento proporciona, sobre todo, ejemplos en los que pigmentos en fase acuosa o de la pintura negra con base de poliéster/melamina en fase solvente, se han depositado sobre prerrevestimientos galvanizados. Relación de la tasa común de mezcla: 90-92 % poliéster y 8-10 % de melamina (C15H30N6O6) en la capa de pintura tras el secado, y de una concentración pigmentaria volumétrica máxima de un 30 %, la cantidad de nitrógeno en la capa de pintura puesta en marcha en estos experimentos está en un rango de 1,7 a 2,4 % % tras el secado. 50 Sin embargo, este proceso deja completamente de lado algunos problemas esenciales relacionados con el uso posterior de estas piezas: efectivamente, tras la embutición en caliente, las piezas deben ser aptas para una pintura por cataforesis, para poder soldarse y resistir a la corrosión. Sin embargo, como se mostrará más abajo, la aplicación antes de la embutición en caliente de una pintura negra común resistente a altas temperaturas, no permite obtener estas propiedades.

55 **[0005]** Se busca, por lo tanto, un proceso que permita incrementar de forma simultánea la productividad del proceso de embutición en caliente y procurar que las piezas embutidas en caliente y endurecidas así obtenidas sean compatibles con las condiciones habituales de la producción industrial, es decir, que no necesiten, por ejemplo, ninguna modificación de los ajustes existentes de las máquinas de soldadura por resistencia por puntos para el

ensamblaje de estas piezas. Este proceso también tiene que ser compatible con la fabricación de cuerpos soldados prerrevestidos con un revestimiento de aluminio que requiere la ablación anterior por un lado del prerrevestimiento en la periferia del cuerpo, como se describe en el documento EP2007545.

5 **[0006]** Se busca también un proceso poco sensible a ciertas variaciones eventuales de las condiciones de fabricación: particularmente, se busca un proceso cuyos resultados sean relativamente poco sensibles a las condiciones de preparación del cuerpo prerrevestido.

10 **[0007]** Además, se busca un proceso que permita obtener una excelente resistencia frente al agrietamiento diferido: se sabe efectivamente que el endurecimiento en prensa permite obtener piezas con una resistencia mecánica extremadamente elevada cuya microestructura puede ser sensible a un agrietamiento debido a la presencia de hidrógeno en caso de tensiones, por ejemplo, las resultantes del recorte de piezas. Se busca, por lo tanto, un proceso que no represente ningún riesgo incrementado por el agrietamiento diferido o que permitiese incluso disminuir la sensibilidad a ese riesgo.

15 **[0008]** Se busca también un proceso que permita fabricar cuerpos soldados fabricados a partir de planchas de diferente espesor, que no conduciría a una velocidad de calentamiento sensiblemente diferente en las diferentes partes de estos cuerpos soldados.

20 **[0009]** Se busca finalmente un proceso cuyas etapas constitutivas y cuyos elementos materiales que permitan su puesta en marcha, no conduzcan a un sobrecoste prohibitivo.

25 **[0010]** De forma sorprendente, los inventores han destacado que los problemas mencionados más arriba se resolvían de forma económica gracias a una deposición, antes de la embutición en caliente, de una capa polimerizada sobre un prerrevestimiento que incluye al menos una capa de aluminio o de una aleación de aluminio, estando la capa polimerizada compuesta por un polímero específico que contiene pigmentos de carbono en una cantidad comprendida entre un 3 y 30 % en peso.

30 **[0011]** Con este fin, la invención tiene como primer objeto una plancha o un cuerpo prerrevestido que incluye un sustrato de acero para un tratamiento térmico 1 coronado, sobre, al menos, una parte de al menos una de sus caras principales, de un prerrevestimiento 2, que incluye al menos una capa de aluminio o de aleación de aluminio, coronado, sobre al menos una parte del prerrevestimiento, de una capa polimerizada 3 de un espesor comprendido entre 2 y 30 micrómetros, compuesta por un polímero que no incluye silicio y cuya cantidad de nitrógeno es inferior a un 1 % en peso expresado en comparación con la capa, conteniendo la capa polimerizada pigmentos carbonados en 35 una cantidad comprendida entre un 3 y 30 % en peso, expresada en comparación con la capa. Preferentemente, los elementos del polímero se seleccionan de una lista constituida por C, H, O, N.

40 **[0012]** De modo preferente, la capa polimerizada se obtiene a partir de una resina bajo forma de dispersión o de emulsión en fase acuosa.

[0013] De otro modo preferente, la capa polimerizada se obtiene a partir de una resina bajo forma de solución en un solvente no acuoso.

45 **[0014]** De otro modo preferente, la capa polimerizada está constituida por una película colaminada con sustrato.

[0015] Preferentemente, la capa polimerizada se obtiene a partir de una resina de tipo acrílico.

50 **[0016]** De un modo preferente, la capa polimerizada se obtiene a partir de una resina de tipo epoxi o acrílico bajo forma de solución en un solvente no acuoso.

[0017] De otro modo preferente, la capa polimerizada está constituida por una película de tereftalato de polietileno o polietileno o tereftalato de polibutileno o polipropileno.

55 **[0018]** Los pigmentos están constituidos preferentemente, al menos de forma parcial, por carbono activado.

[0019] De forma preferente, los pigmentos están constituidos al menos de forma parcial por grafito.

[0020] La cantidad de carbono activado en la capa polimerizada es preferentemente inferior a un 5 %,

expresada en peso en comparación con la capa.

[0021] Preferentemente, la capa de aluminio o de una aleación de aluminio constituye más de un 50 % del espesor del prerrevestimiento.

5

[0022] La invención se refiere también a una plancha o un cuerpo según uno cualquiera de los modos descritos más arriba, que se caracteriza porque el prerrevestimiento lleva una capa de aleación intermetálica 4 en contacto con el sustrato 1 coronada por una capa de aleación de aluminio metálica 5 y porque, sobre al menos una cara prerrevestida de la plancha, una zona 6 está desprovista de la capa polimerizada y de la capa de aleación metálica, al situarse la zona en la periferia de la plancha o del cuerpo.

10

[0023] La invención se refiere también a un cuerpo soldado realizado por soldadura de, al menos, dos cuerpos, uno al menos de cuerpos 7 siendo un cuerpo, según una cualquiera de las características más arriba, de un espesor e_7 , y menos uno de los cuerpos siendo un cuerpo 8 de un espesor e_8 formado por un sustrato de acero revestido de una capa de aluminio o de una aleación de aluminio idéntica

15

$$\frac{e_7}{e_8} > 1.$$

a la del cuerpo 7, siendo el espesor de los cuerpos 7 y 8 tal como

20 **[0024]** El cuerpo (7) es preferentemente un cuerpo revestido sobre la totalidad del prerrevestimiento, de la

$$2,6 \geq \frac{e_7}{e_8} \geq 2,2.$$

capa polimerizada 3, y los espesores e_7 y e_8 son tales que:

[0025] La invención se refiere también a una pieza 9 obtenida por austenitización tras las embutición en caliente y temple por mantenimiento en la herramienta de embutición, de una plancha o de un cuerpo que contiene un prerrevestimiento que incluye al menos una capa de aluminio o de una aleación de aluminio, la microestructura del sustrato 10 de la pieza que contienen martensita y/o bainita, al estar coronado el sustrato sobre, al menos, una de sus caras principales, por un revestimiento 11 resultado de la interdifusión entre el sustrato de acero y el prerrevestimiento, al estar coronado el revestimiento 11 por una capa de óxido 12, la cantidad ponderal media de oxígeno entre 0 y 0,01 micrómetros bajo la superficie de la pieza que es inferior a un 25 %, y la cantidad ponderal media de oxígeno entre 0,1 y 0,2 micrómetros bajo la superficie, que es inferior a un 10 %.

25

30

[0026] La invención se refiere también a un proceso de fabricación de una pieza endurecida en prensa, que incluye las etapas sucesivas según las cuales:

35

- se suministra una plancha o un cuerpo sustrato de acero para un tratamiento térmico
- se suministra un prerrevestimiento que tiene al menos una capa de aluminio o de una aleación de aluminio en contacto con el sustrato de acero, sobre al menos una de caras principales de la plancha o del cuerpo, luego
- se deposita sobre el prerrevestimiento, una capa polimerizada 3 de un espesor comprendido entre 2 y 30 micrómetros, compuesta por un polímero que no incluye silicio y cuya cantidad de nitrógeno es inferior a un 1 % en peso expresado en comparación con la capa, conteniendo la capa polimerizada pigmentos carbonados en una cantidad comprendida entre un 3 y 30 % en peso, expresada en comparación con la capa, luego
- se calienta el cuerpo o la plancha de forma que se realiza una interdifusión entre el sustrato de acero y el prerrevestimiento y para conferirle una estructura de forma parcial o total austenítica al acero, luego
- se embute el cuerpo o la plancha en caliente para obtener una pieza, luego

40

45

- se enfría la pieza por mantenimiento en la herramienta de embutición de forma que la microestructura del sustrato de acero contenga, al menos en una parte de la pieza, martensita y/o bainita. De modo preferente, el espesor de la plancha o del cuerpo está comprendido entre 1 y 2 mm y la velocidad de calentamiento del cuerpo o de la plancha entre 50 y 500 °C está comprendida entre 15 y 35 °C/s.

50

[0027] Preferentemente, la capa de aluminio o de una aleación de aluminio ocupa más de un 50 % del espesor del prerrevestimiento.

[0028] De modo preferente, los elementos del polímero se seleccionan de una lista constituida por C, H, O, N.

[0029] La invención se refiere también a un proceso de fabricación de un cuerpo soldado embutido en caliente y endurecido en prensa, que incluye las etapas sucesivas según las cuales:

5

- se suministra un cuerpo soldado realizado por soldadura de al menos dos cuerpos, que incluye
- al menos un cuerpo 7 según una cualquiera de las características más arriba, con un espesor e_7 ,
- al menos un cuerpo 8 de un espesor e_8 formado por un sustrato de acero revestido de una capa de aluminio o de una aleación de aluminio de un prerrevestimiento idéntico al del cuerpo 7,

$$\frac{e_7}{e_8} > 1$$

10 - siendo el espesor de los cuerpos 7 y 8 tal como

- se calienta el cuerpo soldado de forma que se realiza una interdifusión entre el sustrato de acero y el prerrevestimiento y para conferirle una estructura de forma parcial o total austenítica al acero, luego
- se embute el cuerpo soldado para obtener un cuerpo soldado embutido en caliente, luego
- se vuelve a enfriar el cuerpo soldado embutido en caliente por mantenimiento en la herramienta de embutición de

15 forma a obtener, al menos en una parte del sustrato del cuerpo soldado embutido en caliente, martensita y/o bainita.

[0030] Preferentemente, el cuerpo soldado, embutido en caliente y endurecido se caracteriza porque el cuerpo (7) está revestido sobre la totalidad del prerrevestimiento, por la capa polimerizada 3, y porque:

$$2,6 \geq \frac{e_7}{e_8} \geq 2,2.$$

20

[0031] Aparecerán otras características o ventajas de la invención aparecerán a lo largo de la descripción más abajo dada a título de ejemplo y que hacen referencia a las figuras que se adjuntan a continuación:

La figura 1 presenta un ejemplo esquemático de la plancha o del cuerpo prerrevestido según la invención, antes de la embutición en caliente.

25 La figura 2 ilustra un ejemplo esquemático de un cuerpo soldado según la invención, en el que los dos cuerpos no tienen el mismo espesor.

La figura 3 ilustra un ejemplo esquemático de un cuerpo según la invención, destinado a ser soldado mediante láser y luego embutido en caliente.

30 La figura 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo de la formación de capas observadas sobre una pieza embutida en caliente según la invención.

Se destacará que estos esquemas no aspiran a reproducir a escala las dimensiones relativas de los diferentes elementos constitutivos.

La figura 5 presenta perfiles de análisis superficial de la cantidad de oxígeno, después del calentamiento a 900 °C y tras la embutición en caliente y el endurecimiento por temple bajo prensa.

35 La figura 6 presenta perfiles de análisis superficial de la cantidad de carbono, después del calentamiento a 900 °C y tras la embutición en caliente y el endurecimiento por temple bajo prensa.

La figura 7 presenta perfiles de análisis superficial de la cantidad de carbono, oxígeno et silicio después del tratamiento a 900 °C y tras la embutición en caliente y el endurecimiento por temple bajo prensa, de un cuerpo prerrevestido no conforme a la invención. La figura 8 muestra el aspecto de la superficie de una pieza embutida en caliente según la invención, en comparación con una pieza embutida en caliente que no incluye ninguna deposición anterior de una capa de polímero con pigmentos carbonados. Esta última está ilustrada a la figura 9.

[0032] El espesor de la plancha de acero puesta en marcha en el proceso según la invención está comprendida preferentemente entre 0,5 y 4 mm aproximadamente, gama de espesor utilizada sobre todo en la fabricación de piezas estructurales o de refuerzo para la industria automovilística.

[0033] El acero del sustrato es un acero para tratamiento térmico, es decir, un acero que puede endurecerse después de una austenitización y enfriarse rápidamente por temple.

50

[0034] A modo de ejemplo, el acero contiene ventajosamente los elementos siguientes, siendo expresada la composición en peso:

- una cantidad de carbono comprendida entre un 0,07 y 0,5 %, preferentemente entre un 0,09 y 0,38 % en peso, y muy preferentemente entre un 0,15 y 0,25 % en peso. Este elemento desempeña un gran papel en la templabilidad y la resistencia mecánica obtenida tras el enfriamiento que sigue el tratamiento de austenitización. Por debajo de una cantidad de un 0,07 % en peso, la capacidad al temple se reduce y la resistencia mecánica en tracción es insuficiente tras el endurecimiento por temple bajo prensa. Una cantidad de 0,15 %C permite garantizar una templabilidad suficiente en las zonas más deformadas en caliente. Más allá de una cantidad de un 0,5 % en peso, el riesgo de que se formen defectos aumenta durante el temple, particularmente, para las piezas de mayor espesor. También se vuelve difícil garantizar una maleabilidad durante el doblado de piezas tras el endurecimiento por temple bajo prensa. Una cantidad en carbono comprendida entre un 0,09 y 0,38 % permite obtener una resistencia a la tracción R_m comprendida entre 1000 y 2050 MPa aproximadamente cuando la microestructura de la pieza es totalmente martensítica.

- además de su papel de desoxidante, el manganeso también tienen un efecto importante sobre la templabilidad particularmente cuando su cantidad en peso es superior a un 0,5 %, y preferentemente superior a un 0,8 %. Sin embargo, es preferible limitar su añadido a un 3 % en peso, y muy preferentemente limitarlo a un 1,5 % para evitar una segregación excesiva.

- la cantidad de silicio del acero tiene que estar comprendida entre un 0,02 y 0,5 % en peso, y preferentemente entre un 0,1 y 0,35 %.

Además de su papel en la desoxidación del acero líquido, este elemento contribuye al endurecimiento del acero pero su cantidad debe, sin embargo, limitarse para evitar la formación excesiva de óxidos y para no perjudicar la capacidad de revestimiento durante el templado.

- más allá de una cantidad superior a un 0,01 %, el cromo aumenta la templabilidad y contribuye a obtener una mayor resistencia tras la operación de moldeo en caliente. Más allá de una cantidad igual a un 1 %, preferentemente un 0,3 %, el efecto del cromo sobre la homogeneidad de las propiedades mecánicas en la pieza, se satura.

- el aluminio es un elemento que favorece la desoxidación y la precipitación del nitrógeno. En cantidad excesiva se forman aluminatos bastos durante la elaboración que tienden a disminuir la maleabilidad, lo que lleva a limitar la cantidad de aluminio a un 0,25 % en peso. Una cantidad mínima de un 0,001 % permite desoxidar el acero al estado líquido durante la elaboración.

- en cantidades excesivas, el azufre y el fósforo conducen a que aumenten la fragilidad. Es por ese motivo que es preferible limitar su cantidad respectiva a un 0,05 y 0,1 % en peso.

- el boro, cuya cantidad tiene que estar comprendida entre un 0,0005 y 0,010 % en peso, y preferentemente entre un 0,002 y 0,005 % en peso, es un elemento que desempeña un papel importante en relación con la templabilidad. Por debajo de una cantidad de 0,0005 %, no se obtiene ningún efecto suficiente sobre la templabilidad. El efecto integral se obtiene para una cantidad de un 0,002 %. La cantidad máxima en boro tiene que ser inferior a un 0,010 %, y preferentemente un 0,005 %, para no deteriorar la tenacidad.

- El titanio tiene una fuerte afinidad para el nitrógeno. Protege el boro de forma que este elemento se encuentra bajo forma libre para desempeña su efecto integral sobre la templabilidad. Más allá de un 0,2 %, existe, sin embargo, un riesgo de que se formen nitruros de titanio bastos en el acero líquido que desempeñan un papel nefasto sobre la tenacidad. Está comprendido preferentemente entre un 0,02 y 0,1.

- A título opcional, el acero puede también incluir tungsteno en una cantidad comprendida entre un 0,001 y 0,3 % en peso. En las cantidades indicadas, este elemento aumenta la templabilidad y la capacidad para endurecerse gracias a la formación de carburos.

- A título opcional, el acero puede también contener calcio en una cantidad comprendida entre un 0,0005 y 0,005 %: al combinarse con el oxígeno y el azufre, el calcio permite evitar la formación de inclusiones de grandes dimensiones que son nefastas para la maleabilidad de las planchas o de las piezas así fabricadas.

45

[0035] El resto de la composición está formada por hierro e impurezas inevitables que resultan de la elaboración.

[0036] Preferentemente, se utilizará el acero 22MnB5 que contiene en peso: 0,20-0,25 %C, 1,1-1,35 %Mn, 0,15 0,35 %Si, 0,02-0,06 %Al, 0,02-0,05 %Ti, 0,02-0,25 %Cr, 0,002-0,004 %B, el saldo siendo del hierro y de las impurezas inevitables. El sustrato de acero tiene un prerrevestimiento de aluminio o una aleación de aluminio. En este último caso, el revestimiento contiene por lo tanto una cantidad de aluminio superior a un 50 % en peso. Este prerrevestimiento, fabricado preferentemente por templado de forma continua, es ventajosamente una aleación aluminio-silicio que incluye en peso 7 un 15 % de silicio, de un 2 a 4 % de hierro, opcionalmente entre 15 y 30 ppm de calcio, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables que resultan de la elaboración.

[0037] El prerrevestimiento puede ser también una aleación de aluminio que contiene un 40-45 %Zn, 3-10 %Fe, 1-3 %Si, siendo el saldo aluminio e impurezas inevitables que resultan de la elaboración.

[0038] El prerrevestimiento puede estar también compuesto por una superposición de capas depositadas por etapas sucesivas, de las cuales al menos una de las capas es aluminio o una aleación de aluminio. La capa de aluminio o de una aleación de aluminio (o, si existen varias capas de esta naturaleza, la suma de los espesores de estas capas) ocupa preferentemente más de un 50 % del espesor del prerrevestimiento.

5

[0039] Este prerrevestimiento es coronado, al menos sobre una de las caras principales de la plancha, con una capa polimerizada que contiene pigmentos carbonados. Esta capa puede depositarse sobre la totalidad del prerrevestimiento metálico o solo sobre una parte de éste. En este último caso, los efectos conferidos por esta capa, descritos más abajo, se obtienen en las zonas en las que se presenta la capa. Con lo que respeta particularmente los efectos térmicos de esta capa, estos se aplican también en menor medida en las zonas que son localmente contiguas a dónde se depositó la capa.

10

[0040] Esta capa polimerizada puede sobre todo obtenerse a través de los modos siguientes:

- 15 - a partir de una resina bajo forma de dispersión o de emulsión en fase acuosa. Se podrá sobre todo utilizar una resina de tipo acrílico.
- a partir de una resina bajo forma de solución en un solvente no acuoso. Se podrá sobre todo utilizar una resina de tipo epoxi, por ejemplo, epoxi fenólica, o acrílica.
- 20 - a partir de una película polímera termoplástica colaminada a la plancha sustrato. Se podrá sobre todo utilizar una película tereftalato de polietileno o polietileno o tereftalato de polibutileno o polipropileno.

[0041] Por motivos de productividad y de regularidad del espesor, la deposición de esta capa puede realizarse preferentemente con rodillo ("roll coating"). Tras la polimerización y/o secado, se obtiene una capa polimerizada cuyo espesor está comprendido entre 2 y 30 micrómetros. Un espesor inferior a dos micrómetros no permite obtener una tasa de cobertura suficiente para poner en marcha el proceso. Un espesor superior a 30 micrómetros conduce a que aumente el riesgo de contaminación de los hornos durante el calentamiento posterior.

25

[0042] La plancha o el cuerpo prerrevestido están representados esquemáticamente en la figura 1. La figura 1 ilustra el sustrato de acero para un tratamiento térmico 1 coronado por un prerrevestimiento metálico 2, él mismo coronado por una capa polimerizada 3 que contiene pigmentos carbonados.

30

[0043] Llegados a ese punto, el sustrato de acero aún no se ha endurecido, es decir, que no tiene, o apenas tiene constituyentes procedentes del temple, por ejemplo, menos de un 10 % de martensita. La plancha o el cuerpo se presentan bajo una forma sensiblemente plana.

35

[0044] Durante el proceso de endurecimiento bajo prensa, el sustrato de acero se calienta a una temperatura T que conduce a su austenitización al menos parcial de forma a realizar una transformación martensítica o bainítica durante el enfriamiento posterior. Si se desea calentar una plancha revestida con una pintura a dicha temperatura, sería entonces lógico elegir una pintura resistente a una temperatura T superior a T_{γ} , es decir, cuyo aglomerante conserve su función con respecto a los pigmentos de la pintura. Se sabe que las pinturas resistentes a altas temperaturas son, en general, de resina de silicona, de polisiloxano, que contienen por lo tanto silicio. Efectivamente, estas están hechas a base de cadenas Si-O-Si que contienen conexiones muy estables, que resisten a altas temperaturas. Sin embargo, los inventores han destacado de forma sorprendente que convenía poner en marcha polímeros que no contienen silicio. Se han obtenido efectos ventajosos, expuestos más abajo, cuando los elementos constitutivos de los polímeros se eligen entre el carbono, el hidrógeno, el oxígeno o el nitrógeno. Durante el calentamiento, estos polímeros se descomponen a una temperatura inferior a T_{γ} y se combinan en parte con el oxígeno de la atmósfera del horno. Se esperaba entonces que los pigmentos de la pintura, desprovistos de aglomerante, ya no fuesen adherentes al sustrato y se desolidaricen de él. También se podía temer que solo subsistiese tras el calentamiento una capa procedente de la descomposición de la pintura que impediría una puesta en marcha posterior por cataforesis o por soldadura por resistencia. Sin embargo, los inventores han destacado de forma sorprendente que estas consecuencias nefastas no se producían en las condiciones de la invención.

50

[0045] La cantidad de nitrógeno de la capa polimerizada 3 tienen que limitarse a un 1 %, preferentemente un 0,5 %, y muy preferentemente un 0,2 %, bajo pena de formar de compuestos del tipo HCN o amoníaco en cantidades demasiado importantes, durante el calentamiento a la temperatura necesaria para la embutición. La cantidad ponderal de pigmentos carbonados, expresada en comparación con la capa polimerizada 3, es comprendida entre un 3 y 30 %: por debajo de un 3 %, la reducción de la duración del ciclo de calentamiento es insuficiente. Más allá de un 30 %, la mezcla presenta una viscosidad inapropiada de la deposición. En esta gama de proporciones, la pieza obtenida después de la embutición en caliente no presenta prácticamente ningún

55

enriquecimiento superficial de carbono, como se mostrará más abajo.

[0046] Los pigmentos carbonados pueden estar bajo forma de grafito o de carbono activado. Este último, que se obtiene a través de una etapa de carbonización a altas temperaturas, posee una estructura amorfa y una superficie específica importante que le confiere un fuerte poder adsorbente. La cantidad ponderal del carbono activado, expresada en comparación con la capa depositada, tiene que ser inferior a un 5 % para ser apta para una mezcla con el polímero.

[0047] Los cuerpos que llevan el prerrevestimiento metálico y la capa de polímero que contienen las partículas de carbono se calientan en un horno bajo atmósfera normal a partir de una temperatura ambiente hasta una temperatura T_y , habitualmente alrededor de los 900 °C, que permite la embutición en caliente posterior. Durante el calentamiento, el carbono de la capa sigue presente sobre la superficie del cuerpo durante la mayor parte de esta etapa de calentamiento, es decir, que su efecto sobre la reflectividad actúa en mayor medida de esta etapa en la que contribuye, por lo tanto, a reducir de forma muy notable la duración. En las condiciones de la invención, los inventores han constatado que se combinaban de forma progresiva durante el calentamiento con el oxígeno del horno y desaparecían casi en su totalidad cuando el cuerpo alcanzaba la temperatura T_y . Los inventores también han constatado que para aplicar la pintura según la invención no era necesario ningún tratamiento de arenado posterior para eliminar una capa eventual de óxido nefasto con respecto a una pintura posterior por cataforesis. La aplicación de la pintura según la invención no modifica su capacidad para soldar por resistencia piezas después de la embutición en caliente, de modo que no es necesario modificar los ajustes de las máquinas de soldadura. Además, como se mostrará más abajo, el proceso de la invención permite aumentar la resistencia al agrietamiento diferido de piezas embutidas en caliente, debido a la disminución de la cantidad de hidrógeno que se pueda propagar. La aplicación de la pintura según la invención no disminuye la resistencia a la corrosión de las piezas embutidas en caliente.

[0048] La invención puede ponerse en marcha según un modo particular presentado en la figura 2 que ilustra esquemáticamente un cuerpo soldado que incluye dos cuerpos 7 y 8 con unos espesores respectivos e_7 y e_8 tales

$$\frac{e_7}{e_8} > 1.$$

como . Estos dos cuerpos incluyen un sustrato de acero prerrevestido de aluminio o de una aleación de aluminio, siendo idéntico el prerrevestimiento sobre los dos cuerpos. La junta soldada puede realizarse mediante cualquier proceso adecuado, y sobre todo, por soldadura con arco o por rayo láser. Si dicha junta soldada se calienta para ser embutida en caliente, el espesor diferente de las partes constitutivas conduce a una cinética de calentamiento diferente en estas dos partes, al calentarse el cuerpo 7 a una velocidad menos rápida que el cuerpo 8 más delgado. Esto puede entonces conducir a microestructuras y propiedades diferentes en el sustrato y en el revestimiento de las partes 7 y 8, después de la embutición en caliente. En algunos casos, no se pueden determinar condiciones operacionales como la temperatura de calentamiento y la duración de mantenimiento, satisfactorias para obtener las propiedades deseadas en las diferentes zonas constitutivas de la junta soldada.

[0049] Según la invención, se deposita una capa de polímero descrita más arriba, para obtener una capa polimerizada que contiene de un 3 a 30 % de pigmentos carbonados, en el cuerpo 7 el más grueso. El cuerpo 8 el más delgado no incluye dicha capa sobre el prerrevestimiento de aluminio o de una aleación de aluminio. En función de la homogeneidad deseada de las propiedades sobre la pieza embutida en caliente, se puede depositar la capa sobre la totalidad del cuerpo 7 o solo sobre una parte. El cuerpo soldado se coloca luego en un horno. La aplicación anterior de la capa de pintura permite aumentar la emisividad del cuerpo 7 y reducir la diferencia de velocidad de calentamiento entre los dos cuerpos 7 y 8 que existe debido a la diferencia entre los espesores.

[0050] Los inventores han demostrado que cuando el suministro de los cuerpos es tal como:

$$2,6 \geq \frac{e_7}{e_8} \geq 2,2,$$

la duración de calentamiento es prácticamente la misma en las partes 7 y 8, ya que la aplicación de la capa de pintura según la invención modifica la emisividad para compensar casi en su totalidad el efecto de la diferencia de espesores de los cuerpos 7 y 8 durante el ciclo de calentamiento, lo que garantiza una excelente homogeneidad de las propiedades de la pieza después de la embutición en caliente y el endurecimiento bajo prensa.

[0051] Los cuerpos 7 y 8 pueden prerrevestirse, por ejemplo, con una aleación aluminio-silicia que incluye en

peso un 7-15 % de silicio, de un 2 a 4 % de hierro, opcionalmente entre 15 y 30 ppm de calcio, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables que resultan de la elaboración. En estas condiciones, como lo ilustra esquemáticamente la figura 3, el prerrevestimiento 2 incluye una capa de una aleación intermetálica 4 de unos micrómetros de espesor que incluye mayoritariamente Fe₂Al₃, Fe₂Al₅ y Fe_xAl_ySi_z, en contacto con el sustrato de acero 1. Esta capa intermetálica 4 está coronada por una capa de una aleación metálica Al-Si-Fe 5. Sobre el cuerpo 7, el más grueso, esta capa 5 está ella misma coronada por una capa de polímero 3 descrita más arriba, que contiene de un 3 a 30 % de pigmentos carbonados. Para evitar la formación de compuestos intermetálicos frágiles en la zona fundida durante la soldadura, se retira la capa de una aleación metálica 5 de la periferia de cuerpos, dejando sitio a la fina capa de una aleación intermetálica 4. Esta ablación local puede realizarse a través de cualquier medio, sobre todo, por fusión y vaporización gracias a un láser pulsado. Los inventores han destacado que la presencia de la capa de polímero con pigmentos carbonados no entorpecía la ablación que puede realizarse en condiciones de productividad satisfactorias. A título indicativo, los resultados deseados pueden obtenerse utilizando una potencia láser de 50 W a 1,5 kW, una velocidad de ablación del orden de 3 a 6 m/mn, una longitud de onda de 300 a 1500 nm.

[0052] La figura 3 ilustra un ejemplo en el que se retira sobre un borde de un cuerpo prerrevestido pintado, la capa de pintura 3 y la capa de aleación metálica 5. El revestimiento intermetálico 4 asoma por lo tanto a la superficie 6 después de esta ablación.

[0053] La figura 3 presenta un ejemplo en el que la ablación se realizó sobre una sola cara del cuerpo. También se puede realizar esta ablación sobre las dos caras cuando se desea minimizar la cantidad de aluminio introducida en el metal fundido de la soldadura por refusión.

[0054] La soldadura de los cuerpos interviene a lo largo del borde en el que se realiza la ablación. Estos luego se calienta y finalmente embutidos en caliente y endurecidos en prensa. Los inventores han demostrado que el proceso según la invención permite fabricar piezas embutidas en caliente que presentan una buena capacidad para soldarse por punto y para la pintura por cataforesis, una buena resistencia a la corrosión y al agrietamiento diferido.

[0055] A modo de ejemplos no limitativos, los modos de realización siguientes van a ilustrar ventajas conferidas por la invención.

Ejemplo 1:

[0056] Se han suministrado cuerpos de 1 mm de espesor de acero que tienen la siguiente composición en peso: 0,228 % C, 1,189 % Mn, 0,014 % P, 0,001 % S, 0,275 % Si, 0,028 % Al, 0,034 % Ti, 0,003 % B, 0,177 % Cr, el resto siendo hierro e impurezas que resultan de la elaboración. Estos cuerpos tienen un prerrevestimiento de 24 micrómetros de espesor sobre cada cara, que contienen un 9 % en peso de silicio, un 3 % en peso de hierro, siendo el saldo aluminio e impurezas inevitables. Luego se deposita sobre algunos de los cuerpos, por aplicación con rodillo sobre la totalidad de las dos caras, una capa compuesta de polímero y de pigmentos carbonados, en fase acuosa, en las diferentes condiciones indicadas en la tabla más abajo. La resina acrílica fenoxi contiene menos de un 0,2 % de nitrógeno sobre capa depositada. La cantidad ponderal de pigmentos en carbono de estas capas depositadas con rodillo se indica en la tabla 1 más abajo. Las capas depositadas se han secado mediante quemado a 70 °C durante 5 minutos.

Tabla 1. Condiciones de la prueba

Prueba	Naturaleza del polímero de la capa depositada sobre el prerrevestimiento	Cantidad ponderal de pigmentos de carbono activado, expresado en relación con la capa después del secado (%)	Cantidad ponderal de pigmentos de carbono grafito, expresado en relación con la capa después del secado (%)	Espesor de la capa depositada después del secado (micrómetros)
I1	Resina acrílica fenoxi	5	-	15
I2	Resina acrílica fenoxi	-	15	15
I3	Resina acrílica fenoxi	1	12	15
I4	Resina acrílica fenoxi	1	12	11
I5	Resina acrílica fenoxi	1	12	26
R1	Polisiloxano	0	0	30

R2	Sin revestimiento polímero ni pigmentos carbono	-	-	-
(I = Invención, R = Referencia)				

[0057] Análisis termogravimétricos revelan que la resina acrílica se descompone en su mayoría en torno a los 400°C.

5 **[0058]** Se han calentado cuerpos de acero preparados en las condiciones de la tabla más arriba a partir de una temperatura ambiente hasta los 900 °C en un horno bajo atmósfera normal, mantenidos un minuto a esta temperatura, y luego embutidos en caliente y endurecidos por temple manteniéndolos en la herramienta de embutición. El enfriamiento rápido así obtenido le confiere una estructura martensítica al sustrato de acero. La resistencia mecánica Rm es de aproximadamente 1500 MPa.

10

[0059] El ciclo térmico provoca una aleación del hierro del sustrato con el revestimiento, creando así aleaciones intermetálicas que contienen esencialmente aluminio, hierro y silicio.

[0060] En cada una de las condiciones más arriba, se midió mediante termopares la duración de

15 calentamiento, Δt_{20}^{900} es decir, el tiempo que se extiende entre el momento en el que el cuerpo está a temperatura ambiente y el momento en el que alcanza los 900 °C. Se representan los resultados en la tabla 2.

Tabla 2- Duración de calentamiento de 20 a 900 °C

Prueba	Δt_{20}^{900} (S)
I1	70
I2	70
I3	70
I4	70
I5	70
R1	68
R2	185

20 **[0061]** La aplicación de una capa polimerizada, que tiene pigmentos de carbono (experimentos I1 a I5 y R1), permite reducir a más de un 50 % la duración de calentamiento en comparación con solo el prerrevestimiento metálico (prueba R2)

25 **[0062]** También se mide la velocidad media obtenida durante el calentamiento entre los 50 y 500 °C, sobre de cuerpos preparados en las condiciones I3 y R2, con un espesor comprendido entre 1 y 2mm. La tabla 3 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3: Velocidad de calentamiento entre 50 y 500 °C

Prueba	Espesor (mm)	V20-500 °C (°C/s)
I3	1	31
	1,5	22
	2	16
R2	1	12
	1,5	10
	2	7

30 **[0063]** En las condiciones de la invención, se destaca así que se puede obtener una velocidad de calentamiento comprendida entre 15 y 40 °C/s entre 50 y 500 °C, para toda la gama de espesores, mientras que esta velocidad sigue siendo inferior a 12 °C/s, en las condiciones de referencia R2.

[0064] La figura 5 ilustra los análisis de oxígeno por espectroscopia de descarga luminiscente realizados sobre cuerpos calentados a 900 °C y luego templados. Estas expresan la variación de la cantidad ponderal de

oxígeno en función del espesor, a partir de la superficie de las piezas endurecidas bajo prensa. En comparación con los experimentos de referencia R1 (revestimiento con base de polisiloxano) y R2 (prerrevestimiento metálico sin aplicación de pintura), la aplicación de resina y de pigmentos carbonados según la invención (I3) conduce a una disminución de la capa de óxido en la capa superior de la superficie: en el caso de la prueba I3, la cantidad media de oxígeno medida entre 0 y 0,01 micrómetro bajo la superficie es de un 16,7 %, mientras que es de un 30,3 % para la prueba R2. Esta disminución de la cantidad media de oxígeno en superficie permite disminuir la resistencia de contacto, lo que le confiere una mejor capacidad para soldarse por resistencia por puntos. Sin estar relacionado con ninguna teoría, se cree que la deposición de la capa de polímero según la invención protege en cierta medida, la capa de aleación de aluminio subyacente, y reduce la formación de alúmina en la superficie.

[0065] En los otros experimentos I4 y I5, se constata que la variación de la cantidad de oxígeno en función de la profundidad, es muy semejante a la que se ilustra para I3 en la figura 5.

[0066] En el caso de la prueba R1, el uso de un polímero con base de polisiloxano conduce a la formación de una capa gruesa de óxido: la cantidad media de oxígeno medida entre 0,1 y 0,2 micrómetros bajo la superficie es de un 18 %, mientras que esta es inferior a un 10 % en las condiciones de la invención: 3,8 % en la prueba I3, 3 % para la prueba I4, 4,8 % para la prueba I5. En el caso de la prueba R1, para realizar una pintura posterior por cataforesis, es necesario retirar la capa de óxido mediante tratamientos de arenado o de granallado costosos, mientras que éstos no son necesarios en el caso de la invención ya que la capa de óxido tienen un espesor claramente inferior.

[0067] En los experimentos I3-I5 según la invención, la cantidad de oxígeno superficial después de endurecerse bajo prensa, apenas depende del espesor de la capa polimerizada depositada sobre el prerrevestimiento, como lo demuestra la tabla más abajo.

Tabla 4: características de la cantidad de oxígeno en superficie en función del espesor de la deposición del polímero sobre el prerrevestimiento

Prueba	Espesor de la capa depositada después del secado (micrómetros)	Cantidad media de oxígeno entre 0 y 0,01 micrómetro bajo la superficie (%)	Cantidad media de oxígeno entre 0,1 y 0,2 micrómetros bajo la superficie (%)
I4	11	17,5	3
I3	15	16,6	3,8
I5	26	14,4	4,8

[0068] Esto significa que la etapa inicial de deposición de la capa de polímero con las partículas de carbono puede realizarse con cierta flexibilidad con respecto al espesor y no necesita por lo tanto poner en marcha procesos de deposición específicos y costosos.

[0069] Se observa en la figura 6 que la deposición de pigmentos carbonados con un polímero en las condiciones de la invención (experimentos I3 y I5) no provoca ningún enriquecimiento superficial significativo de carbono en comparación con la situación de referencia R2. Contrariamente a lo que se esperaba, los inventores han destacado que el añadido de pigmentos carbonados reducía incluso la cantidad de carbono en la capa superior de la superficie después del tratamiento de endurecimiento bajo prensa. Esto indica que una reacción del carbono con el oxígeno de la atmósfera interviene de forma casi total durante la fase de calentamiento del cuerpo en el horno.

[0070] En las condiciones de la invención, pruebas interrumpidas a diferentes temperaturas durante el calentamiento revelan que el carbono sigue presente en la superficie del cuerpo durante la mayor parte de esta etapa, es decir que su efecto sobre la reflectividad tiene lugar directamente durante una gran parte del ciclo térmico. Pero, tal y como se indicó la combinación progresiva del oxígeno de la atmósfera con el carbono conduce a que desaparezca casi completamente este último elemento cuando el cuerpo alcanza la temperatura de 900 °C.

[0071] En el caso de una deposición realizada en condiciones de referencia (R1), se presenta en la figura 7 variaciones de proporciones ponderales en carbono, oxígeno y silicio medidas sobre las piezas obtenidas por calentamiento a 900 °C, mantenimiento un minuto a esta temperatura y luego embutición en caliente y temple bajo prensa. Además de una cantidad en oxígeno más elevada que en los experimentos según la invención I3-I5, se destaca un aumento sensible de la cantidad superficial de silicio, al encontrarse este bajo forma de óxido que modifica la capacidad para soldarse por resistencia, a causa del fuerte aumento de la resistencia de contacto, superior a 1,5 milliohms

[0072] Se ha examinado la soldabilidad por resistencia por punto de piezas realizadas según las condiciones I2 y R2, realizando puntos soldados bajo un esfuerzo de soldadura de 350 daN. Se examina la amplitud del campo de soldabilidad a través de la diferencia entre la intensidad mínima Imin que permita obtener un diámetro de punto de 6 mm asociado a un comportamiento mecánico satisfactorio, y la intensidad máxima Imax más allá de la que se constata una expulsión de metal líquido durante la soldadura. El ancho del campo de soldabilidad (Imax- Imin) es de aproximadamente 1500 A, equivalente para las condiciones I2 y R2. Del mismo modo, se constata que los resultados de experimentos de tracción en cruz sobre los puntos soldados son idénticos: para una intensidad de soldadura Imin, la resistencia mecánica es igual a 3370 N (condición R2) y a 3300 N (condición I2) Para una intensidad de soldadura Imax, - la resistencia mecánica: es igual a 4290 N (condición R2) y a 4127 (condición I2) Así, la aplicación de polímero y de partículas de carbono según la invención no altera la capacidad para soldarse por puntos. La invención puede ponerse en marcha sin modificar los ajustes de máquinas de soldadura. Se puede soldar una plancha prerrevestida de aluminio o de una aleación de aluminio con una deposición de polímero y de carbono según la invención, y una plancha solamente prerrevestida, con la garantía que las condiciones de soldadura serán las adecuadas para estos dos tipos de planchas.

[0073] Las superficie de piezas embutidas en caliente y endurecidas en las condiciones I1-3 y R2 han sido observadas cenitalmente con un microscopio electrónico de barrido. En la condición de referencia (R2, figura 8), la rugosidad superficial es importante, lo que garantiza una buena capacidad para la pintura por cataforesis posterior. Se observa en la figura 9 que la rugosidad superficial de la pieza realizada en la condición de la invención (I2) es similar. Se han realizado observaciones idénticas para las condiciones I1 y I3. Como se vio anteriormente que la superficie de piezas fabricadas según la invención no era enriquecida con carbono, esto garantiza que no se reduce la capacidad para la cataforesis por la aplicación anterior del polímero y de pigmentos carbonados.

Ejemplo 2:

[0074] Se examinó la resistencia a diferentes formas de corrosión de piezas embutidas en caliente y endurecidas bajo prensa, realizadas según las condiciones I2 (prerrevestimiento AISi y pintura según la invención) y R2 (solo prerrevestimiento AISi) de la tabla 1.

[0075] Se determinó la resistencia a la corrosión cosmética en las condiciones siguientes: se realizaron arañazos de diferentes profundidades, que afectaban únicamente el revestimiento (condición A) o que afectaban también el sustrato (condición B) de piezas embutidas en caliente. Estas se sometieron a alternancias cíclicas de temperatura y de humedad en niebla salina durante seis semanas en las condiciones descritas en la prueba "new VDA 233-102" conocido de por sí. Se midió luego la amplitud de la formación de ampollas a la altura de los arañazos. Se presentan los resultados en la tabla 5.

Tabla 5 – Resultados de corrosión cosmética

	Amplitud de la formación de ampollas (mm) Condición A	Amplitud de la formación de ampollas (mm) Condición B
I2	2,7	4
R2	2,6	4,2

[0076] Con respeto a la prueba de referencia R2, se constata que la aplicación de la pintura según la invención no disminuye la resistencia a la corrosión cosmética.

[0077] Se evaluó la resistencia a la corrosión perforante a través de experimentos llevados a cabo durante doce semanas en las condiciones de la prueba "new VDA" mencionada más arriba. Las pérdidas de masa medidas para las piezas fabricadas en las condiciones I2 y R2 son las siguientes:

Tabla 6 – Resultados de corrosión cosmética

	Pérdida de masa (g/m ²)
I2	170
R2	180

[0078] Con respeto a la prueba de referencia R2, se constata que la aplicación de la pintura según la invención no disminuye la resistencia a la corrosión perforante.

Piezas de 1 mm embutidas en caliente realizadas según las condiciones I2 y R2 han soportado una pintura por cataforesis.

Se midió la adherencia de esta capa de cataforesis después de los araños en cuadrícula, luego inmersión en agua a 50 °C durante 10 días. Se constata que la aplicación de la pintura según la invención no disminuye la adhesión de la capa de cataforesis.

5 Ejemplo 3:

[0079] Se han suministrado cuerpos de acero 22MnB5 de 1, 5 y 2 mm de espesor que tienen en sus dos caras un prerrevestimiento de 23 micrómetros de espesor, que contienen un 9 % de Si y un 3 % de Fe, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables. Luego se depositó sobre algunos de los cuerpos, mediante aplicación con rodillo sobre la totalidad de las dos caras principales, una capa compuesta de polímero y de pigmentos carbonados, en la condición I2 según la invención indicada en la tabla 1. No se pintaron los otros cuerpos (condición R) Los cuerpos se calentaron a 900 °C, mantenidos un minuto a esta temperatura, y luego embutidos en caliente y endurecidos por temple manteniéndolos en la herramienta de embutición. Se midió la cantidad de hidrógeno que se pueda propagar gracias a un procedimiento de análisis de desorción térmica (o "Thermal Desorption Analysis") conocida de por sí. La cantidad de hidrógeno que se puede propagar de estos cuerpos se recoge en la tabla 7.

Tabla 7 – Cantidad de hidrógeno que se puede propagar

Revestimiento	Espesor del cuerpo (mm)	Cantidad de hidrógenos que se puede propagar (ppm)
I2	1,5	0,15
R	1,5	0,21
I2	2	0,17
R	2	0,25

[0080] La deposición de la pintura específica de la invención permite reducir de forma muy notable la cantidad de hidrógeno que se puede propagar. Sin estar relacionado con ninguna teoría, los inventores piensan que la aplicación de la deposición según la invención reduce la duración durante la que el hidrógeno puede ser adsorbido a lo largo de la etapa de calentamiento antes de la embutición. La invención permite, por lo tanto, disminuir notablemente la sensibilidad al agrietamiento diferido de piezas embutidas en caliente y endurecidas. La puesta en marcha de la invención permite, por lo tanto, utilizar aceros cuya composición más cargada de elementos de aleación conduce a una resistencia mecánica más elevada después de embutición en caliente, todo ello sin aumentar el riesgo con respecto al agrietamiento diferido.

Ejemplo 4:

[0081] Se han suministrado cuerpos de acero 22MnB5 de 1, 2 y 2,5 mm de espesor que tienen en sus dos caras un prerrevestimiento de 23 micrómetros de espesor, que contienen un 9 % de Si y un 3 % de Fe, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables. El prerrevestimiento está formado por una fina capa de una aleación intermetálica que incluye en su mayor parte Fe₂Al₃, Fe₂Al₅ y Fe_xAl_ySi_z, de aproximadamente 4 micrómetros de espesor en contacto con el sustrato de acero. Esta capa intermetálica está coronada por una capa de una aleación metálica Al-Si de 19 micrómetros de espesor.

[0082] Se depositó sobre algunos de los cuerpos, mediante aplicación con rodillo sobre la totalidad de las dos caras principales, una capa compuesta de polímero y de pigmentos carbonados, en la condición I2 indicada en la tabla 1.

[0083] Se han calentado estos cuerpos a 900 °C, los ciclos térmicos medidos por termopares han permitido determinar la emisividad térmica: para las planchas pintadas según la invención, esta disminuye durante el ciclo de calentamiento de 0,6 a 0,3 aproximadamente. Para las planchas no pintadas de referencia, la emisividad disminuye de 0,2 a 0,1 aproximadamente durante el ciclo de calentamiento.

[0084] Tomando como referencia la figura esquemática 2, se han realizado cuerpos ensamblados por soldadura láser. Estos cuerpos estaban constituidos por dos cuerpos de espesores diferentes. El más delgado de cuerpos, marcado como 8, con un espesor e₈ está formado por una plancha prerrevestida de la aleación de aluminio más arriba; el cuerpo más grueso, marcado como 7, con un espesor e₇ está formado por una plancha prerrevestida con la misma aleación de aluminio y con una capa polimerizada según la condición I2 más arriba. Para evitar la formación de compuestos intermetálicos frágiles en la zona fundida durante la soldadura, se ha retirado, mediante ablación sobre las dos caras, mediante un láser pulsado, la capa de la aleación metálica Al-Si-Fe sobre un ancho de

1,1mm en la periferia de cuerpos, dejando en su sitio la fina capa de aleación intermetálica. En el caso de cuerpos prerrevestidos no pintados, solo se retiró la capa de aleación metálica; en el caso de cuerpos prerrevestidos con capa polimerizada, la capa de aleación metálica además de la capa polimerizada se han retirado sobre el ancho mencionado más arriba. Una velocidad de ablación de 3 m/mn permite conseguir los resultados deseados.

5

[0085] Se ha calentado luego a 900 °C estos cuerpos soldados midiendo la temperatura a través de termopares colocados en cada una de las dos partes 7 y 8 de los cuerpos soldados (cuerpos con un espesor e_7 y

$$\Delta t_{20}^{900}$$

e_8). Se determina así la duración de calentamiento en cada una de las partes 7 y 8 además de la diferencia de temperatura que existe entre estas dos partes en todo momento durante el calentamiento. La

10 diferencia de temperatura máxima durante el ciclo de calentamiento $\Delta \Theta_7^8$, además de Δt_{20}^{900} están indicadas en la tabla 8. Los cuerpos soldados son luego embutidos en caliente y endurecidos por mantenimiento bajo prensa.

Tabla 8

Referencia de la prueba	e_7 (mm) cuerpo sin capa polimerizada	e_8 (mm) cuerpo capa polimerizada	$\frac{e_7}{e_8}$	Δt_{20}^{900} (7) (s)	Δt_{20}^{900} (8) (s)	$\Delta \Theta_7^8$ (°C)
I4	2	1	2	160	170	44
I5	2,5	1	2,5	175	170	2

15

[0086] En comparación, la tabla 9 presenta el resultado obtenido durante el calentamiento de un cuerpo soldado formado por dos cuerpos prerrevestidos de una aleación Al-Si, no pintadas, con un espesor respectivo de 2 y 1 mm.

Tabla 9

Referencia de la prueba	e_7 (mm) cuerpo sin capa polimerizada	e_8 (mm) cuerpo capa polimerizada	$\frac{e_7}{e_8}$	Δt_{20}^{900} (7) (s)	Δt_{20}^{900} (8) (s)	$\Delta \Theta_7^8$ (°C)
R3	2	1	2	360	170	155

20

[0087] En las condiciones de la invención (experimentos I4 y I5) la duración de calentamiento es muy semejante en las dos partes 7 y 8 que forman la junta soldada. Esto permite garantizar que las microestructuras del sustrato de acero después de la austenitización y del revestimiento obtenido por interdifusión serán muy semejantes en las partes 7 y 8 de la junta soldada. En comparación, la prueba de referencia R3 conduce a una situación en la que la parte del cuerpo soldado la más gruesa se calienta a 900 °C de forma mucho más lenta que la parte delgada. Por lo tanto, es necesario que la parte delgada de la junta soldada se mantenga a 900 °C durante 190s, para que la parte gruesa alcance la temperatura de 900 °C, lo que puede conducir a un aumento del grano austenítico no deseado en el sustrato de acero de la parte más delgada, o una interdifusión excesiva entre el prerrevestimiento y el sustrato en esta parte. El proceso según la invención permite evitar estos problemas.

30

$$\frac{e_7}{e_8}$$

[0088] En la prueba I5, en la que la relación $\frac{e_7}{e_8}$ es igual a 2,5, la diferencia de temperatura entre las dos partes de la junta soldada en todo momento del ciclo de calentamiento es particularmente débil; inferior a 2 °C,

$$I4 \left(\frac{e_7}{e_8} = 2 \right)$$

mientras que es igual a 44 °C en la prueba $\frac{e_7}{e_8}$. Este modo preferente en el que la relación del espesor está comprendida entre 2,2 y 2,6, se elegirá la mayor homogeneidad térmica posible, cuando se busque, durante el

35

[0089] Así, la invención permite fabricar piezas embutidas en caliente en condiciones de productividad aumentadas, que presentan una buena capacidad para soldarse por punto y para la pintura por cataforesis, una

buena resistencia a la corrosión y al agrietamiento diferido. Estas piezas se utilizarán de forma provechosa como piezas de estructura o de refuerzo en el campo de la construcción automovilística.

REIVINDICACIONES

1. Plancha o un cuerpo prerrevestido que incluye un sustrato de acero para un tratamiento térmico 1 coronado, sobre, al menos, una parte de al menos una de sus caras principales, de un prerrevestimiento 2, que
5 incluye al menos una capa de aluminio o de aleación de aluminio, coronado, sobre al menos una parte del prerrevestimiento, de una capa polimerizada 3 de un espesor comprendido entre 2 y 30 micrómetros, compuesta por un polímero que no incluye silicio y cuya cantidad de nitrógeno es inferior a un 1 % en peso expresado en comparación con dicha capa, dicha capa polimerizada con pigmentos carbonados en una cantidad comprendida entre un 3 y 30 % en peso, expresada en comparación con dicha capa.
- 10 2. Plancha o cuerpo según la reivindicación 1 **se caracteriza porque** los elementos de dicho polímero se seleccionan de una lista constituida por C, H, O, N.
3. Plancha o cuerpo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 **que se caracteriza porque**
15 dicha capa polimerizada se obtiene a partir de una resina bajo forma de dispersión o de emulsión en fase acuosa.
4. Plancha o cuerpo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 **que se caracteriza porque** dicha capa polimerizada se obtiene a partir de una resina bajo forma de solución en un solvente no acuoso.
- 20 5. Plancha o cuerpo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 **que se caracteriza porque** dicha capa polimerizada está formada por una película colaminada a dicho sustrato.
6. Plancha o cuerpo según la reivindicación 3 **que se caracteriza porque** dicha capa polimerizada se obtiene a partir de una resina de tipo acrílica.
- 25 7. Plancha o cuerpo según la reivindicación 4 **que se caracteriza porque** dicha capa polimerizada se obtiene a partir de una resina de tipo epoxi o acrílica.
8. Plancha o cuerpo según la reivindicación 5 **que se caracteriza porque** dicha capa polimerizada está
30 formada por una película de tereftalato de polietileno o de polietileno o de tereftalato de polibutileno o de polipropileno.
9. Plancha o cuerpo según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 8, **que se caracteriza porque** dichos pigmentos están formados, al menos de forma parcial, por carbono activado.
- 35 10. Plancha o cuerpo según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 9, **que se caracteriza porque** dichos pigmentos están formados, al menos de forma parcial, por grafito.
11. Plancha o cuerpo según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 10 **que se caracteriza porque**
40 la cantidad de carbono activado de dicha capa polimerizada es inferior a un 5 %, expresado en peso en comparación con dicha capa.
12. Plancha o cuerpo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 **que se caracteriza porque** dicha capa de aluminio o de una aleación de aluminio constituye más de un 50 % del espesor de dicho
45 prerrevestimiento.
13. Plancha o un cuerpo según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 12, **que se caracteriza porque** dicho prerrevestimiento lleva una capa de aleación intermetálica (4) en contacto con dicho sustrato (1) coronada por una capa de aleación de aluminio metálica (5) y **porque**, sobre al menos una cara prerrevestida de
50 dicha plancha, una zona (6) está desprovista de dicha capa polimerizada y dicha capa de aleación metálica, al situarse la zona en la periferia de la plancha o del cuerpo.
14. Cuerpo soldado realizado por soldadura de, al menos, dos cuerpos, **que se caracteriza porque** uno al menos de los cuerpos (7) siendo un cuerpo, según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 13 con el
55 espesor e_7 , y que al menos uno de los cuerpos sea un cuerpo 8 con un espesor e_8 formado por un sustrato de acero revestido de una capa de aluminio o de una aleación de aluminio idéntica a la del cuerpo (7), siendo el espesor de

$$\frac{e_7}{e_8} > 1$$

dichos cuerpos (7) y (8) tal como

15. Cuerpo soldado según la reivindicación 14, **que se caracteriza porque** dicho cuerpo (7) es un cuerpo revestido sobre la totalidad de dicho prerrevestimiento, por dicha capa polimerizada (3), y **porque**:

5

$$2,6 \geq \frac{e_7}{e_8} \geq 2,2$$

16. Pieza (9) obtenida por austenitización tras la embutición en caliente y temple por mantenimiento en la herramienta de embutición, de una plancha o de un cuerpo según la reivindicación 1, que contiene un prerrevestimiento que incluye al menos una capa de aluminio o de una aleación de aluminio, la microestructura del sustrato (10) de dicha pieza que contiene martensita y/o bainita, al estar coronado dicho sustrato sobre, al menos, una de sus caras principales, por un revestimiento (11) coronado por una capa de óxido (12), **que se caracteriza porque** la cantidad ponderal media de oxígeno entre 0 y 0,01 micrómetros bajo la superficie de la pieza, es inferior a un 25 %, **porque** la cantidad ponderal media de oxígeno entre 0,1 y 0,2 micrómetros bajo la superficie, que es inferior a un 10 %.

17. Proceso de fabricación de una pieza endurecida en prensa, que incluye las etapas sucesivas según las cuales:

- 20 - se suministra una plancha o un cuerpo sustrato de acero para un tratamiento térmico
- se realiza un prerrevestimiento que tiene al menos una capa de aluminio o de una aleación de aluminio en contacto con el sustrato de acero, sobre al menos una de caras principales de la plancha o del cuerpo, luego
- se deposita sobre dicho prerrevestimiento, una capa polimerizada 3 de un espesor comprendido entre 2 y 30 micrómetros, compuesta por un polímero que no incluye silicio y cuya cantidad de nitrógeno es inferior a un 1 % en peso expresado en comparación con dicha capa, dicha capa polimerizada que contiene pigmentos carbonados en una cantidad comprendida entre un 3 y 30 % en peso, expresada en comparación con dicha capa, luego
- 25 - se calienta el cuerpo o la plancha de forma que se realiza una interdifusión entre el sustrato de acero y el prerrevestimiento y para conferirle una estructura de forma parcial o total austenítica al acero, luego
- se embute dicho cuerpo o dicha plancha en caliente para obtener una pieza, luego
- 30 - se enfría dicha pieza por mantenimiento en la herramienta de embutición de forma que la microestructura de dicho sustrato de acero contenga, al menos en una parte de dicha pieza, martensita y/o bainita.

18. Proceso según la reivindicación 17, **que se caracteriza porque** el espesor de dicha plancha o de dicho cuerpo está comprendido entre 1 y 2 mm y la velocidad de calentamiento del cuerpo o de dicha plancha entre 35 50 y 500 °C está comprendida entre 15 y 35 °C/s.

19. Proceso según la reivindicaciones 17 a 18 **que se caracteriza porque** dicha capa de aluminio o de una aleación de aluminio constituye más de un 50 % del espesor de dicho prerrevestimiento.

40 20. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19 **que se caracteriza porque** los elementos de dicho polímero se seleccionan de una lista constituida por C, H, O, N.

21. Proceso de fabricación de un cuerpo soldado embutido en caliente y endurecido en prensa, que incluye las etapas sucesivas según las cuales:

45

- se suministra un cuerpo soldado realizado por soldadura de al menos dos cuerpos, que incluye
- al menos un cuerpo (7) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 con un espesor e_7 ,
- al menos un cuerpo (8) con un espesor e_8 formado por un sustrato de acero revestido de una capa de aluminio o de una aleación de aluminio de un prerrevestimiento idéntico al de dicho cuerpo (7),

$$\frac{e_7}{e_8} > 1$$

50 - el espesor de dichos cuerpos (7) y (8) siendo tal y como

- se calienta dicho cuerpo soldado para realizar una interdifusión entre dicho sustrato de acero y dicho prerrevestimiento y para conferirle una estructura de forma parcial o total austenítica a dicho acero, luego
 - se embute dicho cuerpo soldado para obtener un cuerpo soldado embutido en caliente, luego
 - se enfría dicho cuerpo soldado embutido en caliente por mantenimiento en la herramienta de embutición de forma
- 5 a obtener, al menos en una parte dicho sustrato del cuerpo soldado embutido en caliente, martensita y/o bainita.

22. Proceso de fabricación de un cuerpo soldado, embutido en caliente y endurecido según la reivindicación 21, **que se caracteriza porque** dicho cuerpo (7) está revestido sobre la totalidad de dicho prerrevestimiento, por dicha capa polimerizada (3), y **porque**:

$$2,6 \geq \frac{e_7}{e_8} \geq 2,2$$

10

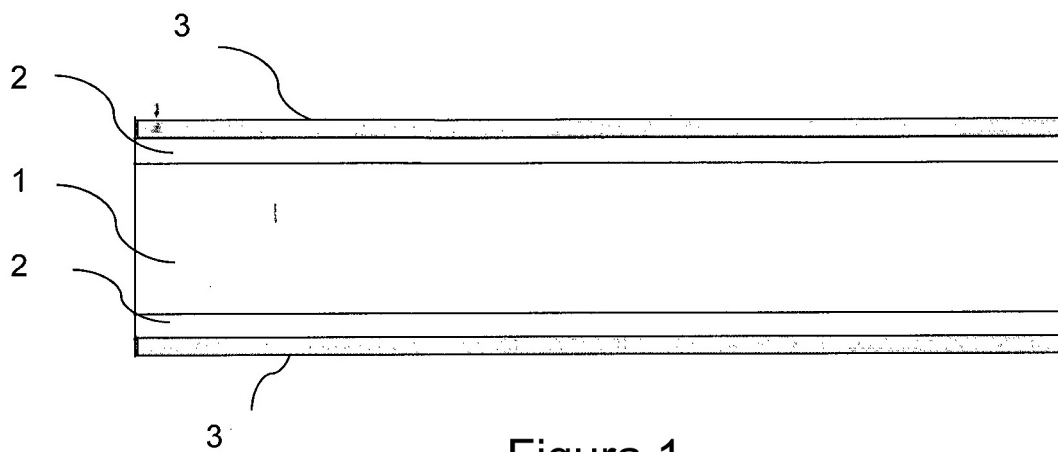


Figura 1

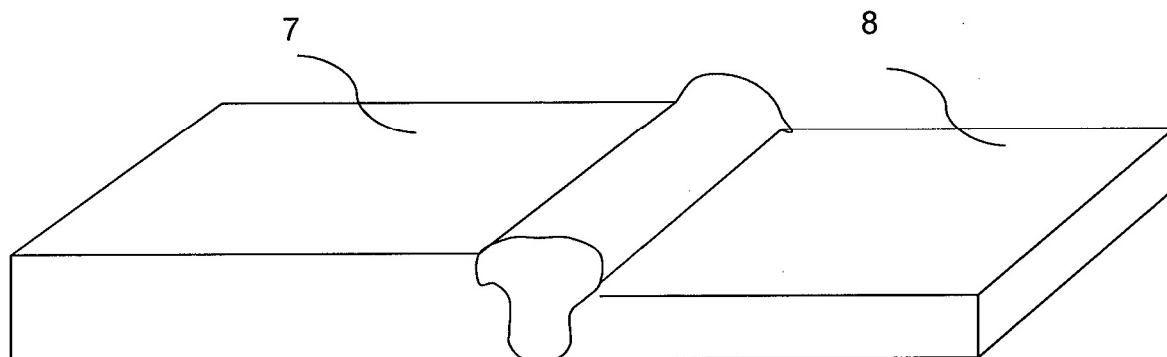


Figura 2

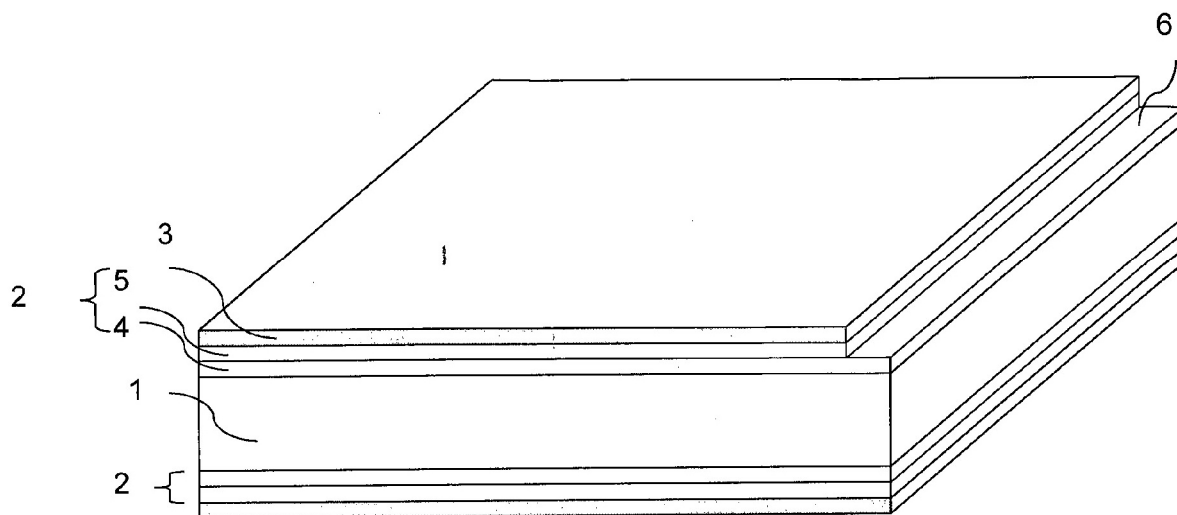


Figura 3

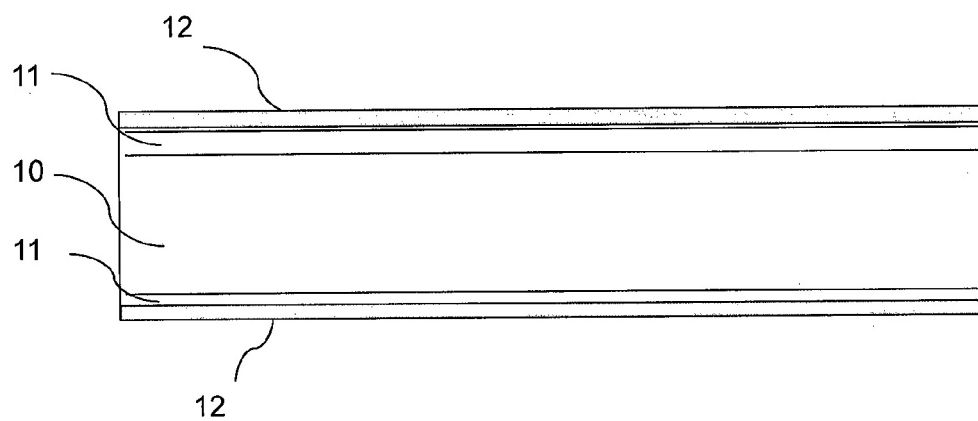


Figura 4

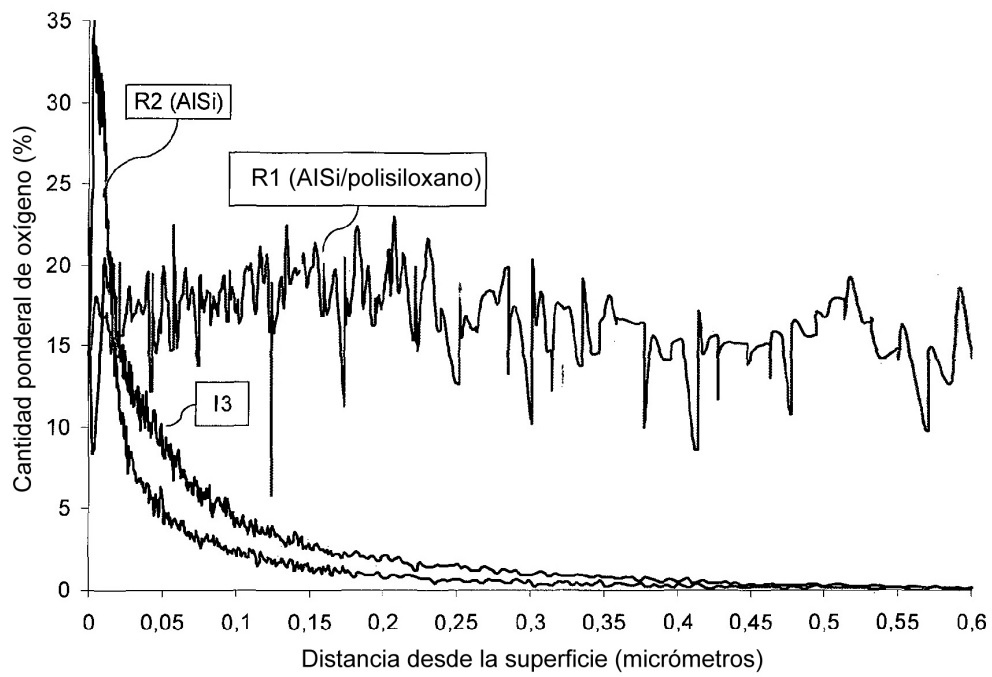


Figura 5

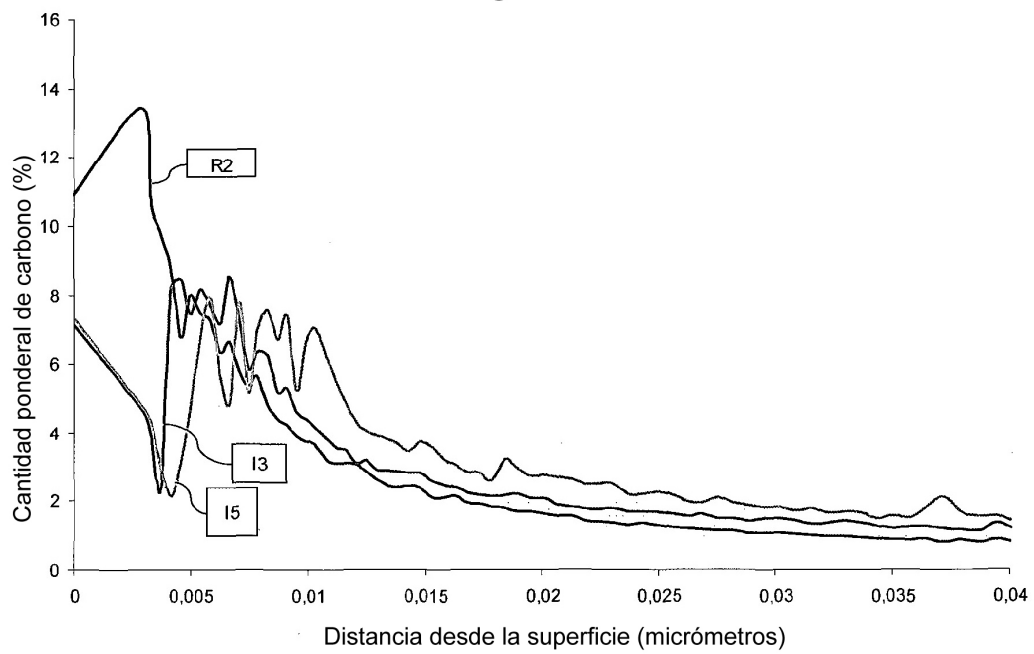


Figura 6

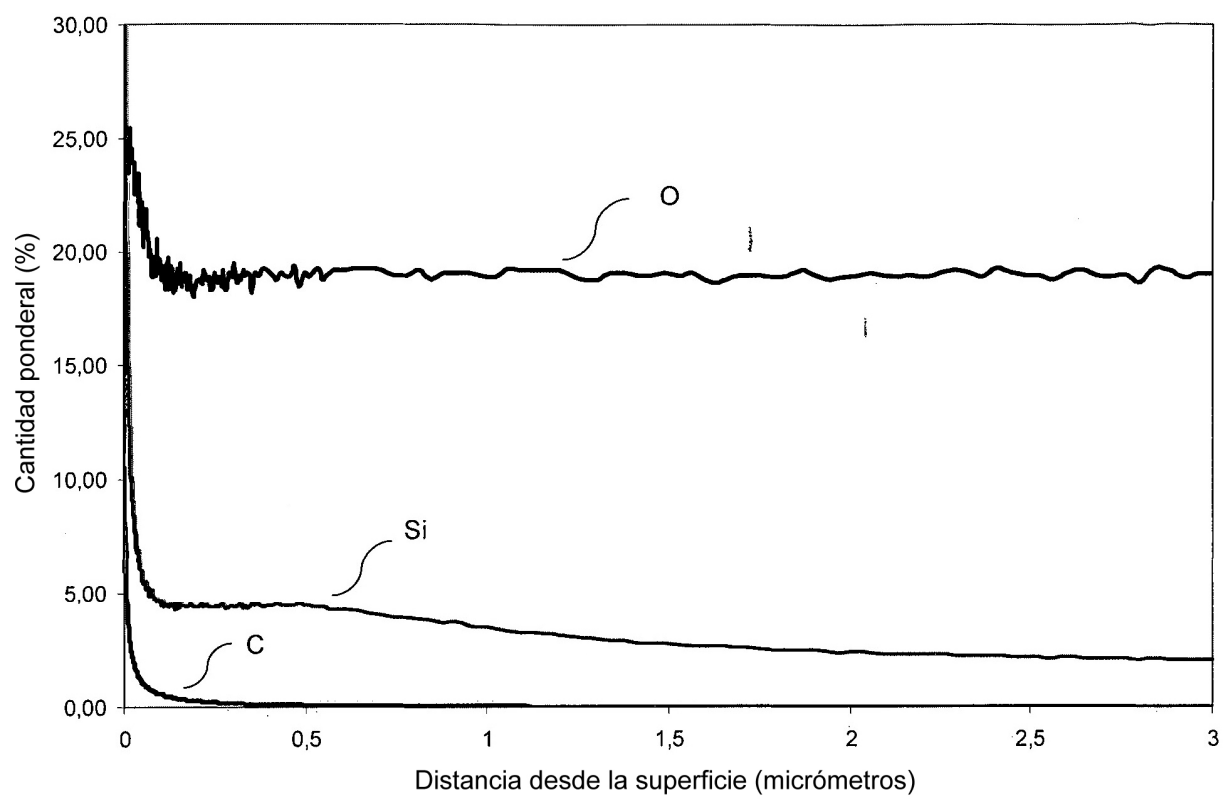


Figura 7

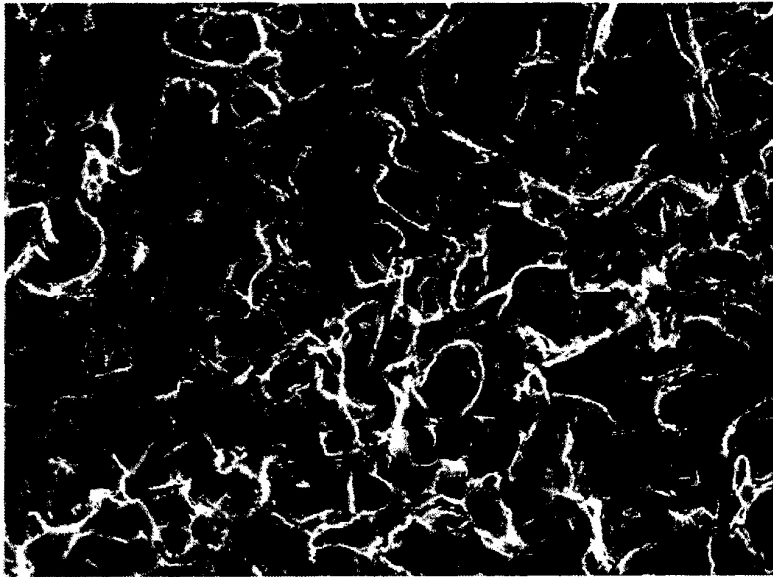


Figura 8

50 μm

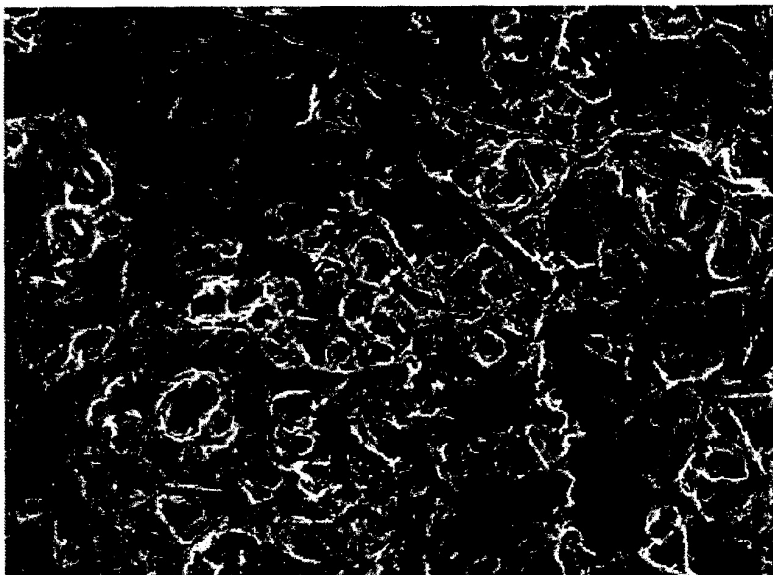


Figura 9

50 μm