

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 485**

51 Int. Cl.:

F28F 19/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2011** **PCT/SE2011/050737**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.12.2011** **WO11159238**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2011** **E 11770192 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018** **EP 2583048**

54 Título: **Intercambiador de calor con mayor resistencia a la corrosión**

30 Prioridad:

15.06.2010 SE 1050608

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

22.06.2018

73 Titular/es:

**ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.0%)
PO Box 73
221 00 Lund, SE**

72 Inventor/es:

**NILSSON, MATS;
NILSSON, MARIBEL y
BERGH, JESPER**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 673 485 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

Intercambiador de calor con mayor resistencia a la corrosión

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un conjunto de placas para un intercambiador de calor de placas y a un intercambiador de calor de placas con una mayor resistencia a la corrosión.

10 **Antecedentes**

El documento WO 96/06705 divulga un conjunto de placas que tiene las características en el preámbulo de la reivindicación 1. Los documentos DE 10 2008 013358 A1 y GB 933295 A divulgan intercambiadores de calor de placas que tienen revestimientos. Los intercambiadores de calor de placas se pueden usar para diferentes tipos de fluidos.

Sin embargo, algunos fluidos se consideran muy corrosivos. Cuando se intercambia calor de al menos un fluido corrosivo, aumentan las demandas en el intercambiador de calor.

Hoy en día, la elección suele ser entre materiales que pueden corroerse lo que tiene como resultado una corta vida útil del intercambiador de calor de placas con riesgo de contaminación del fluido o un intercambiador de calor hecho de un material más resistente a la corrosión, siendo este último en comparación muy costoso. Desgraciadamente, diversos materiales que se consideran resistentes a la corrosión no se pueden usar para todas las partes de intercambiadores de calor de placas montadas permanentemente ya que los materiales utilizados no pueden proporcionar una unión permanente satisfactoria. Los intercambiadores de calor de placas de soldadura fuerte pueden estar hechos de un material de placa resistente a la corrosión, pero el material de soldadura fuerte es un material menos resistente a la corrosión, constituyendo así un obstáculo para que los intercambiadores de calor se utilicen en conexión con ciertos líquidos o gases. Además, la propia técnica de soldadura fuerte puede mezclar material de placa y material de soldadura fuerte durante el ensamblaje del intercambiador de calor dando lugar a áreas más fácilmente corroídas.

Además, los materiales resistentes a la corrosión que se pueden aplicar a las placas de un intercambiador de calor antes del ensamblaje pueden dificultar o imposibilitar que dicho intercambiador de calor logre una unión permanente satisfactoria con buenas propiedades anticorrosión.

Los materiales de revestimiento, como los plásticos, se consideran insuficientes en cuanto a la resistencia frente a la fatiga y la corrosión para fluidos altamente corrosivos. El estrés ejercido sobre un revestimiento de plástico en una placa de un intercambiador de calor de placas, por ejemplo, en forma de altas presiones y/o altas temperaturas también hace que el revestimiento se degrade y/o pierda su adhesión a la placa. Además, las grandes diferencias de presión y las grandes diferencias de temperatura durante el uso de un intercambiador de calor revestido de plástico pueden provocar que el revestimiento se degrade y, se escame. Los plásticos también exhiben propiedades de transmisión térmica inferiores en comparación con los metales de los que está hecho un intercambiador de calor de placas.

El tántalo es un metal muy resistente a la corrosión para muchos fluidos y se sabe que produce intercambiadores de calor de este metal. Sin embargo, el tántalo es un metal costoso y mecánicamente considerablemente más débil que otros materiales conocidos para su uso en intercambiadores de calor como el acero inoxidable. Por lo tanto, las placas más gruesas se deben usar para soportar la tensión mecánica ejercida en un intercambiador de calor hecho de tántalo.

El documento WO 92/16310 divulga un método de placas de transferencia de calor de protección de la superficie en un intercambiador de calor que usa plásticos como material de protección de superficie. De acuerdo con el método, se introduce un medio gaseoso que contiene los plásticos en el intercambiador de calor de placas montado que a continuación forma una capa sobre las superficies de las placas del intercambiador de calor.

El documento GB 1.112.265 divulga intercambiadores de calor tubulares en contacto con medios altamente corrosivos. En el documento se divulga que las placas de montaje pueden estar revestidas o revestidas con tántalo y los tubos pueden estar hechos de tántalo.

El documento WO 96/06705 divulga intercambiadores de calor totalmente hechos de soldadura fuerte que son resistentes a medios corrosivos debido a que las juntas de soldadura fuerte entre las placas están protegidas por un revestimiento que resiste los medios corrosivos. Las placas están hechas de acero inoxidable, la soldadura es de cobre y la capa protectora destinada a cubrir las juntas de soldadura es un metal como el estaño o la plata.

El documento US 2010/0051246 divulga un intercambiador de calor de proceso resistente a la corrosión a alta temperatura y alta presión, en el que las superficies del tercer canal refrigerante del sistema de la aleta de

transmisión de calor y la placa de transmisión de calor, que entran en contacto con ácido sulfúrico y/o sulfito, están sometidos a un revestimiento con haz iónico y mezcla de haz iónico usando un material que tiene una alta resistencia a la corrosión, tal como SiC, Al₂O₃, acero al silicio y tantalito.

El documento JP 4.334.205 divulga un intercambiador de calor de placas con placas hechas de titanio, acero inoxidable, cobre, níquel o aleaciones de los mismos. Con el fin de suprimir la elución del material de electrodo de una placa, se realiza un tratamiento de revestimiento sobre al menos un 30 % de las áreas de electrodos de la placa de transferencia de calor por el lado de un paso de agua de refrigeración. El revestimiento puede comprender óxido de metal platino, manganeso, tantalito, estaño, etc.

El documento EP 110.311 divulga una placa plana de intercambio de calor que comprende dos placas que pueden estar revestidas superficialmente con tantalito o una aleación de tantalito y al menos un conducto. Las dos placas están unidas entre sí para formar la placa plana de intercambio de calor mediante el uso de una capa adhesiva.

Sería deseable encontrar nuevas formas de garantizar intercambiadores de calor más resistentes a la corrosión para poder procesar medios altamente corrosivos y aumentar el tiempo de vida de los intercambiadores de calor. También es deseable poder producir intercambiadores de calor resistentes a la corrosión a partir de materiales de base más baratos que tengan buenas propiedades mecánicas y que se ensamblen de manera fácil y eficaz de manera permanente. También sería deseable que todas las partes de un intercambiador de calor, por ejemplo, tanto las placas como las juntas que están en contacto con un fluido altamente corrosivo sean igualmente altamente resistentes a la corrosión. Además, sería deseable lograr más partes internas de intercambiadores de calor resistentes a la fatiga y a la corrosión en contacto con fluidos altamente corrosivos. También sería deseable encontrar materiales resistentes a la corrosión y a la fatiga aplicados en el interior de un intercambiador de calor de placas, cuyos materiales muestran una buena adhesión. Aún más, sería deseable lograr una transferencia de calor buena o mejorada en el intercambiador de calor de placas.

Sumario de la invención

Es un objetivo de la presente invención resolver los problemas mencionados anteriormente. Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar buenas propiedades mecánicas y alta resistencia a la corrosión de todas las partes de un intercambiador de calor en contacto con fluidos altamente corrosivos. También es un objetivo de la presente invención que se obtenga una buena transferencia de calor.

Este objetivo se consigue mediante un conjunto de placas unidas permanentemente para un intercambiador de placas que se recubre con un revestimiento que contiene tantalito en el interior, como placas y juntas, en al menos un lado del flujo del conjunto de placas. Mediante la aplicación de un revestimiento que comprende tantalito, se pueden usar medios altamente corrosivos, tales como ácido clorhídrico, en un intercambiador de calor de placas sin una degradación rápida del intercambiador de calor.

La presente invención se refiere a un conjunto de placas unidas permanentemente para un intercambiador de placas de acero inoxidable o acero al carbono en el que al menos todas las superficies en contacto con medios de al menos uno de los lados del flujo del conjunto de placas tienen un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tantalito. La presente invención también se refiere a un intercambiador de calor de placas que comprende dicho conjunto de placas.

Una realización de un intercambiador de calor de placas según la presente invención incluye el intercambiador de calor que tiene bastidores y/o placas de montaje que son parte de al menos uno de los lados de flujo del intercambiador de calor y dichos bastidores y/o placas de montaje están hechos de tantalito, o acero inoxidable o acero al carbono que tiene un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tantalito, preferiblemente acero inoxidable o acero al carbono que tiene un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tantalito, más preferiblemente acero inoxidable que tiene un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tantalito.

Otra realización de un intercambiador de calor de placas según la presente invención es cuando el intercambiador de calor de placas está unido permanentemente y está hecho de acero inoxidable o acero al carbono y todas las superficies de al menos uno de los lados del flujo del intercambiador de placas tienen un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tantalito.

Descripción detallada de la invención

Un conjunto de placas permanentemente unidas o intercambiador de calor de placas convencional puede hacerse más resistente a la corrosión de lo que era al principio con la presente invención.

Un intercambiador de calor de placas se compone de múltiples placas de metal finas que tienen áreas superficiales muy grandes y pasos de flujo de fluido que pueden permitir la transferencia de calor. Se proporciona un intercambiador de calor con al menos dos entradas y dos salidas para el intercambio de calor de los fluidos. Se

pueden usar fluidos adicionales que requieren entradas y salidas adicionales del intercambiador de calor. Los intercambiadores de calor de placas comprenden una serie de placas de transferencia de calor. Estas placas de transferencia de calor forman lo que se denomina un conjunto de placas en el intercambiador de calor. Las placas de transferencia de calor están hechas de láminas delgadas de metal y a menudo están provistas de corrugaciones u otras protuberancias en sus partes de transferencia de calor, que en un intercambiador de calor chocan entre sí por una gran fuerza en un gran número de lugares de contacto distribuidos por todas las porciones de transferencia de calor. A continuación, las placas de transferencia de calor se ensamblan, y se forman espacios intermedios entre las placas. Estos espacios intermedios de placa están destinados a que al menos fluya un fluido de intercambio de calor. En un intercambiador de calor de placas, al menos dos fluidos están fluyendo a través de los espacios intermedios, uno al lado del otro, lo que permite que tenga lugar la transferencia de calor. Estos espacios intermedios entre las placas destinados al flujo de uno de los fluidos se consideran en la presente solicitud como parte de un lado del flujo. En la presente solicitud, el lado de flujo está conectado a la construcción de un intercambiador de calor o conjunto de placas para los fluidos, es decir, los pasos de flujo de fluido. Como se usan al menos dos fluidos en un intercambiador de calor de placas, este tiene al menos dos lados de flujo, un lado de flujo para un fluido caliente y un lado de flujo para un medio frío. Para cada lado del flujo, todas las partes de un conjunto de placas o un intercambiador de calor que está en contacto con el fluido que fluye caliente o frío se consideran pertenecientes a ese lado de flujo, por ejemplo, placas, espacios entre placas, juntas, conexiones, puertos de entrada y/o salida en marcos o placas de montaje. En un conjunto de placas o intercambiador de calor placas de acuerdo con la presente invención, al menos uno de los lados de flujo está diseñado para fluidos altamente corrosivos cuando está en uso.

Con la presente invención, se pueden usar materiales base rígidos simples para intercambiadores de calor tales como acero inoxidable, cobre y acero al carbono y con un revestimiento que contiene tántalo que se ha hecho resistente a la corrosión a fluidos altamente corrosivos. Con la presente invención también están revestidas con un material resistente a la corrosión otras partes del conjunto de placas o intercambiador de calor como las juntas que pueden ser partes más sensibles del intercambiador de calor de placas debido a, por ejemplo, la soldadura durante el montaje del intercambiador de calor. Las juntas también pueden ser partes sensibles del intercambiador de calor debido a la soldadura, unión por fusión o soldadura fuerte durante el montaje del intercambiador de calor. La expresión unión por fusión se refiere al uso de un material de soldadura fuerte basado en hierro de acuerdo con las divulgaciones de, por ejemplo, los documentos EP 1 347 859 B1 y WO 02/098600. El ensamblaje de un intercambiador de calor mediante soldadura, unión por fusión o soldadura fuerte de las juntas puede estar hecho de un material diferente al de las placas. Durante el proceso de ensamblaje, el material de soldadura o de soldadura fuerte se aplica a las placas, cubriendo total o parcialmente las placas, y el material de soldadura o soldadura fuerte puede mezclarse durante el ensamblaje con revestimientos adicionales sobre el material de la placa o en algunos casos incluso el propio material de la placa creando más partes sensibles a la corrosión del intercambiador de calor. Dado que al menos ambas placas y juntas de un conjunto de placas o intercambiador de placas de acuerdo con la presente invención están revestidas, el intercambiador de calor se hace más resistente a la corrosión. Por lo tanto, de esta manera, las juntas o áreas en las placas cercanas a las juntas ya no pueden ser un eslabón débil para el intercambiador de calor.

En una realización de la presente invención, los intercambiadores de calor de placas montadas permanentemente unidas o los conjuntos de placas para intercambiadores de calor de placas hechos de acero inoxidable o acero al carbono están revestidos con un compuesto que contiene tántalo. Los conjuntos de placas o intercambiadores de calor pueden, por ejemplo, ensamblarse permanentemente mediante soldadura autógena, soldadura blanda, unión por fusión o soldadura fuerte. Un compuesto que contiene tántalo se introduce en el intercambiador de calor en al menos los espacios intermedios de placa destinados para el flujo de uno de los dos fluidos intercambiadores de calor, es decir, al menos uno de los lados de flujo designados para ser utilizados para fluidos altamente corrosivos cuando está en uso. Dentro del intercambiador de calor o conjunto de placas, el compuesto que contiene tántalo se deposita sobre todas las superficies de al menos uno de los lados de flujo del intercambiador de calor o conjunto de placas, por ejemplo, placas, juntas y otras partes destinadas a estar en contacto con fluidos intercambiadores de calor.

El uso de un compuesto que contiene tántalo de acuerdo con la presente invención proporciona un conjunto de placas o intercambiador de calor de placas con muy buenas propiedades. El tántalo muestra mejores propiedades de transferencia de calor que los plásticos que no se consideran materiales térmicamente conductores. De acuerdo con la presente invención, es importante poder presentar un revestimiento o capa que no perjudique la transferencia de calor. El tántalo muestra buenas propiedades de transferencia de calor. Además, el revestimiento que contiene tántalo de acuerdo con la presente invención está unido químicamente a los materiales del conjunto de placas y el intercambiador de calor de placas. El compuesto que contiene tántalo se une por aleación a dichos materiales. En este contexto, una unión de aleación es una solución sólida metálica compuesta por dos o más elementos de dos o más cuerpos metálicos diferentes compuestos de diferentes materiales, en la presente invención tántalo y el material de placa, por ejemplo acero inoxidable, cobre o acero al carbono, en una capa de interfaz entre los cuerpos. Tal unión de aleación da lugar a más conjuntos de placas resistentes a la fatiga e intercambiadores de calor en comparación con, por ejemplo, intercambiadores de calor revestidos con materiales plásticos. Como el tántalo está parcialmente aleado al material, la adhesión es superior. Esto facilita que el revestimiento que contiene tántalo siga los movimientos de la placa y de los materiales de la junta debido a los cambios térmicos y de presión dentro del

intercambiador de calor de placas al estar fuera de uso y durante su uso. El revestimiento que contiene tántalo tiene una transición gradual de compuestos dentro de sí mismo. Cuando se mira el revestimiento que contiene tántalo en una vista de corte transversal, la fase intermedia más cercana al material del intercambiador de calor, por ejemplo, una placa, muestra una aleación de compuesto que contiene tántalo y el material de la placa, a continuación se realiza una transición gradual solo al compuesto que contiene tántalo, que posteriormente se transfiere gradualmente al óxido de tántalo ya que la superficie externa del compuesto que contiene tántalo se oxida. Por lo tanto, dado que no todo el revestimiento que contiene tántalo aplicado a las partes de un intercambiador de calor es una aleación con dichas partes, se considera que el compuesto que contiene tántalo está parcialmente aleado a las partes del intercambiador de calor.

El espesor de la película del revestimiento de tántalo no debe ser demasiado alto porque eso influiría negativamente en las propiedades de transferencia de calor ya que una barrera aumentada, un espesor de placa aumentado, entre los fluidos de transferencia de calor disminuye la transferencia de calor. Si el espesor de la película es bajo, el efecto del revestimiento puede no durar tanto como se sospecha cuando entra en contacto con un fluido altamente corrosivo.

De acuerdo con la presente invención, se reviste con un compuesto que contiene tántalo el interior de un conjunto de placas o intercambiador de calor usando un proceso de deposición con reactantes químicos en forma fluida. El método de revestimiento de un conjunto de placas permanentemente unidas o intercambiador de calor de acuerdo con la presente invención comprende las etapas: 1) introducir reactantes químicos en fase gaseosa o de vapor en dicho conjunto de placas o intercambiador de calor en al menos uno de los lados de flujo del intercambiador de calor, en el que al menos uno de los reactantes es un reactante que comprende tántalo, 2) formación de una película sólida que comprende un compuesto que contiene tántalo sobre las superficies de dicho conjunto de placas o intercambiador de calor de la reacción de los reactivos químicos en fase de gas o vapor.

El proceso de aplicación se refiere a la formación de una película sólida no volátil sobre un sustrato, en el presente caso partes de un conjunto de placas o intercambiador de calor, de la reacción de reactantes químicos en fase gaseosa o de vapor, en el que al menos un reactante es un reactante que comprende tántalo. Se utiliza una cámara de reacción para el proceso, en la que los gases o vapores de los reactantes se introducen para descomponerse y reaccionar con el sustrato o, en el caso de aplicaciones múltiples, la capa aplicada previamente para formar la película. Dentro de la cámara de reacción, los reactantes se introducen en el conjunto de placas o intercambiador de calor. En una realización, el reactante que comprende tántalo en forma fluida es pentacloruro de tántalo.

El proceso de aplicación divulgado anteriormente también podría usarse también para partes de un intercambiador de calor tal como bastidores o placas de montaje que no forman parte de un intercambiador de calor unido permanentemente. Dichos bastidores o placas revestidos se pueden usar posteriormente junto con un conjunto de placas unidas permanentemente, revestidas de acuerdo con la presente invención.

El proceso de aplicación de la composición que contiene tántalo se realiza preferiblemente mediante deposición de vapor químico (CVD) o deposición de capa atómica (ALD), preferiblemente mediante CVD.

Un proceso básico de CVD consta de las siguientes etapas: 1) una mezcla predefinida de gases reactantes y gases inertes diluyentes se introducen a un caudal especificado en la cámara de reacción; 2) la especie de gas se mueve hacia el sustrato; 3) los reactivos se adsorben en la superficie del sustrato; 4) los reactivos experimentan reacciones químicas con el sustrato para formar la película; y 5) los subproductos gaseosos de las reacciones se desorben y evacúan de la cámara de reacción.

El crecimiento de capas de material por ALD consiste en repetir las cuatro etapas características siguientes: 1) Exposición del primer precursor. 2) Purga o evacuación de la cámara de reacción para eliminar los precursores no reaccionados y los subproductos de la reacción gaseosa. 3) Exposición del segundo precursor u otro tratamiento para activar nuevamente la superficie para la reacción del primer precursor. 4) Purga o evacuación de la cámara de reacción. Cada ciclo de reacción añade una cantidad determinada de material a la superficie, denominado crecimiento por ciclo. Para hacer crecer una capa de material, los ciclos de reacción se repiten tantas veces como se requiera para el espesor de película deseado.

En una realización, el método de revestimiento de un intercambiador de calor unido permanentemente hecho de acero inoxidable, cobre o acero al carbono comprende las etapas: 1) introducir reactantes químicos en fase de gas o vapor en dicho intercambiador de calor en al menos uno de los lados de flujo del intercambiador de calor, en el que al menos uno de los reactantes es un compuesto que comprende tántalo, 2) formar una película sólida que comprende tántalo sobre las superficies de dicho intercambiador de calor a partir de la reacción de los reactantes químicos en fase gaseosa o de vapor, para las etapas 1) y 2), y preferiblemente se lleva a cabo a una temperatura de 600-1000 °C, más preferiblemente 700-900 °C.

En otra realización de la presente invención, las etapas 1) y 2) se llevan a cabo a presión atmosférica, presión subatmosférica o a presión muy baja.

De acuerdo con la presente invención, es importante que las placas de intercambio de calor de un conjunto de placas o intercambiador de calor de placas no solo estén permanentemente unidas entre sí a lo largo de sus partes periféricas, también es importante que en varias áreas de contacto en su intercambio de calor las porciones estén permanentemente unidas. Si las placas solo se unen a lo largo de sus porciones periféricas, otras áreas de contacto pueden moverse/dislocarse durante el uso. Si solo las superficies de contacto a lo largo de sus partes periféricas están unidas permanentemente, las placas pueden separarse en algunas áreas de contacto que no están unidas permanentemente durante el uso cuando el intercambiador de calor de placas está, por ejemplo, presurizado en uno de los lados del flujo de fluido. En el caso de áreas de cambio de contacto debido a, por ejemplo, presurización, un intercambiador de calor revestido que no está unido en todas las áreas de contacto dentro del flujo de fluido tendría entonces áreas no revestidas expuestas al fluido en el intercambiador de calor, dando como resultado áreas corroídas si el fluido utilizado es corrosivo. Por lo tanto, es importante que todas las áreas de contacto entre las placas, donde las áreas de contacto estén en contacto o rodeadas por fluido corrosivo, se unan permanentemente mediante soldadura autógena, soldadura blanda, unión por fusión o soldadura fuerte.

Un conjunto de placas unidas permanentemente para un intercambiador de calor de placas como se divulga en la presente memoria debe interpretarse como un conjunto de placas no accesibles en el que al menos todas las áreas de contacto entre placas en contacto con fluido corrosivo están unidas permanentemente. Por lo tanto, dado que el conjunto de placas no es accesible, se debe interpretar que el conjunto de placas completo no se puede desmontar de ninguna manera. Tal conjunto de placas de acuerdo con la presente invención se puede usar en un intercambiador de calor de placas que tiene, por ejemplo, bastidores y/o placas de montaje de cualquier material, siempre que no estén en contacto con el fluido corrosivo en al menos uno de los lados de flujo. Si, por ejemplo, los bastidores o placas de montaje son parte de al menos uno de los lados de flujo del intercambiador de calor y está en contacto con un fluido altamente corrosivo, dichos bastidores y/o placas de montaje están hechos preferiblemente de tantalio, acero inoxidable o acero al carbono que tiene un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tantalio en al menos las partes del al menos uno de los lados de flujo del intercambiador de calor. Para tales bastidores y/o placas de montaje se usan preferiblemente acero inoxidable o acero al carbono que tiene un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tantalio, más preferiblemente acero inoxidable que tiene un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tantalio.

Un intercambiador de calor de placas unidas permanentemente como se divulga en la presente memoria debe interpretarse como un intercambiador de calor no accesible que comprende un conjunto de placas unidas permanentemente en el que al menos todas las áreas de contacto entre placas en contacto con fluido corrosivo están unidas permanentemente. Por lo tanto, dado que el intercambiador de calor de placas no es accesible, se debe interpretar que el intercambiador de calor de placas no se puede desmontar. Para un intercambiador de calor de placas, esto significa que ni siquiera los bastidores o las placas de montaje que se encuentran alrededor de un conjunto de placas y que deben estar en contacto con al menos un fluido de intercambio de calor corrosivo pueden separarse. El intercambiador de calor de placas unidas permanentemente de acuerdo con la presente invención es imposible de desmontar de ninguna manera en las partes en contacto con al menos un fluido, por ejemplo, un fluido corrosivo. Las expresiones unidos permanentemente y ensamblados permanentemente respecto a los conjuntos de placas y los intercambiadores de calor de placas se consideran intercambiables en la presente solicitud.

La presente invención se refiere a la aplicación de una película sólida de un revestimiento que contiene tantalio sobre superficies dentro de un conjunto de placas o intercambiador de calor de placas unido permanentemente. El compuesto que contiene tantalio utilizado como revestimiento, preferiblemente tantalio metálico, óxido de tantalio y / o nitruro de tantalio, aplicado sobre las superficies de los intercambiadores de calor para estar en contacto con un fluido altamente corrosivo. En una realización preferida, el compuesto que contiene tantalio es tantalio metálico y/u óxido de tantalio, preferiblemente tantalio metálico. Si el revestimiento de tantalio está hecho de tantalio metálico, naturalmente, la parte más superior del revestimiento se oxida y, por lo tanto, es óxido de tantalio, y la parte más baja del revestimiento se alea con los materiales de un conjunto de placas o intercambiador de placas unido permanentemente.

El conjunto de placas unidas permanentemente y el intercambiador de calor unido permanentemente revestido de acuerdo con la presente invención está hecho de acero inoxidable o acero al carbono. El acero inoxidable y el acero al carbono se consideran materiales con buenas propiedades mecánicas. El conjunto de placas unidas permanentemente o el intercambiador de calor unido permanentemente se ensambla mediante soldadura autógena, soldadura blanda, unión por fusión o soldadura fuerte, preferiblemente mediante soldadura autógena, unión por fusión o soldadura fuerte. La soldadura fuerte se realiza preferiblemente mediante el uso de cobre como material de soldadura fuerte. Preferiblemente, el intercambiador de calor está hecho de acero inoxidable y se ensambla usando soldadura autógena, unión por fusión o soldadura fuerte, preferiblemente unión por fusión o soldadura fuerte de cobre.

Según la presente invención, el revestimiento que comprende tantalio aplicado sobre las superficies en al menos uno de los lados de flujo designados para ser utilizados para fluidos altamente corrosivos tiene preferiblemente un espesor de película de aproximadamente 1-300 μm , preferiblemente 1-125 μm , más preferiblemente 1-50 μm , incluso más preferiblemente 10-40 μm y más preferiblemente 15-25 μm .

Ejemplos

5 Dos unidades de acero inoxidable soldadas con cobre, CB14, y dos unidades de acero inoxidable Alfa Fusion, AN14, de Alfa Laval se han procesado con el proceso de CVD para revestir con tántalo. Las unidades convencionales de Alfa Fusion, AN14, se usaron como referencia. Todas las unidades contenían placas de acero inoxidable, pero en CB14 eran de cobre soldado y en AN14 estaban unidas por fusión.

Proceso:

10 El tántalo reacciona con cloro gaseoso para formar $TaCl_5$. El gas se conduce a un horno de vacío a 850 °C donde el $TaCl_5$ reaccionará con las superficies disponibles (acero inoxidable, cobre, acero al carbono, grafito, etc.) para formar un revestimiento de tántalo con CVD. La presión del gas es de aproximadamente 25 mB, y el proceso se ejecuta durante aproximadamente 8 horas.

15 El cloro liberado durante el proceso reaccionará con hidrógeno para formar gas clorhídrico que se elimina del proceso y se neutraliza con hidróxido de sodio.

20 El gas $TaCl_5$ se conduce desde el tubo central a las unidades. Los pequeños espaciadores colgantes unidos a la entrada y a la salida se utilizan para evaluar el grosor de la capa de tántalo. De acuerdo con la medición del peso de los espaciadores antes y después del proceso, el espesor promedio de la capa de tántalo es de aproximadamente 45 μm en la entrada y 38 μm en la salida.

Análisis:

25 Las unidades procesadas de tántalo por CVD (unidades CB 14 y AN 14) se sometieron a prueba de corrosión con ácido clorhídrico a 75 °C durante 48 h. El ácido clorhídrico utilizado para la prueba no mostró casi ningún cambio en el color después de la recirculación en las unidades tratadas con tántalo. Las unidades CB 14 y AN 14 revestidas con tántalo no mostraron ninguna fuga u otros signos de daños por corrosión durante o después de la prueba de corrosión. Después de la prueba de corrosión, las unidades se probaron a presión con aire comprimido a 8 bar. No se observaron fugas externas ni internas en las unidades.

35 También se probó la corrosión en una unidad AN14 convencional en ácido clorhídrico. Para la unidad AN14 convencional, el ácido clorhídrico reaccionó fuertemente con las superficies de acero inoxidable bajo emisión de gas hidrógeno, el ácido tuvo que ser reemplazado un par de veces debido al agotamiento. Se observó una fuerte coloración verde del cloruro de hierro en el ácido de la unidad estándar. La unidad AN14 convencional no mostró fugas después de 90 minutos, pero después de 6 horas se detectaron numerosas fugas grandes.

40 Después de las pruebas de corrosión, las unidades se cortaron y los cortes transversales de las superficies se prepararon metalográficamente y se examinaron con un microscopio. Las unidades tratadas con tántalo se cortaron y se examinaron cuatro cortes transversales de cada unidad. La unidad CB 14 mostró una adhesión muy buena entre el cobre y el tántalo en todas las ubicaciones investigadas. La unidad CB 14 mostró una adhesión ligeramente mejor entre el cobre y el tántalo que el acero inoxidable y el tántalo en la unidad AN 14. Una razón para esto podría ser que la superficie de la unidad AN 14 puede haberse contaminado o, en menor medida, ser debido a la mayor rugosidad de la superficie en la unidad AN 14.

45 El espesor de la capa de tántalo varía de aproximadamente 105-125 μm en las áreas alrededor de la entrada justo a poco más de 10 μm a la distancia máxima diagonal desde la entrada en la unidad AN 14.

50 El espesor de la capa de tántalo varía de aproximadamente 150 μm en la entrada hasta el espesor más fino, lo más probablemente menos de 5 μm a la distancia máxima en diagonal desde la entrada en la unidad CB 14.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de placas unidas permanentemente para un intercambiador de calor de placas de acero inoxidable, cobre o acero al carbono, **caracterizado por que** al menos todas las superficies en contacto con los medios de al menos uno de los lados de flujo del conjunto de placas tienen un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tántalo, en donde el revestimiento tiene un espesor de aproximadamente 1-300 μm , y por que el revestimiento ha sido aplicado después de que se haya unido permanentemente el conjunto de placas.
2. Un conjunto de placas unidas permanentemente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el compuesto que contiene tántalo es tántalo metálico, óxido de tántalo y/o nitruro de tántalo, preferiblemente tántalo metálico y/u óxido de tántalo, más preferiblemente tántalo metálico.
3. Un conjunto de placas unidas permanentemente de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde el conjunto de placas se ha ensamblado usando soldadura, unión por fusión o soldadura fuerte, preferiblemente unión por fusión o soldadura fuerte de cobre.
4. Un conjunto de placas unidas permanentemente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el conjunto de placas está hecho de acero inoxidable y se ha ensamblado usando soldadura autógena, unión por fusión o soldadura fuerte, preferiblemente unión por fusión o soldadura fuerte de cobre.
5. Un conjunto de placas unidas permanentemente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el revestimiento de un compuesto que contiene tántalo tiene un espesor de aproximadamente 1-125 μm , preferiblemente 1-50 μm , más preferiblemente 10-40 μm y lo más preferiblemente 15-25 μm .
6. Un intercambiador de calor de placas **caracterizado por que** comprende un conjunto de placas del tipo definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1-5.
7. Un intercambiador de calor de placas de acuerdo con la reivindicación 6, en donde dicho intercambiador de calor tiene bastidores y/o placas de montaje que son parte de al menos uno de los lados de flujo del intercambiador de calor y dichos bastidores y/o placas de montaje están hechos de tántalo, o acero inoxidable o acero al carbono que tienen un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tántalo, preferiblemente acero inoxidable o acero al carbono que tiene un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tántalo, más preferiblemente acero inoxidable que tiene un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tántalo.
8. Un intercambiador de calor de placas de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el intercambiador de calor de placas está unido permanentemente y está hecho de acero inoxidable o de acero al carbono y todas las superficies de al menos uno de los lados de flujo del intercambiador de calor de placas tienen un revestimiento unido por aleación de un compuesto que contiene tántalo.