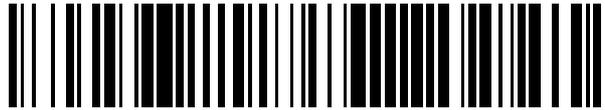


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 210 367**

51 Int. Cl.:

C22F 1/04 (2006.01)

B05D 7/14 (2006.01)

B21K 1/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.1996 E 96915379 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **19.12.2012 EP 0828863**

54 Título: **Preparación de artículos de aleación de aluminio revestidos previamente**

30 Prioridad:

01.05.1995 US 432223

26.04.1996 US 634748

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

23.10.2013

73 Titular/es:

MCDONNELL DOUGLAS CORPORATION

(100.0%)

3855 LAKEWOOD BOULEVARD

LONG BEACH, CA 90846, US

72 Inventor/es:

KEENER, STEVEN G.

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 210 367 T5

DESCRIPCIÓN

Preparación de artículos de aleación de aluminio revestidos previamente.

5 La presente invención se refiere a un método para preparar un remache de aleación de aluminio revestido.

Los remaches se usan para unir mecánicamente los diversos elementos estructurales y subconjuntos de la aeronave. Los remaches están formados por resistentes aleaciones tales como aleaciones de titanio, acero, y aleaciones de aluminio. En algunos casos, los remaches son termotratados, como por un tratamiento de envejecimiento de endurecimiento estructural, para lograr una resistencia tan alta como razonable sea posible, en combinación con otras propiedades deseables, para esa aleación particular. El termotratamiento por lo general implica una secuencia de una o más etapas de calentamiento controlado en una atmósfera controlada, mantenimiento a temperatura durante un período de tiempo, y enfriamiento controlado. Estas etapas se seleccionan para cada material particular a fin de alcanzar sus propiedades mecánicas y físicas deseadas. En otros casos, el elemento de sujeción se usa en una condición semielaboradas.

Ha sido la práctica revestir algunos tipos de remaches con revestimientos orgánicos para proteger el metal de base de los remaches contra el daño de corrosión. En el enfoque habitual, el remache se fabrica primero y luego es termotratado a su resistencia requerida. Después del termotratamiento, el remache es atacado con un baño de sosa cáustica para eliminar la escama producida en el termotratamiento. Opcionalmente, el remache es alodinado o anodizado. El material de revestimiento, disuelto en un líquido portador volátil, se aplica al remache por pulverización, inmersión, o similares. El líquido portador es evaporado. El remache revestido se calienta a temperatura elevada durante un período de tiempo para curar el revestimiento. El remache terminado se usa en la fabricación de la estructura.

Este enfoque de revestimiento funciona bien con remaches fabricados de un metal de base que tiene un alto punto de fusión, tal como remaches fabricados de acero o aleaciones de titanio. Dichos remaches son termotratados a temperaturas muy por encima de la temperatura del curado del revestimiento. En consecuencia, el curado del revestimiento, realizado después que se completa el termotratamiento del remache, no afecta adversamente las propiedades del metal de base ya tratado.

Por otro lado, las aleaciones de aluminio tienen un punto de fusión mucho más bajo, y por consiguiente una temperatura de termotratamiento por lo general mucho más baja que las aleaciones de titanio y acero. No ha sido la práctica revestir los remaches de aleación de aluminio con revestimientos curables, debido a que se observa que el tratamiento de curado para el revestimiento puede afectar adversamente la resistencia del elemento de sujeción. Los remaches de aleación de aluminio son por lo tanto más susceptibles a la corrosión como de otro modo sería el caso. Adicionalmente, la presencia del revestimiento orgánico ayuda a la instalación del remache para aleaciones de titanio y acero. La ausencia del revestimiento significa que los remaches de aluminio se deben instalar usando un compuesto sellante húmedo con fines de protección de la corrosión. El compuesto sellante húmedo típicamente contiene componentes tóxicos y por lo tanto requiere precauciones para la protección del personal que lo usa y para la protección del medio ambiente. Es también sucio y difícil de trabajar, y puede requerir una amplia limpieza del área alrededor del remache usando disoluciones químicas cáusticas.

A partir del documento US 3 899 370 A, se conoce un método para preparar un artículo de aleación de aluminio que comprende las etapas siguientes: proporcionar un artículo de aleación de aluminio que está en una condición no tratada; proporcionar una pintura de resina termoendurecible soluble en agua curable a alrededor de una temperatura de termotratamiento del artículo de aleación de aluminio; aplicar la pintura al artículo de aleación de aluminio que no está en su condición termotratada final; y termotratar el artículo pintado hasta su condición termotratada final, curando de este modo simultáneamente la pintura. El método conocido es aplicable a materiales de aleación de aluminio moldeados que están sometidos a moldeo por extrusión. Sin embargo, dichos materiales no son aplicables a la fabricación de remaches.

El documento US n° 3 841 896 A divulga un elemento de sujeción revestido que comprende un sustrato de metal cubierto por lo menos en parte por un material de revestimiento y sellado. Se trata la cuestión de la resistencia a la corrosión por tensión o la corrosión de tipo exfoliación en la zona de las superficies de metal adyacentes y/o de los elementos de sujeción. Para mejorar la resistencia, se divulga un revestimiento curable específico que comprende un polímero de polisulfuro elastomérico y un compuesto de cromato soluble inhibidor de la corrosión. El revestimiento puede aplicarse a remaches de titanio y curarse a aproximadamente 72 °C.

60 Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de la presente invención es divulgar un método mejorado para preparar un remache de aleación de aluminio revestido.

Este objetivo se alcanza mediante un método según la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 15.

65 Según la invención, un método para preparar un remache de aleación de aluminio comprende las etapas de proporcionar un precursor del artículo de aleación de aluminio que no está en su condición mecánica y de

5 termotratamiento requerido, y proporcionar un material de revestimiento orgánico curable. El material de revestimiento tiene una porción no volátil que es predominantemente orgánica y es curable a alrededor de una temperatura de termotratamiento del precursor del remache de aleación de aluminio. El método incluye además la aplicación de material de revestimiento orgánico al precursor del artículo de aleación de aluminio, y termotratamiento del precursor del remache de aluminio revestido a su condición termotratada final a la temperatura de termotratamiento y durante un tiempo suficiente para termotratar el aluminio a su condición mecánica y termotratamiento requerida final, y simultáneamente curar el revestimiento orgánico, que forma el remache.

10 Este enfoque produce ventajas de coste y técnicas no esperadas y sorprendentes cuando se usa conjuntamente con remaches de aluminio de alta resistencia. Los remaches de aleación de aluminio exhiben su resistencia requerida completa producida por el termotratamiento usado por sí mismo o la condición de deformación requerida. Es importante el logro de un nivel de resistencia específico, debido a que los usuarios de los remaches, tales como los clientes de aeronaves, no permitirán un sacrificio del rendimiento mecánico para lograr la resistencia a la corrosión mejorada. En cambio, en el pasado han requerido tanto el rendimiento mecánico aceptable como también el uso de sellantes húmedos para alcanzar la resistencia a la corrosión aceptable. En el enfoque presente, por otro lado, el remache tiene tanto el rendimiento mecánico aceptable como un revestimiento para la protección de corrosión aceptable. Por lo tanto, durante la instalación de un remache fabricado por el presente enfoque, no se necesita aplicar sellantes húmedos al elemento de sujeción y superficies de unión del orificio dentro del cual se inserta el remache justo antes de colocar el remache.

20 La eliminación del requisito para el enfoque de instalación del sellante húmedo para los más de 700.000 remaches en una aeronave de carga grande ofrece un ahorro en costes de varios millones de dólares por aeronave. La eliminación del uso de sellantes húmedos también mejora la mano de obra en la instalación del remache, puesto que no hay posibilidad de pérdida de algunos de los remaches según se aplica el sellante húmedo. Los remaches revestidos son más resistentes a la corrosión durante el servicio que los remaches no revestidos.

25 Otras características y ventajas de la presente invención serán evidentes de la siguiente descripción más detallada de la realización preferida, considerada conjuntamente con los dibujos que se acompañan, que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de la invención.

30 La figura 1 es un procedimiento de diagrama de flujo para una primera realización del método de la invención;

la figura 2A es un procedimiento de diagrama de flujo para una forma de una segunda realización del método de la invención;

35 la figura 2B es un procedimiento de diagrama de flujo para otra forma de una segunda realización del método de la invención;

40 la figura 3 es un procedimiento de diagrama de flujo para una segunda realización del método de la invención;

la figura 4 es una vista en sección esquemática de un remache de cabeza saliente usado para unir dos elementos, antes de la colocación;

45 la figura 5 es una vista en sección esquemática de un remache de metal duro usado para unir dos elementos, antes de la colocación;

la figura 6 es una vista en sección esquemática de un remache de cabeza lisa usado para unir dos elementos, antes de la colocación; y

50 la figura 7 es una vista en sección esquemática del remache de cabeza lisa de la figura 5, después de la colocación.

Según se representa en la figura 1, se proporciona primero un artículo (es decir, no revestido y recocido) no tratado.

55 Se proporciona un remache 40, con el número 20. La presente invención se usa con un remache fabricado en su forma y tamaño convencional. Las figuras 4-6 ilustran tres tipos de remaches 40, en una etapa intermedia de su instalación para unir un primer elemento 42 a un segundo elemento 44, después de la instalación al primer y segundo elementos aunque antes de la colocación. El remache 40 de la figura 4 tiene un cabezal 46 saliente prefabricado en un extremo. El remache 40' de la figura 5, un remache de metal duro, no tiene cabezal prefabricada en ningún extremo. El remache 40'' de la figura 6 tiene un cabezal 46'' liso prefabricado en un extremo, que se aloja en una broca de avellanar en el elemento 42. La presente invención se puede usar con estos y otros tipos de remaches.

65 El remache 40 está fabricado de una aleación a base de aluminio. Según se usa aquí, "aleación de aluminio" o "base de aluminio" significa que la aleación tiene más del 50 por ciento en peso de aluminio pero menos del 100 por ciento en peso de aluminio. Típicamente, la aleación a base de aluminio tiene alrededor de 85-98 por ciento en peso de

aluminio, con el resto siendo elementos de aleación y una menor cantidad de impurezas. Se añaden los elementos de aleación en cantidades exactamente controladas para modificar las propiedades de la aleación de aluminio según se desee. Los elementos de aleación que se añaden al aluminio en combinación para modificar sus propiedades incluyen, por ejemplo, magnesio, cobre, y cinc, así como otros elementos.

En un caso de interés, la aleación de aluminio se puede termotratarse. El artículo es primero fabricado en una forma deseada, en este caso un remache. Los elementos de aleación se seleccionan de modo que la forma fabricada se puede tratar para tener una condición relativamente suave, preferiblemente calentándola a temperatura elevada durante un período de tiempo y después enfriándola a temperatura más baja, un procedimiento denominado tratamiento en disolución/recocido. En el procedimiento de tratamiento en disolución/recocido, los elementos del soluto se disuelven en la matriz de la aleación (es decir, tratamiento en disolución) y se retienen en disolución por el enfriamiento rápido, y la matriz propiamente dicha es simultáneamente recocida (es decir, recocido).

Después de que el artículo sea tratado en disolución/recocido, puede ser además tratado para aumentar su resistencia varias veces para obtener propiedades de alta resistencia deseadas para el servicio. Tal tratamiento adicional, típicamente por un procedimiento de envejecimiento por endurecimiento estructural, se puede lograr, ya sea calentando a una temperatura elevada durante un período de tiempo, denominado envejecimiento artificial o manteniendo a temperatura ambiente durante un período de tiempo mayor, denominado envejecimiento natural. En la terminología de la Asociación de Aluminio convencional, diferentes tratamientos de endurecimiento estructural de envejecimiento artificial, algunos en combinación con la deformación intermedia, producen las condiciones T6, T7, T8, o T9, y un tratamiento de endurecimiento estructural de envejecimiento natural produce la condición T4. (Terminología de la Asociación de Aluminio para termotratamientos, tipos de aleación, y similares se aceptan en toda la técnica y serán usados aquí). Algunas aleaciones requieren envejecimiento artificial y otras aleaciones pueden envejecer de cualquier modo. Los remaches se hacen comúnmente de ambos tipos de materiales.

En ambos tipos de envejecimiento, ocurre la resistencia como resultado de la formación de partículas de segunda fase, típicamente denominadas precipitados, en la matriz de aleación de aluminio. En su conjunto, todas las etapas de procedimiento que conducen a su resistencia por lo general se denominan "termotratamiento", en el que el artículo se somete a uno o más períodos de exposición a una temperatura elevada durante un período de tiempo, con regímenes de calentamiento y enfriamiento seleccionados para ayudar en la producción de las propiedades finales deseadas. Las temperaturas, tiempos, y otros parámetros requeridos para alcanzar propiedades particulares se conocen y están disponibles en documentos de referencia para aleaciones con base de aluminio estándar.

Una aleación con base de aluminio envejecida artificialmente específica del mayor interés para aplicaciones de remache es la aleación 7050, que tiene una composición de alrededor de 2,3 por ciento en peso de cobre, 2,2 por ciento en peso de magnesio, 6,2 por ciento en peso de cinc, 0,12 por ciento en peso de zirconio, el resto de aluminio más impurezas menores. (Otras aleaciones adecuadas incluyen, aunque no se limitan a series 2000, 4000, 6000, y 7000 de aleaciones de aluminio que se pueden termotratarse). Esta aleación está comercialmente disponible en diversas compañías de aluminio, incluyendo ALCOA, Reynolds, y Kaiser. Después de la fabricación en la forma deseada tal como una de las mostradas en las figuras 4-6, la aleación 7050 puede ser tratada en disolución totalmente/recocida para tener una resistencia al corte final de alrededor de 234.430 - 241.325 kilopascales (kPa) (34.000-35.000 libras por pulgada al cuadrado (psi)). Esta condición habitualmente se obtiene siguiendo el procedimiento de fabricación de los elementos de sujeción que incluyen maquinado, forjado, o de otro modo formado en la forma deseada. Esta condición se denomina aquí la "condición no tratada", puesto que precede el ciclo de termotratamiento de envejecimiento final requerido para optimizar la resistencia y otras propiedades del material. El artículo puede ser sometido a múltiples operaciones de formación y periódicamente un nuevo recocido según se requiera, antes del procedimiento de termotratamiento de endurecimiento estructural.

Después de la formación (y un opcionalmente nuevo recocido), la aleación 7050 se puede termotratarse a una temperatura de alrededor de 121°C (250°F) durante 4-6 horas. La temperatura se aumenta después de 121°C (250°F) directamente hasta alrededor de 179°C (355°F) durante un período de 8-12 horas, seguido por un enfriamiento al aire ambiente. Esta condición final de termotratamiento, denominada condición T73, produce una resistencia de alrededor de 282.695 - 317.170 kPa (41.000-46.000 psi) en la aleación 7050, que es adecuada para aplicaciones de elementos de sujeción. (Esta etapa de envejecimiento de tratamiento de endurecimiento estructural se realiza posteriormente en la etapa 26 de la figura 1).

Volviendo a la exposición del método de la figura 1, el remache no tratado es de forma opcional químicamente atacado, limpiado por chorro de granalla o de otro modo tratado para hacer su superficie se haga rugosa y posteriormente anodizada en disolución de ácido crómico, con el número 30. La disolución de ácido crómico está disponible comercialmente o se prepara disolviendo trióxido de cromo en agua. La disolución de ácido crómico es preferiblemente de una concentración de alrededor de 4 por ciento de cromato en agua, y a una temperatura de alrededor de 32°C (90°F) a alrededor de 38°C (100°F). El remache que se va a anodizar se convierte en el ánodo en la disolución de ácido crómico suavemente agitada a un voltaje de CC aplicado de alrededor de 18-22 voltios. El anodizado se continúa preferiblemente durante 30-40 minutos, aunque también se encontró que funcionaba con tiempos más cortos. La operación de anodización produce una capa superficial de óxido fuertemente adherente de alrededor de 0,000254-0,000762 cm (0,0001-0,0003 pulgadas) de grueso sobre el remache de aleación de aluminio,

cuya capa superficial promueve la adherencia del revestimiento orgánico posteriormente aplicado. La anodización también puede se puede usar para químicamente sellar la superficie del remache de aluminio. En este caso, se encontró que no es deseable químicamente sellar la superficie de esta manera, puesto que el sellado químico tiende a inhibir la sólida unión del revestimiento posteriormente aplicado al remache de aleación de aluminio.

Otro medios de anodización también se probaron durante diversos tiempos de anodización. El ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido bórico, y ataque químico funcionaban en diversos grados aunque no con tanto éxito en producir el tipo deseado de superficie de óxido que da por resultado fuerte adherencia del revestimiento aplicado posteriormente.

Se proporciona un material de revestimiento, con el número 22, preferiblemente en disolución de forma que pueda ser fácil y uniformemente aplicado. La función habitual del material de revestimiento es proteger el metal de base al cual se aplica para la corrosión, incluyendo, por ejemplo, la corrosión electrolítica convencional, la corrosión galvánica, y corrosión de esfuerzo. El material de revestimiento es una formulación que es principalmente de una composición orgánica, aunque puede contener aditivos para mejorar las propiedades del revestimiento final. Es deseable inicialmente disolverlo en un líquido portador de forma que pueda ser aplicado a un sustrato. Después de la aplicación, el material de revestimiento es curable para efectuar cambios estructurales dentro del componente orgánico, típicamente reticulado de moléculas orgánicas para mejorar la adhesión y cohesión del revestimiento.

Tal revestimiento curable es distinto de un revestimiento no curable, el cual tiene propiedades diferentes y no es adecuado para la presente aplicación de protección de corrosión. Con un revestimiento no curable tal como una laca, no hay necesidad de calentar el remache revestido a temperatura elevada para curar. Los problemas de sobreenviejamiento asociados con el uso de materiales de revestimiento curables, y que se necesitan en la presente invención, simplemente no se originan.

El tratamiento de anodización, preferiblemente en ácido crómico, realizado antes de la aplicación del revestimiento sirve para promover fuerte unión del revestimiento orgánico al sustrato del remache de aleación de aluminio. La unión aparentemente se promueve tanto por bloqueo físico como por efectos de unión química de activación por cromato. Para lograr el efecto del bloqueo físico, según se expuso previamente la superficie anodizada no está químicamente sellada contra la intrusión de agua en el procedimiento de anodización. El revestimiento orgánico curado y aplicado con posterioridad sirve para sellar la superficie anodizada.

Un número de materiales de revestimiento orgánico curable están disponibles y funcionan en el presente procedimiento. Un material típico y preferido de revestimiento de este tipo tiene resina fenólica mezclada con uno o más plastificantes, otros componentes orgánicos tales como politetrafluoroetileno, y aditivos inorgánicos tales polvo de aluminio y/o cromato de estroncio. Estos componentes de revestimiento son preferiblemente disueltos en un disolvente adecuado presente en una cantidad para producir una consistencia de aplicación deseada. Para el material de revestimiento que se acaba de exponer, el disolvente es una mezcla de etanol, tolueno, y metil etil cetona. Una disolución típica de revestimiento que se puede pulverizar tiene alrededor de 30 por ciento en peso de etanol, alrededor de 7 por ciento en peso de tolueno, y alrededor de 45 por ciento en peso de metil etil cetona como disolvente; y alrededor de 2 por ciento en peso de cromato de estroncio, alrededor de 2 por ciento en peso de polvo de aluminio, con el resto siendo resina fenólica y plastificante. Una cantidad menor de politetrafluoroetileno se puede añadir opcionalmente. Tal producto está comercialmente disponible como "Hi-Kote 1" de Hi-Shear Corporation, Torrance, CA. Tiene un tratamiento de curación de temperatura elevada estándar de 1 hora a 218°C-190°C (400°F ± 25°F), según se recomienda por el fabricante.

El material de revestimiento se aplica al remache no tratado, con el número 24. Se puede usar cualquier enfoque apropiado, tal como inmersión, pulverización o aplicación con brocha. En el enfoque preferido, la disolución del material de revestimiento disuelto en disolvente se pulveriza sobre los remaches no tratados. El disolvente se retira del revestimiento así aplicado por secado, tanto a temperatura ambiente como a temperatura ligeramente elevada, de forma que el remache que se reviste esté seco al tacto. Preferiblemente, la evaporación del disolvente se realiza por exposición rápida a 93°C (200°F) durante alrededor de dos minutos. El remache revestido no es adecuado para el servicio en este punto, debido a que el revestimiento no está suficientemente curado y adherido al metal de base de aleación de aluminio y debido a que el revestimiento no es suficientemente coherente para resistir el daño mecánico en servicio.

En el caso del Hi-Kote 1 preferido, el revestimiento según se pulveriza se analizó por análisis EDS en un microscopio electrónico de barrido. Los elementos más pesados estaban presentes en las siguientes cantidades en peso: Al, 82,4 por ciento; Cr, 2,9 por ciento; Fe, 0,1 por ciento; Zn, 0,7 por ciento; y Sr, 13,9 por ciento. Los elementos más ligeros tales como carbono, oxígeno, e hidrógeno se detectaron en el revestimiento aunque no se reflejaron debido a que el análisis EDS para tales elementos no es por lo general exacto.

El metal de base del artículo de remache y el revestimiento aplicado se calentaron conjuntamente a una temperatura elevada adecuada, con el número 26, para lograr dos resultados simultáneamente. En esta etapa única, la aleación de aluminio es termotratada para endurecimiento estructural por envejecimiento artificial a su condición de

resistencia deseada final, y el revestimiento es curado a su condición de unión deseada final. Preferiblemente, la temperatura y tiempo de tratamiento de la etapa 26 se selecciona para que sea la requerida para lograr las propiedades deseadas del metal de base de la aleación de aluminio, según se proporciona en los procedimientos estándares probados y aceptados por la industria para esa aleación a base de aluminio particular. Este tratamiento no es típicamente el especificado por el fabricante de revestimiento y no puede producir la condición más óptica de curado para el revestimiento, pero se ha determinado que en el termotratamiento del metal se perdona menos las ligeras variaciones del tratamiento óptimo que en el tratamiento de curado del revestimiento orgánico. Esto es, el inventor ha demostrado que el curado del revestimiento puede soportar variaciones más grandes en tiempo y temperatura con resultados aceptables de lo que puede el termotratamiento del metal. Contrario a las expectativas y especificaciones del fabricante, el revestimiento curado por los procedimientos no recomendados exhibe adhesión satisfactoria al sustrato de aleación de aluminio y otras propiedades durante el servicio. De este modo, el uso del termotratamiento recomendado del metal produce las propiedades físicas óptimas del metal, y propiedades extremadamente buenas del revestimiento.

En el caso de la aleación a base de aluminio 7050 preferida y el revestimiento Hi-Kote 1 expuesto anteriormente, el termotratamiento preferido es el procedimiento de envejecimiento de tratamiento de endurecimiento estructural T73 de la aleación 7050 durante 4-6 horas a 121°C (250°F), seguido por el aumento escalonado de 121°C hasta 179°C (250°F a 355°F) y manteniendo la temperatura a 179°C (355°F) durante 8-12 horas, y un ambiente de aire frío a temperatura ambiente.

De este modo, el procedimiento 26 de envejecimiento artificial por tratamiento de endurecimiento estructural implica significativamente temperatura con tiempos más largos y diferentes temperaturas que se recomiendan por el fabricante para el revestimiento orgánico. Existía inicialmente una preocupación de que las temperaturas más altas y tiempos más largos, más allá de aquellos requeridos para el curado estándar del revestimiento, degradarían el revestimiento y sus propiedades durante el servicio. Se comprobó que esta preocupación era infundada. El revestimiento 48 final, mostrado esquemáticamente en las figuras 4-7, es fuertemente adherente al metal de base de la aleación de aluminio y es también fuertemente coherente internamente. (En las figuras 4-7, el grosor del revestimiento 48 es exagerado de modo que sea visible. En realidad, el revestimiento 48 es típicamente alrededor de 0,000762-0,00127 cm (0,0003-0,0005 pulgadas) de grueso después del tratamiento en la etapa 26).

El remache 40 revestido y tratado está listo para instalación, con el número 28. El remache es instalado de la manera apropiada a su tipo. En el caso del remache 40, el remache se coloca a través de orificios alineados en los dos elementos 42 y 44 coincidentes colocados en contacto superficial, según se muestra en la figura 4. El extremo 50 alejado saliente del remache 40 se coloca (plásticamente deformado) de forma que los elementos 42 y 44 se sujeten mecánicamente entre el cabezal 46 prefabricado y un cabezal 52 formado del remache. La figura 7 ilustra la colocación del remache 40 para el caso del remache de cabeza lisa de la figura 6, y es similar la forma general de colocación de los remaches de otros tipos de remaches. El revestimiento 48 es retenido sobre el remache incluso después de la colocación, según se muestra en la figura 7.

La etapa de instalación refleja una de las ventajas de la presente invención. Si el revestimiento no se aplicara al remache, sería necesario colocar un material sellante húmedo viscoso dentro de los orificios y en las superficies de contacto según se coloca el remache, para revestir las superficies de contacto. El material sellante húmedo es potencialmente tóxico a los trabajadores, sucio y difícil de trabajar, y necesita intensa limpieza de las herramientas y las superficies expuestas de los elementos 42 y 44 con disoluciones químicas cáusticas después de la instalación del remache. Además, se ha observado que la presencia del sellante húmedo residual inhibe la adhesión de las capas superiores de pintura aplicadas con posterioridad sobre las cabezas de los remaches. Antes de la presente invención, el enfoque de sellante húmedo era la única técnica viable para lograr suficiente resistencia a la corrosión, incluso se han hecho esfuerzos para sustituirla durante muchos años. El enfoque de revestimiento presente supera estos problemas de los sellantes húmedos. El sellante húmedo no se necesita o no se usa durante la instalación. Adicionalmente, las capas superiores de pintura aplicadas más tarde se adhieren bien sobre las cabezas de los remaches revestidos, una ventaja importante. El uso de sellantes húmedos algunas veces hace difícil aplicar la pintura sobre las cabezas de los remaches debido a que la pintura no se adhiere bien.

La presente invención se ha llevado a la práctica con remaches fabricados de aleación 7050. Los remaches, inicialmente en la condición no tratada, se han revestido con Hi-Kote 1 y otro material de revestimiento, aunque libre de cromo, Alumazite ZY-138. (El Alumazite ZY-138 es un revestimiento que se puede pulverizar distribuido por Tiodize Co., Huntington Beach, CA. Su composición incluye una resina orgánica, solvente 2-butanona, y polvo de aluminio). Los remaches revestidos se termotrataron para endurecimiento estructural a la condición T73 con el tratamiento de envejecimiento artificial de 4-6 horas a 121°C (250°F) seguido por un aumento progresivo de 121°C a 179°C (250°F a 355°F) y manteniendo la temperatura a 179°C (355°F) durante 8-12 horas, seguido por un enfriamiento de aire ambiente a temperatura ambiente.

Se probaron mecánicamente los remaches revestidos según MIL-R-5674 para verificar que satisfacían los requisitos de resistencia al corte doble final requeridos de 282.695-317.170 kPa (41.000-46.000 libras por pulgada cuadrada) logrado por remaches no revestidos. En la prueba, la resistencia al corte doble último fue 293.037-299.933 kPa (42.500-43.500 libras por pulgada cuadrada) dentro del intervalo permitido. Las longitudes cilíndricas de cada tipo de

remache revestido fueron colocadas a un diámetro de 1,6 veces su diámetro inicial para evaluar la capacidad accionadora. No se observó ningún agrietamiento o escamación de los revestimientos incluso en la periferia de la región de colocación, que es el área que experimenta la mayor deformación. Los remaches fueron también instalados y con posterioridad retirados para evaluar la integridad del revestimiento usando un microscopio electrónico de barrido. Los revestimientos no exhibieron ninguna de las señales de agrietamiento, escamación, o cualquiera de las otras condiciones o anomalías inaceptables. Este último resultado es particularmente importante y sorprendente. Los revestimientos fueron retenidos en los remaches incluso después de la aguda deformación que resultó del tratamiento de colocación. De este modo, los revestimientos permanecieron en su lugar para proteger el remache contra la corrosión después de la instalación, obviando cualquier necesidad para el uso de sellantes húmedos.

Cuando se tratan las aleaciones de aluminio para endurecer por envejecimiento natural mediante el enfoque ilustrado con relación a la figura 1, la aleación de aluminio se sobre-envejecerá debido a la etapa 26 de calentamiento requerida para curar el revestimiento orgánico. Para algunas aplicaciones del elemento de sujeción, es aceptable el sobre-envejecimiento de la aleación de aluminio. En otras aplicaciones, el sobre-envejecimiento da como resultado propiedades inaceptables y se debe evitar. Las figuras 2A y 2B representan los procedimientos para obtener los beneficios de un revestimiento orgánico curable aplicado a aleaciones tratadas para endurecer por envejecimiento natural.

En un enfoque, representado en la figura 2A, se suministra la materia prima del remache de aleación de aluminio seleccionada por termotratamiento para endurecimiento estructural para endurecer naturalmente el envejecimiento, con el número 32. La materia prima del remache se suministra ligeramente sobredimensionada (es decir, diámetros mayores), según se compara con el tamaño suministrado para el procedimiento convencional en el cual no se usa el revestimiento curable. La aleación de aluminio preferida para el tratamiento de endurecimiento estructural por envejecimiento natural a la condición T4 es la aleación 2117 que tiene una composición teórica de 0,4-0,8 por ciento en peso de magnesio, 3,5-4,5 por ciento en peso de cobre, 0,4-1,0 por ciento en peso de manganeso, 0,10 por ciento en peso de cromo, 0,2-0,8 por ciento en peso de silicio, 0,7 por ciento en peso de hierro, 0,25 por ciento en peso de cinc, 0,15 por ciento en peso de titanio, 0,05 por ciento en peso máximo de otros elementos, con un total de otros elementos de no más de 0,15 por ciento en peso, con el resto de aluminio. La aleación 2117 está disponible comercialmente en diversas compañías de aluminio, incluyendo Alcoa, Reynolds, y Kaiser. Esta aleación puede ser precipitación endurecida por envejecimiento natural a la condición T4 a temperatura ambiente durante al menos alrededor de 96 horas, desarrollando una resistencia al corte de alrededor de 179.270-208.850 kPa (26.000-30.000 psi). (Esta etapa de termotratamiento de envejecimiento natural es posteriormente realizada en la etapa 37 de la figura 2A y 2B). El enfoque funciona también con otras aleaciones que pueden ser envejecidas con un tratamiento térmico por precipitación de envejecimiento natural, tal como, por ejemplo, las aleaciones 2017, 2024, y 6061.

El remache está deformado a un tamaño diferente de, y típicamente mayor que, el tamaño final deseado, con el número 34, una condición denominada por el inventor "sobredimensión normal". En el caso de un remache cilíndricamente simétrico, la materia prima del remache es preferiblemente estirada a un diámetro normal sobredimensionado que es típicamente alrededor de 10-15 por ciento mayor que el tamaño final deseado. La materia prima del remache estirada normal sobredimensionada es tratada en disolución/recocida según el procedimiento recomendado para la aleación de aluminio, con número 36. En el caso de la aleación 2117 preferida, el tratamiento en disolución/envejecimiento se efectúa a 476-510°C (890-950°F) durante 1 hora, seguido por enfriamiento. La materia prima del remache es naturalmente envejecida según las recomendaciones para la aleación que se está tratando, a temperatura ambiente para un mínimo de alrededor de 96 horas en el caso de aleación 2117, con el número 37. La materia prima envejecida y tratada en disolución/recocida y estirada es después deformada trabajando en frío, típicamente estirando, a su diámetro deseado final, con el número 38, una etapa denominada de reestirar o trabajar en frío. (Sin embargo, equivalentemente para el presente fin la etapa 34 puede ser usada para deformar la materia prima del remache a un tamaño más pequeño que el tamaño final deseado, y la etapa 38 puede ser usada para deformar la materia prima del remache al tamaño final más grande, como por una operación de recalado en frío). Este trabajo en frío imparte una deformación ligera al remache. La materia prima del remache trabajada en frío es opcionalmente anodizada, preferiblemente en disolución de ácido crómico, y preferiblemente dejada sin sellar, con el número 30, usando el enfoque descrito previamente. El material de revestimiento se proporciona en disolución, con el número 22, y se aplica a la materia prima del remache, con el número 24. Las etapas 30, 22, y 24 son según se describe más arriba con relación a la figura 1, y las descripciones se incorporan aquí.

El remache revestido es curado, número 26. El curado preferido es el recomendado por el fabricante, más preferiblemente 1 hora a 204°C (400°F) según se describe previamente. Sin embargo, se puede emplear una operación de curado modificada dependiendo del nivel del trabajo en frío realizado en el remache en la etapa 38. El ciclo de curado modificado es 45 minutos a 190°C (375°F) y se ha demostrado que produce resultados aceptables consistentes con los requisitos para el material de revestimiento. La operación de curado tiene el efecto de tender al sobre-envejecimiento de la aleación de aluminio, que normalmente requiere sólo envejecimiento natural (temperatura ambiente) para realizar su completa resistencia. Sin embargo, lo más sorprendente, ha sido encontrar que la operación de trabajo en frío adicional en la etapa 38, llevada a cabo después del tratamiento en disolución/recocido de la etapa 36 y el envejecimiento natural de la etapa 37, neutraliza el efecto de la etapa 26 y da por resultado un

remache final que es revestido y envejecido para las propiedades de aleación de aluminio aceptables, aunque no sobre-envejecido.

En una variante del enfoque de la figura 2A para los remaches de revestimiento y termotratamiento que van a ser tratados a un endurecimiento de envejecimiento natural, representado en la figura 2B, la materia prima de remache de aleación de aluminio se suministra en una condición sobredimensionada, número 32. La materia prima de remache es estirada o formada a su tamaño final, número 34. (Esto es distinto de la etapa 34 de la figura 2A en la que la materia prima de remache está deformada al diámetro normal sobredimensionado). La materia prima de remache estirada es tratada en disolución/recocida, número 36, y naturalmente envejecida, número 37. No se requiere ninguna etapa 38 de estiramiento en el diámetro final, como en el procedimiento de la figura 2A. Las etapas restantes 22, 30, 24, 26 y 28 son como se describen previamente con relación a la figura 2A, cuya descripción está incorporada aquí.

Se ha practicado con éxito el enfoque de la figura 2B usando aleación de aluminio 2117. La materia de remache se proporcionó en un diámetro sobredimensionado de alrededor de 0,508-0,521 centímetros (0,200-0,205 pulgadas), la etapa 32, según se compara con un diámetro inicial convencional de 0,469-0,472 centímetros (0,185-0,186 pulgadas). La materia prima de remache sobredimensionada se estiró a un diámetro de 0,469-0,472 centímetros (0,185-0,186 pulgadas) en la etapa 34 y el recalcado en frío a un diámetro de 0,474-0,478 centímetros (0,187-0,188 pulgadas) en la etapa 34. Las otras etapas de la figura 2B fueron como se describen previamente para la aleación de aluminio 2117. Se alcanzó la resistencia requerida de T4 de endurecimiento, y adicionalmente se protegieron los remaches por el revestimiento adherente.

En los procedimientos de las figuras 2A y 2B, el trabajo mecánico extra que dio como resultado la materia prima del remache en deformación en las etapas 34 y 38 a partir del diámetro sobredimensionado inicial de la etapa 32, acoplado con el calentamiento extra implicado en la etapa 26 de curado, dando como resultado una resistencia final y otras propiedades mecánicas que satisfacen los estándares requeridos y especificaciones para los remaches de este tipo. El trabajo en frío mecánico extra tiende a elevar las propiedades mecánicas por encima de los límites aceptables, mientras que el calentamiento extra durante el curado reduce las propiedades mecánicas de nuevo al intervalo aceptable. El equilibrio exacto de estos efectos incluso permite que las propiedades mecánicas se establezcan en el lado alto o el lado bajo del intervalo permitido por la mayor parte de los estándares. Las modificaciones del procedimiento producen el beneficio adicional importante de que el remache es revestido con un revestimiento curado que protege el remache de la corrosión.

Algunas aleaciones no son tratadas en disolución/recocidas y tratadas para endurecimiento estructural antes del uso, aunque en su lugar se usan en una condición de trabajo en frío con un nivel mínimo de resistencia de deformación inducida. La condición deformada requerida de tales aleaciones aparentemente sería incompatible con el calentamiento a temperatura elevada para curar el revestimiento. Sin embargo, se ha demostrado que un procedimiento tal como el ilustrado en la figura 3 para una tercera realización preferida de la invención permite que la aleación sea usada en una condición reforzada inducida por deformación y también para ser revestida con un revestimiento curable. Tal aleación preferida es 5056-H32, que tiene una composición teórica de 4,5-5,6 por ciento en peso de magnesio, 0,10 por ciento en peso de cobre, 0,05-0,20 por ciento en peso de manganeso, 0,30 por ciento en peso de silicio, 0,40 por ciento en peso de hierro, 0,05-0,20 por ciento en peso de cromo, 0,10 por ciento en peso de cinc, 0,05 por ciento en peso máximo de cualquier otro elemento con 0,15 por ciento en peso total de otros elementos, el resto de aluminio. La aleación 5056, cuando se deforma por trabajo en frío con alrededor de 2-3 por ciento de reducción para alcanzar la condición de H32, exhibe 179.270-193.060 kPa (26.000-28.000 psi) de resistencia al corte final. Si, sin embargo, la aleación 5056 se calienta después durante 1 hora a 204°C, el tratamiento de curado estándar por el material de revestimiento curable, se reduce la resistencia al corte final a alrededor de 165.480-179.270 kPa (24.000-26.000 psi), que está en el lado muy bajo del intervalo permitido por la especificación de resistencia aunque se considera demasiado baja para las operaciones a escala comercial debido a que las variaciones del procedimiento pueden dar como resultado resistencias por debajo de la especificación de resistencia para algunos artículos tratados.

La figura 3 ilustra un procedimiento mediante el cual se logran las propiedades mecánicas requeridas al tiempo que tienen también las ventajas de un revestimiento curado, para el caso preferido del remache. Se proporciona el material de aluminio 5056 en una condición sobredimensionada inicial, número 70. Por ejemplo, convencionalmente un remache que tiene un diámetro final de 0,474-0,478 cm (0,187-0,188 pulgadas) es estirado a partir de la materia prima que inicialmente tiene un diámetro de alrededor de 0,482-0,485 cm (0,190-0,191 pulgadas). En la realización preferida del método de la figura 3, el material de materia prima precursor es inicialmente alrededor de 4-5 por ciento sobredimensionado (por ejemplo, un diámetro de 0,495 cm (0,195 pulgadas) para el caso de un remache de diámetro final de alrededor de 0,474-0,478 cm (0,187-0,188 pulgadas). La materia prima sobredimensionada es deformada, preferiblemente por trabajo en frío, al diámetro final requerido, número 72. Este precursor de remache, debido a que ha sido deformado en frío de un tamaño más grande que el requerido para lograr la condición H32, tiene una resistencia mayor que la requerida en la condición H32. Se proporciona el material de revestimiento, número 22, y se aplica al material precursor de remache según se ha deformado, número 24. Opcionalmente, el material precursor de remache puede ser tratado para hacer rugosa su superficie y preferiblemente anodizado en ácido crómico (aunque preferiblemente no sellado químicamente) antes de la aplicación del material de

revestimiento, según se ha descrito previamente.

5 El material precursor de remache se calienta para efectuar el ciclo de curado estándar de 1 hora a 204°C (400°F) o el ciclo de curado modificado de 45 minutos a 190°C (375°F), número 74. El ciclo de curado tiene dos efectos. Primero, el revestimiento es curado de forma que es coherente y adherente al remache de aluminio. Segundo, el material de aluminio es parcialmente recocido para ablandarlo. El tratamiento de ablandamiento parcial reduce la condición de deformación trabajada en frío en el remache desde la lograda en la operación de sobredeformación (etapa 72) a la normalmente alcanzada por el tratamiento H32. El remache se puede por lo tanto instalar por los procedimientos ya conocidos para el remache 5056-H32. El remache difiere de los remaches 5056-H32 convencionales en que tiene el revestimiento curado en él.

10 El enfoque de la figura 3 se ha practicado usando los materiales y tamaños expuestos previamente. La materia prima de aluminio sobredimensionada inicialmente proporcionada en la etapa 70 tiene una resistencia al corte final de 172.375-179.270 kPa (25.000-26.000 psi). Después del estirado en la etapa 72, la materia prima tiene una resistencia al corte final de 186.165-193.060 kPa (27.000-28.000 psi). Después del calentamiento en la etapa 74, el remache final tiene una resistencia al corte final de 179.270-186.165 kPa (26.000-27.000 psi), que está cómodamente dentro del intervalo requerido por la especificación de propiedad mecánica H32. Por comparación, si la materia de aluminio no es inicialmente sobredimensionada, aunque tiene el diámetro inicial convencional, el remache final sometido a las etapas 72, 22, 24 y 74 restantes tiene una resistencia al corte de 165.480-179-270 kPa (24.000-26.000 psi), en el extremo más bajo del requerido por la especificación H32 y que, según se ha expuesto anteriormente, es demasiado baja para las operaciones comerciales.

REIVINDICACIONES

1. Método para preparar un remache de aleación de aluminio, que comprende las etapas siguientes:
 - 5 proporcionar un remache de aleación de aluminio que está en una condición no tratada;
 - proporcionar un material de revestimiento orgánico curable, que comprende una resina fenólica y curable a alrededor de una temperatura de termotratamiento del remache de aleación de aluminio;
 - 10 aplicar el material de revestimiento orgánico al remache de aleación de aluminio que no está en su condición termotratada final; y
 - termotrar el remache de aluminio revestido hasta su condición termotratada final, curando simultáneamente de ese modo el revestimiento orgánico.
 - 15
2. Método según la reivindicación 1, que comprende además la etapa de anodización del remache de aleación de aluminio antes de aplicar el material de revestimiento orgánico al mismo.
3. Método según la reivindicación 2, en el que la etapa de anodización se efectúa sin sellar químicamente el artículo durante la etapa de anodización.
- 20 4. Método según la reivindicación 2, en el que la etapa de anodización incluye la etapa de anodización del remache en una solución de ácido crómico.
- 25 5. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de proporcionar un remache de aleación de aluminio incluye la etapa de proporcionar un remache de aluminio en su condición completamente recocida.
6. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de aplicación incluye la etapa de pulverización del material de revestimiento orgánico sobre el remache de aleación de aluminio, y a continuación, de retirada de cualquiera de los constituyentes volátiles del revestimiento pulverizado.
- 30 7. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de termotratamiento incluye la etapa de envejecimiento por precipitación del remache de aleación de aluminio.
- 35 8. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de proporcionar un remache de aleación de aluminio incluye la etapa de proporcionar un remache fabricado de una aleación seleccionada del grupo que consiste en las serie 2000, serie 4000, series 6000 y serie 7000 de aleaciones de aluminio.
9. Método según la reivindicación 1, que incluye una etapa adicional, a continuación de la etapa de termotratamiento, de sujeción de una primera pieza a una segunda pieza utilizando el artículo termotratado.
- 40 10. Método según la reivindicación 9, en el que la etapa de sujeción incluye la etapa de completar la sujeción sin usar ningún sellante húmedo entre el remache y las piezas.
- 45 11. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de proporcionar un remache de aleación de aluminio incluye la etapa de proporcionar un remache de aluminio 7050, y en el que la etapa de termotratamiento incluye la etapa de calentar el remache de aleación de aluminio 7050 a una temperatura de alrededor de 121°C (250°F) durante un primer período de tiempo, y a continuación, de calentar el remache a una temperatura de alrededor de 179°C (355°F) durante un segundo período de tiempo.
- 50 12. Método según la reivindicación 11, en el que la etapa de calentamiento comprende calentar el remache de aleación de aluminio 7050 a una temperatura de alrededor de 121°C (250°F) durante un tiempo de 4 a 6 horas, y a continuación, calentar el remache a una temperatura de alrededor de 179°C (355°F) durante un tiempo de 8 a 12 horas.
- 55 13. Método según la reivindicación 1, en el que el remache de aleación de aluminio es un precursor del remache de aleación de aluminio y en el que el material de revestimiento orgánico curable tiene una porción no volátil que es predominantemente orgánica y es curable a una temperatura de curado; comprendiendo además el método la etapa de, antes de proporcionar el revestimiento orgánico curable, deformar el precursor del remache a una condición de deformación del precursor mayor que la condición de deformación del remache final, en el que el método no incluye ninguna etapa de tratamiento en disolución/recocido.
- 60 14. Método según la reivindicación 13, que incluye una etapa adicional, a continuación de la etapa de deformación y antes de la etapa de aplicación, de anodizar el precursor del remache.
- 65

15. Método para preparar un artículo de elemento de sujeción de aleación de aluminio, que comprende las etapas siguientes:

5 proporcionar una materia prima del precursor del remache realizada en una aleación de aluminio, estando la materia prima del precursor del remache inicialmente sobredimensionada en comparación con el tamaño requerido final del remache;

tratar en disolución y recocido el precursor del remache;

10 deformar el precursor del remache;

envejecer el remache a temperatura ambiente;

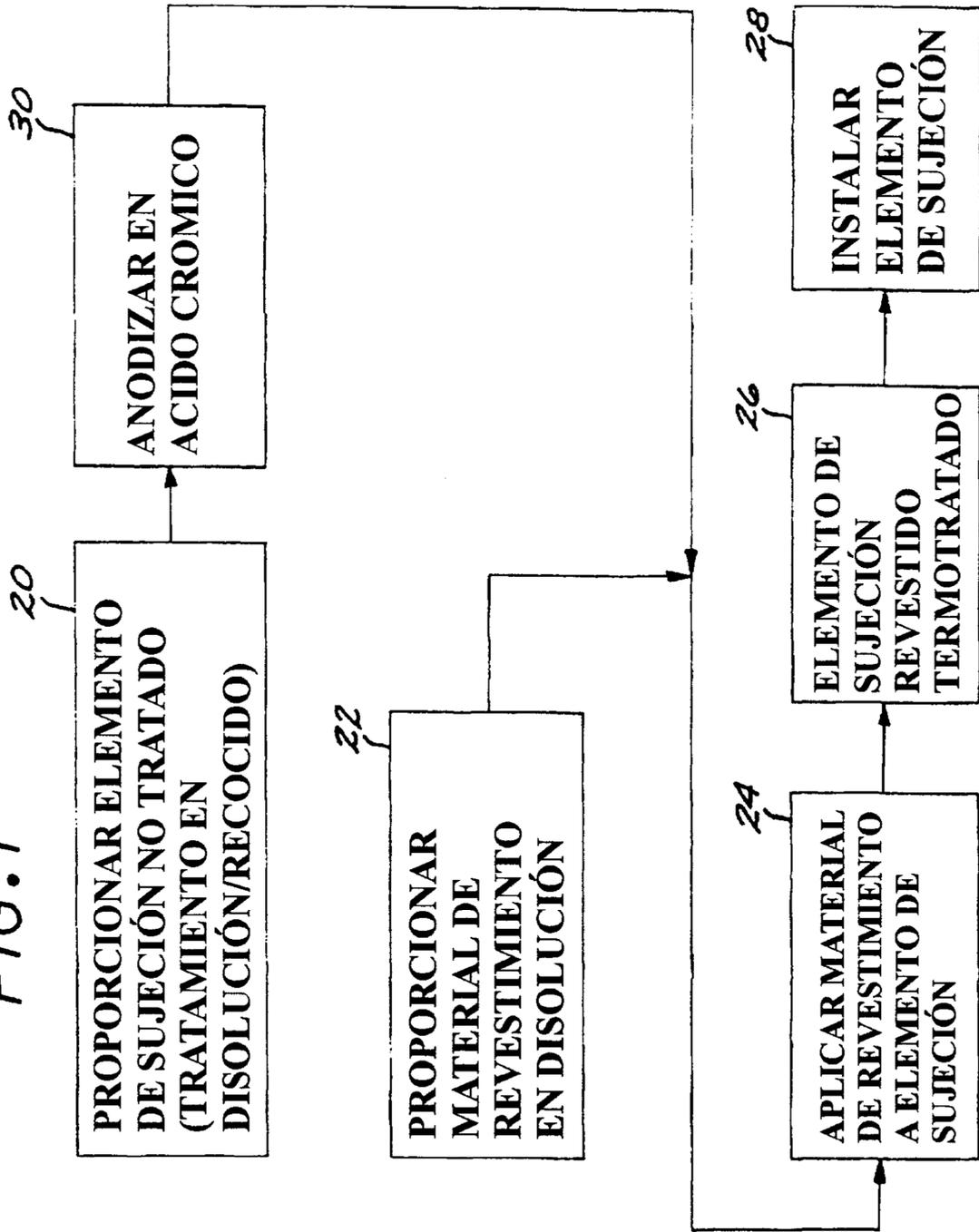
15 proporcionar un material de revestimiento orgánico curable, que comprende una resina fenólica, presentando el material de revestimiento una porción no volátil que es predominantemente orgánica y es curable a alrededor de una temperatura de termotratamiento del precursor del remache de aleación de aluminio:

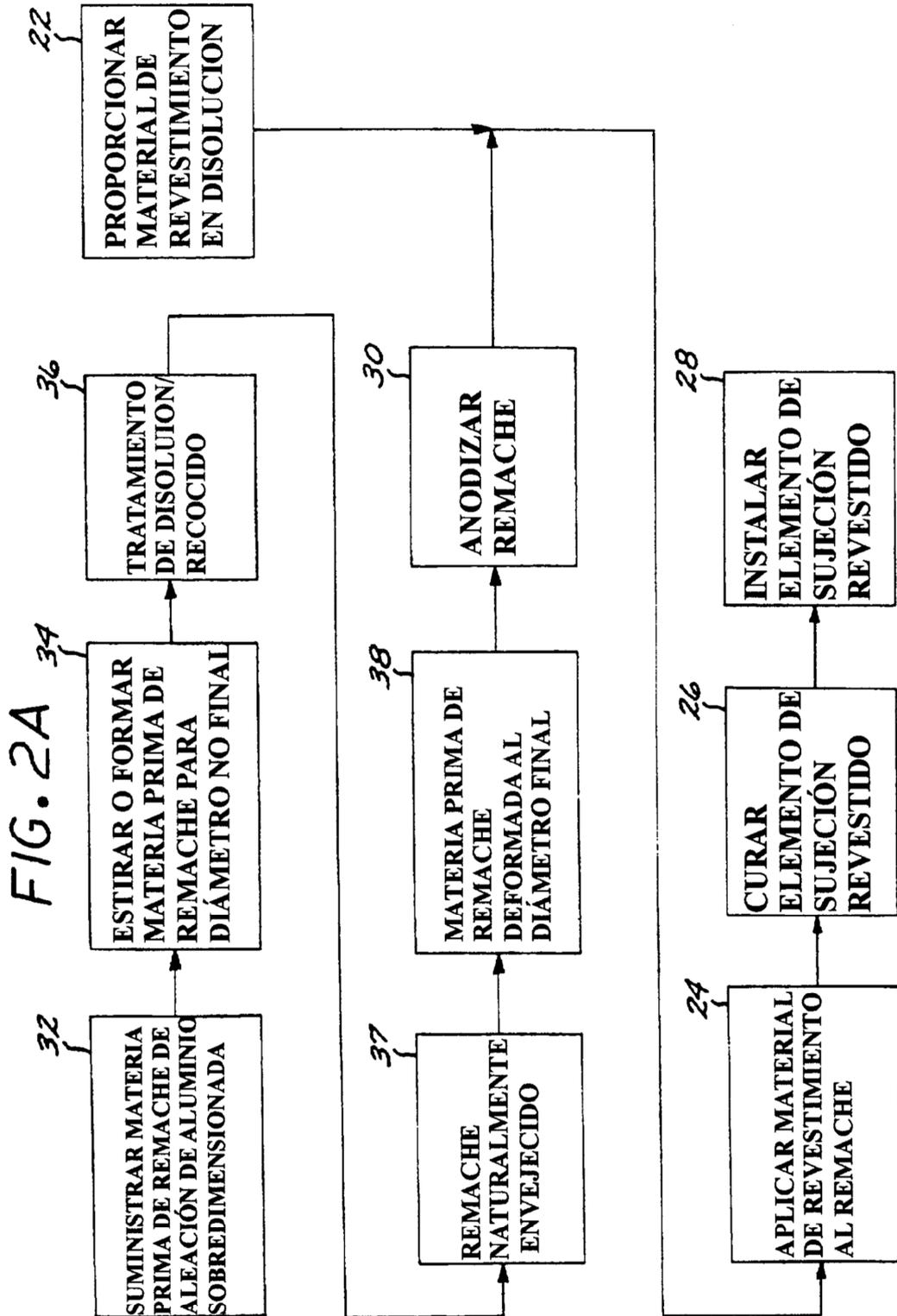
aplicar el material de revestimiento orgánico al precursor del remache de aleación de aluminio; y

20 termotratar el precursor del remache de aleación de aluminio revestido hasta su condición termotratada final a una temperatura y durante un tiempo suficiente para curar el revestimiento orgánico.

25 16. Método según la reivindicación 15, que incluye una etapa adicional, antes de la etapa de aplicar el revestimiento orgánico, o de anodización del precursor del artículo.

FIG. 1





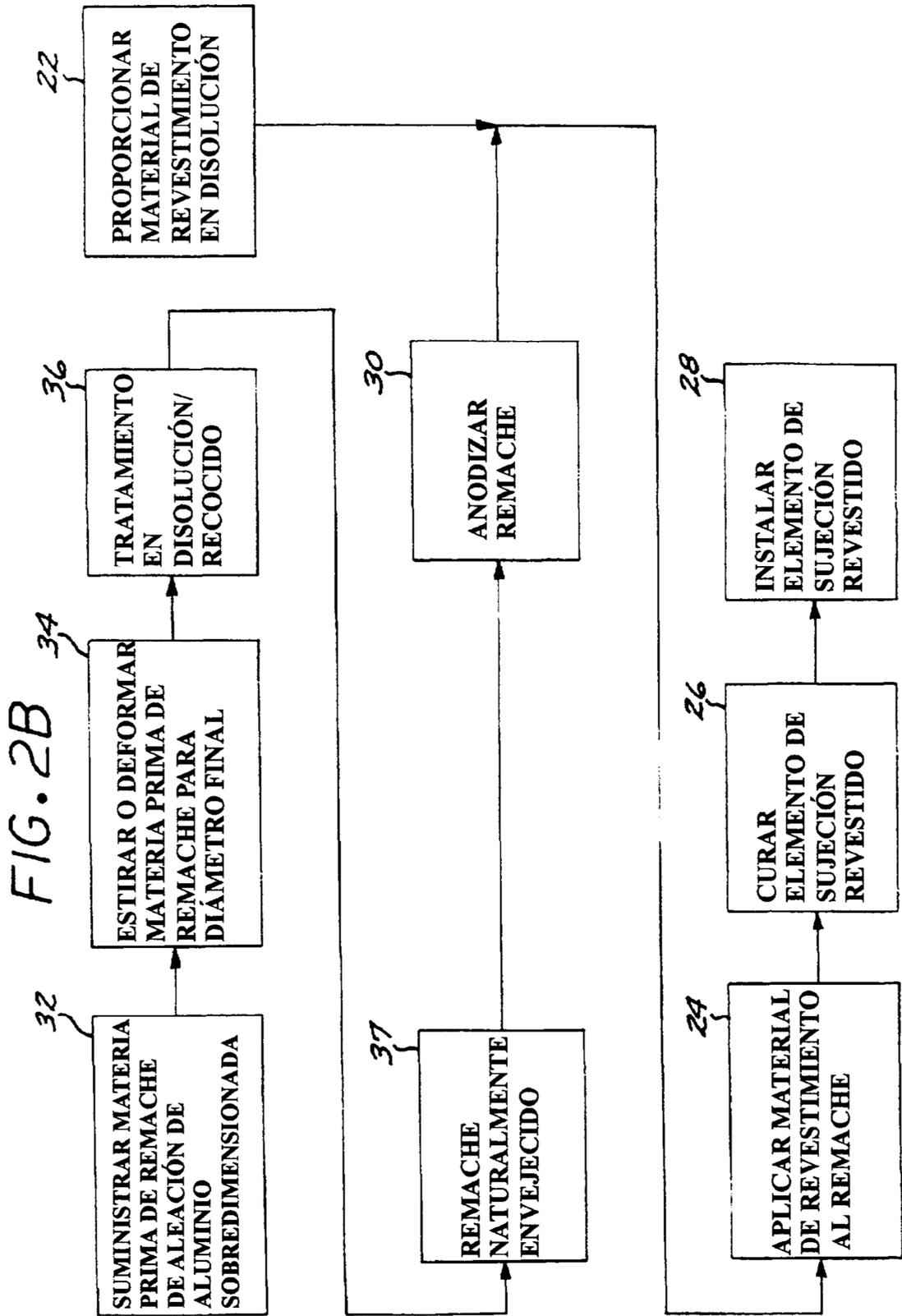


FIG.3

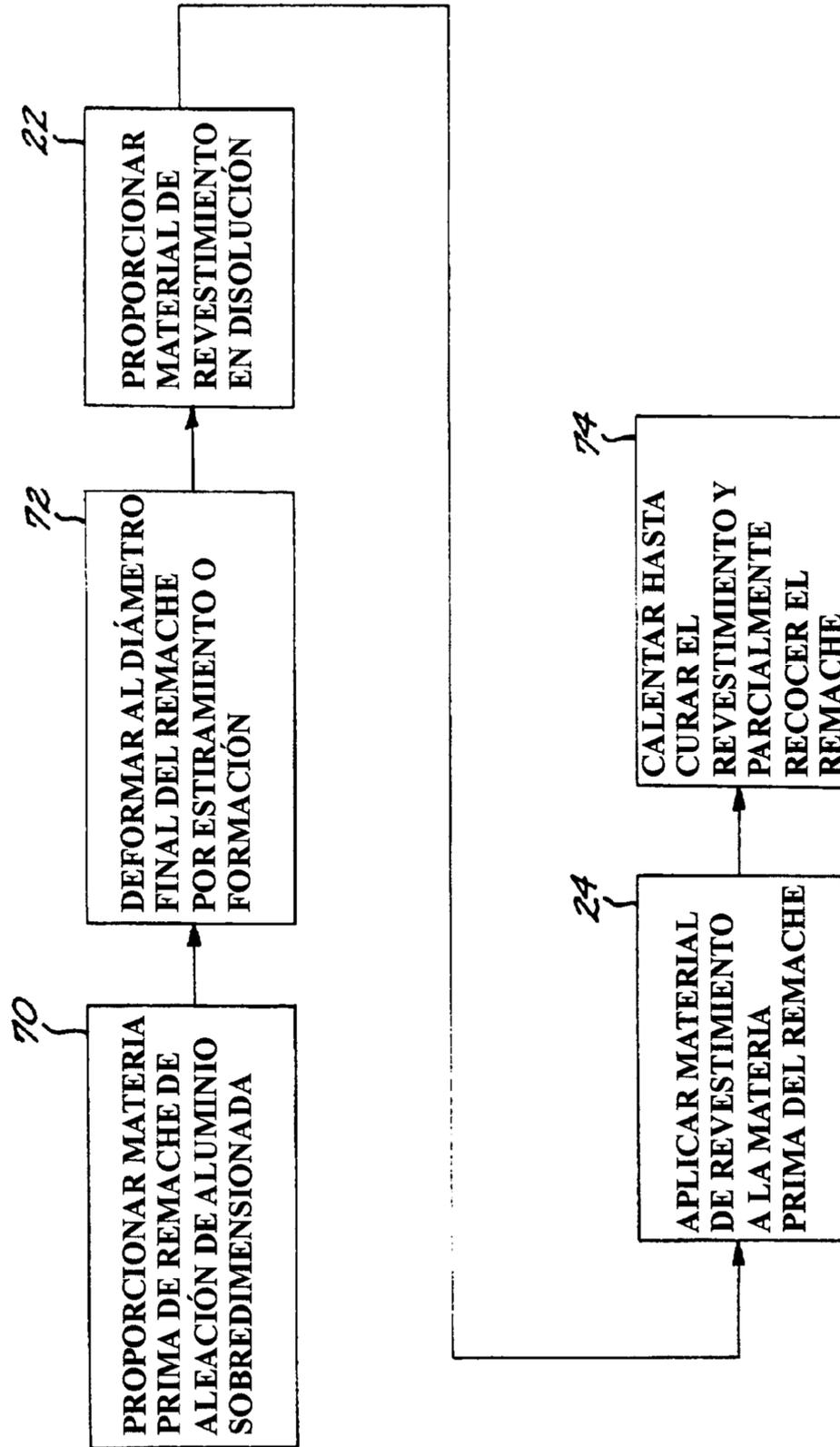


FIG. 4

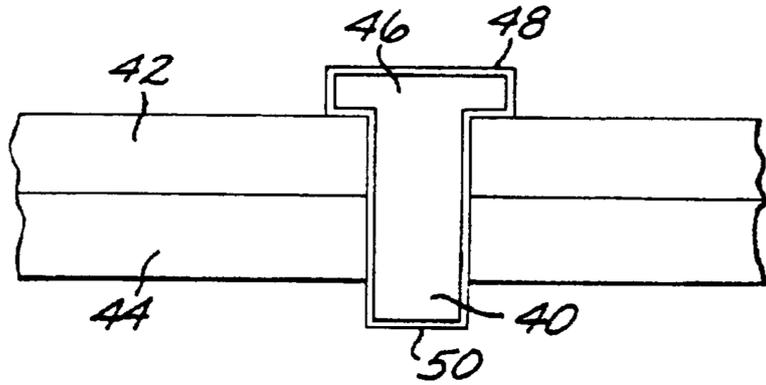


FIG. 5

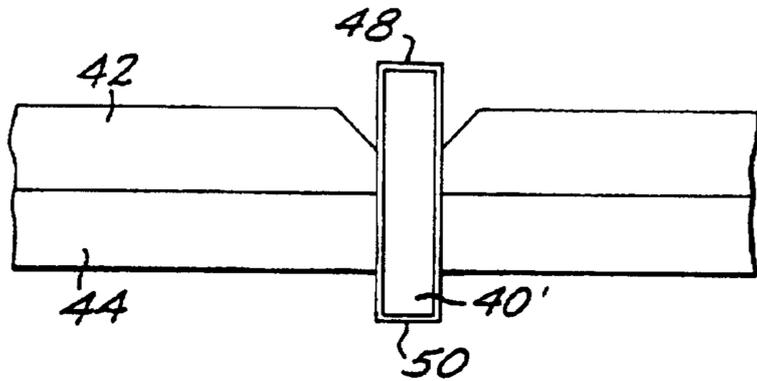


FIG. 6

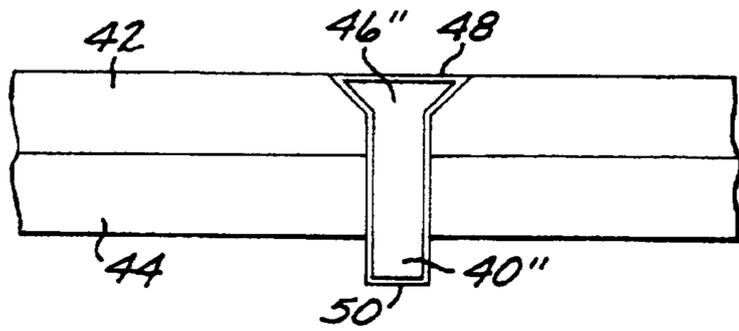


FIG. 7

