



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 374**

51 Int. Cl.:  
**B23K 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07785566 .6**

96 Fecha de presentación : **26.06.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2081722**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.07.2009**

54

Título: **Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor.**

30

Prioridad: **24.10.2006 DE 10 2006 050 681**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**03.06.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**03.06.2011**

73

Titular/es: **GEA ENERGIETECHNIK GmbH**  
**Dorstener Strasse 484**  
**44809 Bochum, DE**

72

Inventor/es: **Carl, Martin;**  
**Herbermann, Michael;**  
**Volkmer, Eckhard y**  
**Witte, Raimund**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 360 374 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor

El invento se refiere a un procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor con las características de la reivindicación 1.

5

En particular en la técnica de las centrales eléctricas se emplean desde hace muchos años intercambiadores de calor refrigerados por aire para la refrigeración de retorno de vapor de agua. En el caso de estos intercambiadores de calor se trata de series de haces de intercambiadores de calor dispuestos en forma de A, en los cuales el vapor de agua se condensa dentro de tubos. Mediante aletas unidas con los tubos se mejora la transmisión de calor al aire ambiente. Es esencial en tales intercambiadores de calor refrigerados por aire la resistencia a corrosión, para garantizar una capacidad de funcionamiento de las más posibles decenas de años. Se han emprendido por eso una serie de trabajos para configurar resistentes a la corrosión los tubos intercambiadores de calor de un intercambiador de calor semejante. Es conocido por ejemplo por el documento US-PS 5, 042,574 unir tubos planos chapados con aluminio con pistas de aletas de aluminio onduladas dobladas empleando aleación de soldadura de aluminio-silicio en un horno con regulación de temperatura. Este tipo de unión tiene el inconveniente de que sólo puede realizarse una soldadura pasando por tubos planos chapados con aluminio o por medio de aletas de aluminio chapadas. Junto al coste comparativamente alto debido a la preparación de diversos materiales existe además el inconveniente de que los tubos planos cerrados en el lado de la circunferencia mediante al menos una costura de soldadura longitudinal no pueden estar chapados con aluminio en la zona de soldadura, puesto que en otro caso no puede garantizarse una soldadura exenta de problemas. En la soldadura fuerte de tubos planos de acero con bandas de aletas de aluminio dobladas es problemático el que la soldadura tiene que realizarse a temperaturas comparativamente altas en un orden de magnitud de unos 600 °C, es decir, cerca de la temperatura de ablandamiento del aluminio. La aleación de soldadura necesaria se compone por regla general de una eutéctica de aluminio-silicio que se funde un poco por debajo del punto de ablandamiento del aluminio. Es difícil la elección del fundente que antes de la fusión de la aleación de soldadura debe eliminar las capas de óxido de las superficies de unión, pero asimismo se licua cerca de la temperatura de ablandamiento. La correcta conducción de la temperatura al soldar debe por eso con frecuencia determinarse sólo empíricamente.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

A causa de los diferentes coeficientes de dilatación con la temperatura del aluminio y del acero, debido a las altas temperaturas de soldadura y debido al subsiguiente enfriamiento a temperatura ambiente se producen fuertes tensiones en el material, de manera que las piezas unidas unas con otras pueden deformarse, pudiendo incluso romperse la unión de soldadura, si el chapado de aluminio no fue aplicado libre de problemas o porque entre el tubo de acero y el chapado de aluminio se ha formado una capa intermedia hierro-aluminio, motivada por la fusión de la capa de aluminio durante la soldadura fuerte.

Se propuso por eso en el documento EP 1 260 208 B1, mediante el empleo de aleaciones de zinc-aluminio y mediante el empleo de fundentes especiales en forma de tetrafluoruro de cesio-aluminio, reducir la temperatura de soldadura desde los hasta ahora aproximadamente 600 °C a un intervalo entre 370 °C y 470 °C. Debido a las menores temperaturas también son menores las tensiones en el material, pero debido a la proporción de metales pesados la manipulación del fundente exige medidas de protección especiales, para evitar ensuciamientos del medio ambiente. En este procedimiento para la unión de tubos de acero con aletas de aluminio se aplica en primer lugar sobre la superficie de los tubos de acero o de las aletas de aluminio una capa de una aleación de zinc-aluminio con una proporción de aluminio de 0,5 % a 20 %. A continuación, antes del o durante el contacto mecánico de las aletas de aluminio con los tubos de acero, entre los tubos de acero y las aletas de aluminio se coloca a temperatura ambiente el fundente en forma de tetrafluoruro de cesio-aluminio, después de lo cual los tubos de acero provistos de las aletas de aluminio se calientan al citado intervalo de temperatura de 370 °C hasta 470 °C y finalmente se exponen al enfriamiento de la temperatura ambiente. Si la temperatura de líquidos de la aleación de soldadura está situada por debajo de 450 °C se habla de soldadura blanda. A pesar de la posibilidad de reducir los tiempos de soldadura en un 30 % hasta un 40 %, la manipulación del fundente con contenido en metales pesados no está libre de problemas.

Partiendo de esto, sirve de base al invento el problema de presentar un procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor, en el cual aletas de aluminio o de una aleación de aluminio sean fijadas sobre un tubo intercambiador de calor de chapa de acero con capa exterior de protección contra la corrosión apta para soldadura, en el cual pueda prescindirse del empleo de fundentes con contenido en metales pesados, pero en el cual a la vez esté garantizado que no se forma ninguna unión intermetálica perturbadora hierro-aluminio o fases intermedias de esta unión entre la capa de protección contra la corrosión y el tubo de acero, para incluso a altas temperaturas de soldadura garantizar un compuesto estable entre las aletas y el tubo intercambiador de calor.

Este problema es solucionado con el procedimiento con las características de la reivindicación 1.

60

Perfeccionamientos ventajosos de la idea del invento son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

En el procedimiento según el invento está previsto que la chapa de acero empleada para la fabricación de los tubos intercambiadores de calor sea mejorada por inmersión en baño de fusión. El proceso del mejorado por inmersión en baño de fusión lleva a que sobre los productos mejorados se deposite una capa de protección contra la corrosión, para proteger el sustrato frente a ataques corrosivos.

Típicamente el material plano empleado en el mejorado por inmersión en baño de fusión es limpiado, recristalizado o calentado en un horno continuo y enfriado a la temperatura de la masa fundida metálica, antes de que se efectúe la propia mejora por inmersión en baño de fusión en un baño de metal en fusión. En el paso por el baño ambos lados del sustrato son recubiertos con la capa de protección contra la corrosión.

La protección contra la corrosión en los tubos intercambiadores de calor sin embargo sólo es necesaria en el lado exterior. Sin duda es conocido sumergir el tubo intercambiador de calor en conjunto incluidas las aletas en una masa fundida metálica cerrando los extremos del tubo, para proveer al tubo intercambiador de calor en conjunto incluidas las aletas de una capa de protección contra la corrosión. Puesto que sin embargo la superficie de las aletas es mucho mayor que la superficie del tubo intercambiador de calor, se necesitan cantidades muy grandes de masa fundida metálica, lo que hace subir los costes dado el dimensionado de los intercambiadores de calor para la condensación de vapor de agua en centrales eléctricas. Típicamente las longitudes de los tubos intercambiadores de calor están situadas entre 6 y 12 metros, lo que además hace necesario dispositivos de inmersión en baño de fusión correspondientemente grandes. Además por las altas temperaturas en una subsiguiente inmersión en baño de fusión se producirían tensiones en la pieza de construcción, de manera que ésta se deformaría.

En el procedimiento según el invento está previsto por el contrario que la capa de protección contra la corrosión se aplique con anticipación en el procedimiento de inmersión en baño de fusión y se elimine en particular mecánicamente de un lado de la chapa de acero. El lado liberado de este modo de la capa de protección contra la corrosión forma más tarde el lado interior del tubo intercambiador de calor, que está fabricado de esta chapa de acero. La capa de protección contra la corrosión se encuentra por lo tanto sólo sobre el lado exterior del tubo intercambiador de calor. Este procedimiento de fabricación de un tubo intercambiador de calor recubierto en el lado exterior, aun teniendo en cuenta el hecho de que deben estar previstas instalaciones mecánicas para eliminar la capa de protección contra la corrosión, es de coste favorable y por eso manifiestamente económico.

El procedimiento según el invento es apropiado especialmente para la fabricación de intercambiadores de calor para la condensación de vapor de agua en centrales eléctricas, porque la química del agua para el agua de alimentación por regla general prescribe que sobre las superficies que entran en contacto con el vapor de agua no pueden estar presentes metales no férricos ninguno, como por ejemplo aluminio o cobre. Además en el proceso de condensación se forma una capa de magnetita, que protege el tubo intercambiador de calor frente a la corrosión interna, de manera que en el lado interior no es necesaria ninguna protección adicional contra la corrosión.

Una ventaja esencial del invento es que en el lado exterior deben emplearse capas de protección contra la corrosión que en cada caso contienen zinc y entre 0,5 % y alrededor del 60 %, preferentemente entre el 4 % y el 55 % de aluminio. La presencia de zinc impide o reduce la formación perturbadora de capas intermedias intermetálicas de hierro-aluminio o fases intermedias del compuesto hierro-aluminio, que en la posterior soldadura fuerte podrían llevar a desprendimientos de los tubos de acero hasta ahora aluminizados. Puesto que ya no se tiene que tener en cuenta como hasta ahora la formación de capas intermedias intermetálicas perturbadoras de hierro-aluminio, se simplifica claramente también el procedimiento de fabricación, puesto que los intervalos de parámetros referentes a la temperatura y al tiempo en la realización de la unión por soldadura fuerte pueden elegirse mayores que en el caso de las uniones por soldadura fuerte actuales en relación con tubos de acero chapados de aluminio.

Otra ventaja es que se puede prescindir del fundente con contenido en cesio. En lugar de éste puede emplearse un fundente a base de tetrafluoruro de potasio-aluminio, junto con un material de soldadura que contenga aluminio y silicio.

En una primera variante del procedimiento según el invento está previsto que las aletas sean chapadas al menos por zonas con el material de soldadura. Particularmente en el caso de aletas que son parte integrante de una banda de aletas ondulada, se realizan ambos lados de las aletas chapados con el medio de soldadura, para unir tales bandas de aletas en sus lados que respectivamente están dirigidos hacia la superficie del tubo intercambiador de calor con ésta. La soldadura con las aletas se efectúa en las zonas curvadas de la banda de aletas ondulada. El material de soldadura chapado se funde en el proceso de soldadura y fluye en las respectivas ranuras de soldadura entre las piezas de construcción a unir.

En una forma de realización alternativa está previsto que las aletas estén sin chapar, es decir, no estén provistas de un recubrimiento del medio de soldadura, siendo el material de soldadura introducido por separado en la ranura de soldadura entre las aletas y el tubo intercambiador de calor. Esta forma de proceder tiene la ventaja de que en lo referente a las aletas pueden emplearse materiales de partida más favorables. También introducir por separado un material de soldadura en la ranura de soldadura es posible una soldadura fiable.

En la tercera variante del procedimiento es concebible prescindir de la alimentación de material de soldadura y del chapado de aleación de soldadura de las aletas, configurándose sin embargo la capa de protección contra la corrosión de una aleación que contiene zinc y entre 0,5 % y 60 % de aluminio así como silicio y formándose el material de soldadura de la propia capa de protección contra la corrosión. Tampoco en esta forma de proceder la chapa de acero está chapada con una capa de aluminio, sino que está provista de una capa de protección contra la corrosión aplicada en el procedimiento de inmersión en baño de fusión, la cual a la vez forma el material de soldadura. Naturalmente es posible que también en esta variante se agregue por separado material de soldadura en la zona de unión. Naturalmente tampoco está excluido que las aletas también estén chapadas con aleación de soldadura. Las tres variantes pueden finalmente combinarse unas con otras, siendo la solución más atractiva, por razones técnicas del procedimiento y económicas, la variante en la cual la capa de protección contra la corrosión sobre el tubo intercambiador de calor forma a la vez el material de soldadura necesario para el proceso de soldadura.

Independientemente de qué variante se emplee, se considera ventajoso que la capa de protección contra la corrosión esté producida por mejorado por inmersión en baño de fusión de un baño con 55 % de aluminio, 43,4 % de zinc y 1,6 % de silicio. En el procedimiento según el invento se considera conveniente un límite superior de 60 % de aluminio en la capa de protección contra la corrosión. Por principio es sin embargo también concebible emplear en el procedimiento capas de protección contra la corrosión con proporciones de aluminio marcadamente más pequeñas. En particular la proporción de aluminio puede ser menor del 50 %. En otra forma de realización la capa de protección contra la corrosión puede estar producida por un mejorado por inmersión en baño de fusión de un baño de zinc con 5 % de aluminio, silicio y trazas de tierras raras.

También el fundente empleado juega un papel decisivo en la soldadura de aluminio. Para soldar la superficie de la zona de junta tiene que estar metálicamente limpia mediante eliminación de las siempre existentes capas de óxido y también durante la soldadura ser protegida frente a la renovada formación de óxido mediante el empleo de fundentes. Se ha demostrado que los fundentes de fluoruros de potasio y aluminio ( $\text{KAIF}_4$ ) dan en especial buenos resultados. En particular el procedimiento debería realizarse bajo atmósfera controlada (CAB), especialmente en una atmósfera de nitrógeno.

Puesto que en el procedimiento según el invento una de las capas de protección contra la corrosión debe ser eliminada mecánicamente, puede ser conveniente aplicar las capas de protección contra la corrosión en diferentes espesores sobre la chapa de acero, siendo eliminada la más delgada de las capas de protección contra la corrosión. De esta manera es menor la pérdida del material de recubrimiento más noble en comparación con el acero y además se reduce el coste para eliminar la capa de protección contra la corrosión.

La eliminación de la capa de protección contra la corrosión se efectúa de preferencia mecánicamente, en particular por mecanizado con arranque de virutas. Éste puede efectuarse por medio de cepillos rotativos, puesto que gracias a la geometría de los cepillos al mismo tiempo es posible un mecanizado fino de la superficie. Por principio las capas de protección contra la corrosión aplicadas en el procedimiento de inmersión en baño de fusión tienen un espesor menor, de manera que los útiles de cepillos rotativos son apropiados de preferencia para eliminar justo estos pequeños espesores de forma económica. Naturalmente también es posible en caso de espesores de capa mayores intercalar al mecanizado con cepillos un útil de cepillado o de rasquetado, para realizar un mecanizado basto del material de la banda. Los ensayos han demostrado que preferentemente los cabezales de cepillado equipados con diamante conducen a buenos resultados del procedimiento. Tales cabezales de cepillado pueden configurarse de manera que tengan una alta durabilidad y simultáneamente presenten un alto rendimiento de eliminación.

Naturalmente en el marco del invento no está excluido hacer seguir a la eliminación mecánica por medio de cepillos rotativos otras fases de mecanizado fino, en caso de que éstas fueran necesarias. Es imaginable que a continuación del mecanizado con cepillos la superficie sea sometida a un mecanizado por esmerilado, pudiendo alcanzarse ya sin mecanizado más fino por cabezal de esmerilado, sólo por un mecanizado con cepillos, superficies de 240-1.000 micrones de tamaño de grano.

El invento es explicado en detalle a continuación con ayuda de ejemplos de realización ilustrados en los dibujos. Muestran:

- La Figura 1, una sección longitudinal a través de la pared de un tubo de un transmisor de calor con aletas en el lado de la circunferencia;
- la Figura 2, la representación de la Figura 1 según otra forma de realización y
- la Figura 3, la representación de la Figura 1 en una tercera forma de realización.

En las Figuras 1 a 3 está designada con 1 la pared de un tubo intercambiador de calor 2 para un intercambiador de calor no representado en detalle en forma de una instalación de condensación refrigerada por aire para turbinas de vapor de agua. El tubo intercambiador de calor 2 puede presentar una longitud entre 6 y 12 metros. El tubo intercambiador de calor 2 según la forma de realización de la Figura 1 está provisto de una capa 3 de protección contra la corrosión que contiene zinc (Zn) y aluminio (Al). La capa 3 de protección contra la corrosión está aplicada sobre la superficie exterior 4 de la pared 1 por un procedimiento de inmersión en baño de fusión.

- La Figura 1 muestra además que en la pared representada 1 del tubo intercambiador de calor 2 está fijada en situación una banda de aletas ondulada 5. La banda de aletas 5 se compone de varias aletas 6 alineadas paralelas unas a otras, que mediante secciones curvadas 7 están unidas unas con otras en una sola pieza. La banda de aletas 5 se compone de aluminio. Está chapada por ambos lados con un material de soldadura 8 que contiene aluminio y silicio, que se funde durante el proceso de soldadura. El material de soldadura 8 contiene entre 7,5 % y 12 % de silicio. Al material de soldadura en una atmósfera de horno controlada se agrega como fundente  $KAlF_4$  (tetrafluoruro de potasio-aluminio). Durante el proceso de soldadura el material de soldadura 8 desplaza el fundente no representado en detalle y lleva a una unión entre la capa 3 de protección contra la corrosión y la sección curvada 7 de la banda de aletas 5.
- 1.0 Durante el proceso de soldadura se efectúa un intercambio por difusión entre los átomos dentro de una zona muy delgada en la superficie límite de las piezas de construcción a unir una con otra. Puesto que la capa 3 de protección contra la corrosión contiene preferentemente un 55 % de aluminio, 43,4 % de zinc y 1,6 % de silicio, la presencia de zinc lleva a una unión sólida entre el tubo intercambiador de calor 2 de acero y la capa 3 de protección contra la corrosión, pero al menos sin marcada formación de una capa intermedia de hierro-aluminio, que llevaría a una reducción de la resistencia.
- 1.5 La forma de realización de la Figura 2 se diferencia de la de la Figura 1 en que el material de soldadura 8 no está chapado sobre las aletas 6, sino que es introducido por separado en la ranura de soldadura y naturalmente empleando en la ranura de soldadura un fundente de fluoruro de potasio y aluminio.
- 2.0 En la tercera forma de realización, como está representada en la Figura 3, se ha prescindido de las adiciones de medio de soldadura en forma de aletas chapadas, como están representadas en la Figura 1. Tampoco se agregó ningún material de soldadura por separado, como está representado en la Figura 2. Más bien la capa 3 de protección contra la corrosión se compone de una aleación fabricada de un 55 % de aluminio, 43,4 % de zinc y 1,6 % de silicio, que ha sido aplicada sobre el tubo intercambiador de calor 2 mediante mejorado por inmersión en baño de fusión y que durante el proceso de soldadura se funde empleando  $KAlF_4$  como fundente, de manera que la capa 3 de protección contra la corrosión está en contacto directo entre las aletas 6 por una parte y el tubo intercambiador de calor 2 por otra parte. Mediante la proporción de zinc y aluminio en la capa 3 de protección contra la corrosión puede formarse así un compuesto entre las aletas 6 de aluminio y el tubo intercambiador de calor 2 de un material de acero.
- 2.5

**Signos de referencia:**

- 1 - Pared
- 2 - Tubo intercambiador de calor
- 3 - Capa de protección contra la corrosión
- 5 4 - Superficie de 1
- 5 - Banda de aletas
- 6 - Aleta
- 7 - Sección curvada de 6
- 8 - Material de soldadura

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor con los siguientes pasos:
  - a) mejorado por inmersión en baño de fusión de una chapa de acero para formar una capa (3) de protección contra la corrosión, conteniendo la capa (3) de protección contra la corrosión zinc y entre 0,5 % y 60 % de aluminio;
  - b) eliminación de la capa (3) de protección contra la corrosión de un lado de la chapa de acero;
  - c) fabricación de un tubo intercambiador de calor (2) de esta chapa de acero, estando la capa (3) de protección contra la corrosión dispuesta en el lado exterior;
  - d) preparación de aletas (6) de aluminio o de una aleación de aluminio;
  - e) preparación de un fundente;
  - f) preparación de un material de soldadura (8) que contiene aluminio y silicio en la zona de unión entre las aletas (6) y el lado exterior del tubo intercambiador de calor (2);
  - g) unión del tubo intercambiador de calor (2) con las aletas (6) en un proceso de soldadura fuerte.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las aletas (6) son chapadas al menos por zonas con el material de soldadura (8).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las aletas (6) sin chapar se sueldan con el tubo intercambiador de calor (2) introduciendo el material de soldadura (8) en la ranura de soldadura entre las aletas (6) y el tubo intercambiador de calor (2).
4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el material de soldadura está formado por la capa anticorrosión, que además de zinc y aluminio contiene silicio.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la capa (3) de protección contra la corrosión está formada por mejorado por inmersión en baño de fusión en un baño con 55 % de aluminio, 43,4 % de zinc y 1,6 % de silicio.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la capa (3) de protección contra la corrosión está formada por mejorado por inmersión en baño de fusión en un baño de zinc con 5 % de aluminio, silicio y trazas de tierras raras.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el fundente es un compuesto de tetrafluoruro de potasio-aluminio.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque las capas (3) de protección contra la corrosión son aplicadas en diferentes espesores sobre la chapa de acero, siendo eliminada la más delgada de las capas de protección contra la corrosión.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la eliminación de la capa (3) de protección contra la corrosión se efectúa mecánicamente.

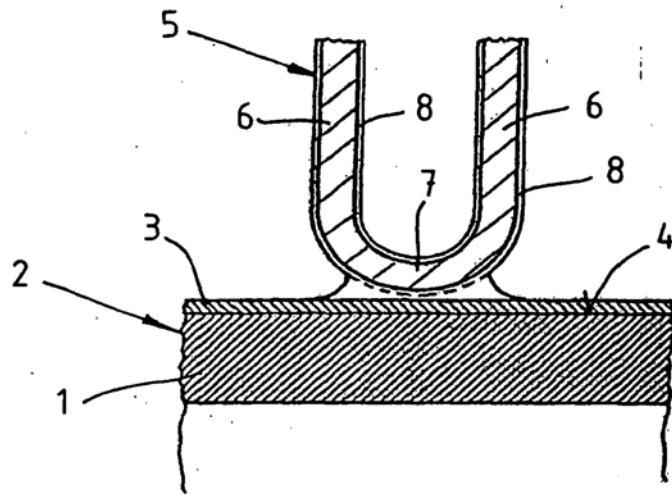


Fig. 1

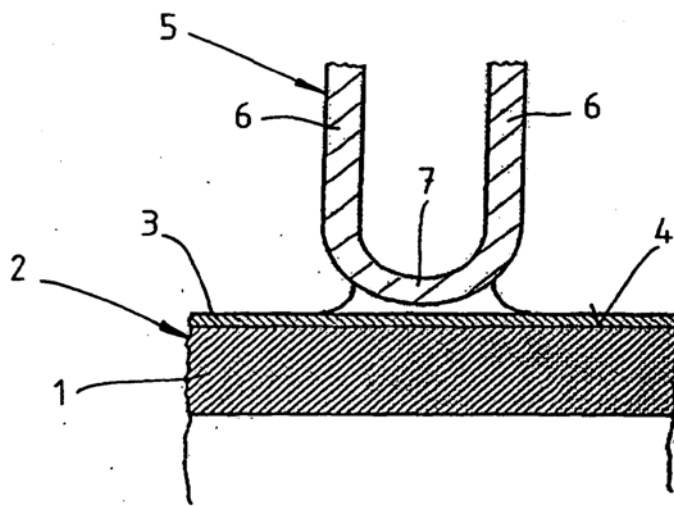


Fig. 2

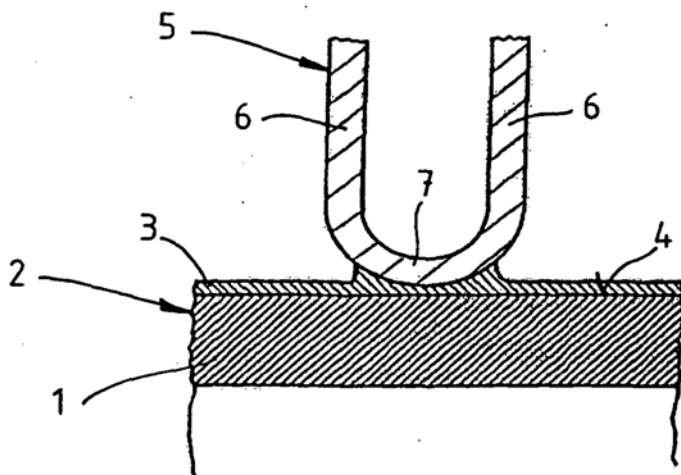


Fig. 3