



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 306 460**

51 Int. Cl.:
B23K 20/02 (2006.01)
B21D 26/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **97938239 .7**
86 Fecha de presentación : **11.08.1997**
87 Número de publicación de la solicitud: **0928234**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **14.07.1999**

54 Título: **Enlace por difusión de metales.**

30 Prioridad: **26.09.1996 US 721402**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

73 Titular/es: **The Boeing Company**
100 North Riverside Plaza
Chicago, Illinois 60606-2016, US

72 Inventor/es: **Sanders, Daniel, G.**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 306 460 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).

ES 2 306 460 T3

DESCRIPCIÓN

Enlace por difusión de metales.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método para enlace por difusión de metales, particularmente a enlace difusión por compresión de aleaciones superplásticas en operaciones de formación superplástica (SPF).

10 **Antecedentes de la invención**

El proceso de formación superplástica (SPF) y de enlace por difusión (DB) está bien documentado y se ha usado en la industria aeroespacial durante muchos años. Muchas clases de paneles SPF/BD se preparan usando diversos números, tamaños o espesores de láminas; técnicas de soldadura; técnicas de enlace; configuraciones de limitador; u
15 otras variables. La presente invención se refiere a una mejora en el enlace por difusión por compresión para fabricar piezas SPF/BD reforzadas integralmente. El enlace por difusión por compresión convencional usa la fuerza de reacción entre las superficies de troquel opuestas de la prensa de formación a temperatura elevada para conseguir contacto íntimo y presión entre dos o más láminas de ajuste de metal, especialmente titanio o sus aleaciones SPF. Los procesos SPF/BD convencionales se describen, por ejemplo, en las Patentes de Estados Unidos 5.141.146; 5.115.963; 20 5.055.143; 4.304.821; 3.924.793; 3.927.817; 4.530.197; 5.330.093; 4.882.823; y 4.292.375, que se incorporan por referencia.

El enlace por difusión por compresión actualmente requiere troqueles metálicos caros, que también requieren tiempo de espera para fabricarlo. El proceso SPF/BD, por ejemplo para una aleación Ti-6Al-4V requiere temperaturas de aproximadamente 900-950°C (1.650-1.750°F) con una presión de gas diferencial de 200×10^4 Pa (300 psi) aplicada usando gas argón de calidad para soldadura durante tres horas o más con una purga de gas continua con contacto íntimo entre superficies limpias, sin residuos que tienen un tamaño de grano estable fino.

El método del estado de la técnica para enlace por difusión por compresión usa placas o troqueles de acero resistente a corrosión (CRES) de ajuste mecanizados con precisión que tienen un patrón de rejilla interfacial. El material de titanio SPF se intercala entre los troqueles y se comprime localmente en la rejilla para crear un enlace por difusión. La formación de los troqueles con el patrón de rejilla es un proceso lento y caro debido a las limitaciones en el mecanizado que imponen las aleaciones CRES. Este método convencional es demasiado caro para justificar su uso para producción de prototipos a baja velocidad, o producción en cantidad limitada porque la fabricación de los troqueles es casi imposible. Por lo tanto, los diseñadores han evitado los diseños SPF/DB porque no han sido capaces de verificar su integridad a costes razonables.

Incluso cuando se implementa, el proceso CRES convencional también está plagado por la distorsión rápida de las superficies del troquel debido a la exposición prolongada tanto a altas temperaturas 900-950°C (1.600-1.750°F) como a grandes cargas requeridas para conseguir el enlace por difusión. Las superficies opuestas del troquel se desvían de la forma. Una vez que las superficies del troquel ya no se ajustan entre sí de forma próxima, las fuerzas de compresión entre las láminas de titanio se pierden y ya no ocurre más el enlace por difusión. Este deterioro de los troqueles es un perjuicio particular debido al desenlace localizado provocará la ruptura del núcleo del paquete durante su uso pretendido, especialmente en aplicaciones aeroespaciales donde la pieza se someterá a situaciones cerca de su límite de diseño en un esfuerzo para reducir el peso global del vehículo. En las piezas completas los enlaces por difusión a menudo se sellan dentro de la pieza y no pueden inspeccionarse. El desenlace supone un fallo potencialmente catastrófico, y la inspección es difícil si no imposible. Los diseñadores se asustan de depender de los diseños SPF/DB donde no puede asegurarse la integridad del enlace.

Aunque la incapacidad para asegurar la calidad de los enlaces por difusión ha limitado en gran medida la adopción de piezas SPF/DB en aplicaciones aeroespaciales, preparar las piezas por procesos alternativos, sin embargo, es caro. Las alternativas normalmente requieren un mecanizado complicado de las partes detalladas individuales y su ensamblaje en el subensamblaje completado. Se requiere un trabajo e inspección considerables y la variabilidad de la pieza produce variación en el subensamblaje final. Los cierres a un coste de ensamblaje significativo. La fabricación aeroespacial moderna necesita ahorrar costes asociados para fabricación de SPF/DB, con la condición de que pueda garantizarse la integridad de los enlaces por difusión.

Otro problema al que se enfrentan los diseñadores con procesos de enlace por difusión convencional es que no hay una sola manera de soldadura por láser o formas complejas de soldadura de resistencia de configuraciones de núcleo en las láminas de núcleo internas de paneles SPF/DB. Con soldadura por resistencia, el diseñador se limita fundamentalmente a líneas rectas de los núcleos soldados. En algunos casos, un soldador extremadamente competente puede hacer arcos suaves, aunque las piezas están sometidas a altas tasas de rechazo. El proceso de soldadura con láser es mejor en este aspecto, aunque la distorsión del calor de soldadura provocada por el láser puede provocar un doblado grave y abombado de las láminas de ajuste dejando áreas en las que se pierde el contacto íntimo entre las láminas.

La industria necesita un método de compresión DB fiable que permita la rápida fabricación de paneles SPF/DB usando unas herramientas baratas. Necesita también un método que elimine los problemas de desenlace localizado asegurando el contacto íntimo entre las láminas a través del ciclo DB. Las herramientas de fabricación baratas de la

ES 2 306 460 T3

presente invención permiten la construcción de numerosos conjuntos de herramientas solo a una fracción del coste de las herramientas SPF/DB convencionales. Por lo tanto, un suministro de compresión de herramientas de seguridad DB puede fabricarse y mantenerse en reserva en caso de que las que se están usando queden dañadas o se distorsionen. Las herramientas de reserva facilitan las ejecuciones de producción y garantizan el suministro a tiempo. La fabricación de
5 SPF/DB promete un recuento de pieza total reducido y un coste del avión reducido.

Las compañías que han intentado usar el método DB de compresión convencional para producir piezas DB han tenido dificultades para mantener las superficies del troquel ajustadas de forma próxima. En el caso de piezas F-15E, el deterioro final y distorsión de sus troqueles SPF/DB conducen a McDonnell Douglas a ensayar cuñas soldadas por
10 puntos en las áreas donde está ocurriendo el desenlace. Las cuñas aumentaban el espesor de apilamiento de material aplicando de esta manera, aplicando teóricamente más fuerza en aquellas áreas donde el troquel se había doblado. Desafortunadamente, las cuñas simplemente agravaron el doblado del troquel, provocando un desalineamiento y distorsión aún mayor, y produciendo un número mayor de desenlaces de las piezas.

Como se ha mencionado anteriormente, un problema principal con el uso de troqueles CRES con patrón son sus gastos. Los troqueles típicamente se ajustan a su forma neta desde el material CRES, tal como ESCO 49C, IN100, HN, o 22-4-9 CRES. Las superficies de troquel se amolan después con precisión y se mecanizan para obtener un ajuste próximo, especialmente cuando la pieza tenga enlaces por difusión por compresión. Los troqueles de 15-60 cm (6-24 pulgadas) de espesor y generalmente 6 dm x 6 dm a 18 dm x 36 dm (2 pies x 2 pies a 6 pies x 12 pies) de aleaciones CRES son caros y su mecanizado consume tiempo. Un troquel CRES de 9 dm x 6 dm (3 pies x 2 pies) puede tardarse hasta nueve meses en construirlo. El diseño de troquel debe definirse numéricamente para permitir el mecanizado NC de las superficies. El moldeo puede tardar hasta 16 semanas. El mecanizado, trabajado a mano, inspección, y ensamblaje pueden, pueden tardar otras 20 semanas. Si se necesita el retrabajado del troquel (soldadura y mecanizado), el plazo de entrega y gasto se hacen extraordinarios. Incluso un pequeño cambio en el diseño del
25 troquel puede tardar meses en realizarse debido al necesario retrabajado de los troqueles.

Por consiguiente, el método actual para fabricar piezas DB por compresión para aplicaciones tanto experimentales como de producción es inadecuado.

30 Breve resumen de la invención

Para conseguir compresión DB de láminas de titanio, un ajuste de herramienta aprieta las láminas juntas en las áreas donde se necesitan enlaces por difusión. La herramienta requerida para enlazar dos láminas de titanio consiste, en una realización preferida ilustrativa de la invención, en dos bloques gruesos de acero inoxidable de una lámina
35 de corte láser (es decir, un molde) de aproximadamente 0,38 cm (0,150 pulgadas) de espesor de acero inoxidable CRES (304). La lámina CRES se corta con láser con un patrón de rejilla deseado correspondiente a la localización de los enlaces en el producto. Las dos láminas de titanio (el repuesto de láminas de la producción de la pieza) se limpian, se sueldan juntas alrededor de su periferia para formar un paquete, y se configuran para que tengan tubos de gas soldados por fusión para permitir que el gas argón entre en el paquete. El paquete se intercala después entre
40 placas de acero inoxidable y el molde CRES entre placas de la prensa SPF. Se calienta todo el apilamiento. Se aplica a fuerza de compresión usando el ariete hidráulico de la prensa. Los enlaces por difusión forman en un patrón de rejilla correspondiente el patrón del molde CRES. La presión de gas infla el paquete durante el ciclo de enlace para evitar el enlazado de las áreas dentro del paquete donde el enlace no se desea y las mantiene sin tocar.

El documento US-A-3.927.817 describe un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 para fabricación de estructuras intercaladas metálicas en las que blancos metálicos, preferiblemente de aleación de titanio, se unen en áreas seleccionadas y se expanden superplásticamente para formar una estructura intercalada deseada.

El documento US-A-4.304.821 describe una estructura y proceso para fabricar una estructura intercalada metálica en la que láminas de trabajo metálicas, preferiblemente hechas a partir de aleación de titanio, se unen en un patrón
50 preseleccionado por una soldadura intermitente o discontinua.

El documento US-A-4.882.823 describe un método de formación de una estructura hueca que tiene una distribución de masa variable. Dos láminas de un material que puede unirse, enlazarse por difusión y formarse de forma superplástica se forman con una superficie plana en una superficie opuesta rodeada para que tenga una distribución de
55 masa seleccionada.

El documento US-A-5.467.626 describe un ensamblaje de troquel, de formación de cerámico superplástico de autosuporte, que tiene una configuración que proporciona suficiente resistencia para resistir una carga comprensiva ejercida por una prensa para mantener una etapa de troquel en un cuerpo de troquel contra una fuerza dirigida opuesta generada por gas a presiones por formación superplásticas dentro del troquel.

El molde permite aplicar presiones significativamente mayores a la línea de enlace lo que reduce el tiempo requerido para enlazar y mejora la calidad del enlace. Las partes construidas usando un solo molde CRES difieren de aquellas que están hechas usando dos moldes. Un solo molde CRES proporciona piezas que tienen una superficie plana y una
65 superficie que está formada. Las piezas preparadas usando dos moldes CRES (uno a cada lado del paquete) tendrán dos superficies en forma de almohada en la parte superior e inferior de la pieza.

ES 2 306 460 T3

El método produce núcleos para multi-lámina, piezas DB complicadas y está diseñado especialmente para la fabricación de núcleos para paquetes DB de 4 láminas.

5 Los paquetes de dos láminas pueden enlazarse por difusión por compresión en una hora o menos. Por lo tanto, este proceso puede ser más económico que los métodos para fabricar núcleos soldados por resistencia o láser que se usan generalmente hoy en día. El método de la presente invención evita el ciclo de enlace de tres horas que se usa mediante el método DB convencional, debido a las mayores fuerzas de compresión.

10 El molde CRES que puede cortarse prácticamente a cualquier ángulo de inclinación lateral, que permite obtener la pieza a enlazar por difusión en forma de rejilla de casi cualquier altura y ángulo. Una pieza complicada puede enlazarse por difusión por compresión y formarse con la forma necesaria en un ciclo.

Breve descripción de las diversas vistas del dibujo

15 La Figura 1 es una vista de sección ampliada de una interfaz típica entre dos láminas antes del enlace por difusión por compresión.

20 La Figura 2 es otra vista de sección ampliada, similar a la Figura 1, de la interfaz de dos láminas enlazadas por difusión satisfactoriamente.

La Figura 3 es una vista de sección esquemática de un paquete de dos láminas preparado para enlace por difusión.

25 La Figura 4 es una vista de sección que muestra el paquete de la Figura 3 en un proceso SPF durante el enlace por difusión de compresión convencional.

La Figura 5 es una vista de sección de un apilamiento de enlace por difusión por compresión de la presente invención.

30 La Figura 6 es otra vista de sección que muestra un apilamiento alternativo usando dos moldes CRES.

La Figura 7 es otra vista de sección que muestra otro paquete alternativo usando una junta adicional para asegurar la compresión.

35 La Figura 8 es otra vista de sección que muestra una disposición de apilamiento alternativa para la junta.

La Figura 9 es una vista en planta típica de un molde CRES de la presente invención.

40 La Figura 10 es una sección de muestra de un enlace por difusión de compresión que se forma de acuerdo con el método de la presente invención.

La Figura 11 es una pieza típica formada con el método de enlace por difusión por compresión de molde mostrado en la Figura 10.

45 La Figura 12 es otra sección de muestra de un enlace por difusión por compresión que se forma con dos disposiciones de molde de acuerdo con un método alternativo de la presente invención.

La Figura 13 es una vista de sección que muestra un núcleo enlazado por difusión por compresión formado de acuerdo con el método de la Figura 12 incorporado en una pieza SPF/DB de 4 láminas.

50 La Figura 14 es una vista de sección que muestra una pieza completada usando el núcleo como se muestra en la Figura 13.

Descripción detallada de la invención

55 El método convencional más versátil, para producir piezas SPF/DB de 2 láminas y los núcleos para piezas SPF/DB de 4 o más láminas ha sido la técnica de limitador, en la que un nitruro de boro o una mezcla de itria se aplica usando serigrafía a las áreas del paquete donde no se desea el enlace. El patrón del limitador puede ser flexible para permitir muchas formas diferentes de “núcleo de punto”, “núcleo de celosía”, y otras configuraciones de multi-láminas SPF/DB. En el método de limitador, sin embargo, el proceso de serigrafía es difícil de controlar. La repetibilidad del proceso es un asunto principal. El método de la presente invención es útil para preparar cualquiera de estas configuraciones de la técnica anterior.

60 El método de soldadura por resistencia de la técnica anterior no es tan flexible como el método de limitador para producir núcleos. Para soldadura por resistencia, puede producirse una soldadura en línea recta o solo una línea de soldadura ligeramente curva, limitando de esta manera al diseñador en términos de complejidad del diseño. “El núcleo de punto”, por ejemplo, no puede hacerse usando el enfoque de soldadura por resistencia. La soldadura láser está limitada también cuando se compara con el método de limitador, ya que el proceso crea distorsión del material debido a las altas temperaturas de fusión/soldadura.

ES 2 306 460 T3

El sistema de enlace por difusión por compresión de la presente invención es sustancialmente tan flexible como el método de limitador en términos la complejidad del panel SPF/DB que puede producir. Prácticamente cualquier geometría de núcleo puede cortarse en los moldes CRES. Los enlaces circulares se usarán para “núcleo de punto”. Los enlaces lineales con saltos se usarán para la compresión de “paneles reforzados” de 2 láminas enlazadas/formadas.
5 Son posibles otras muchas variaciones.

Como se muestra en la Figura 3, un paquete de dos láminas 30 incluye una lámina superior 10, tal como una aleación Ti-6Al-4V, una lámina inferior 12 del mismo material, y una soldadura de borde 14 (sellado hermético a fluido, o equivalente) para crear una cavidad entre las láminas.
10

El paquete 30 se sitúa entre las superficies de troquel opuestas 16 y 18 y en una prensa de formación superplástica. Las superficies del troquel se comprimen juntas si el paquete se calienta hasta el intervalo de formación superplástico de las láminas. La formación de gas se introduce a la cavidad o cavidades 42 entre las láminas a través de entradas de gas de formación adecuadas (54, Figura 5) para formar el paquete en la configuración de troquel complementaria de la parte acabada aquí, una sección de sombrero totalmente formada, mientras que los enlaces por difusión 44 se forman en las áreas donde las láminas 10 y 12 están en contacto íntimo entre las superficies mecanizadas con precisión del troquel.
15

La mejora al método de compresión DB usando el molde CRES 52 se muestra en diversas realizaciones alternativas en las Figuras 5-8. Un molde CRES 52 se localiza en un lado (Figura 5) o ambos lados (Figura 6) del paquete. El molde es un patrón de rejilla (Figura 9) y corresponde al patrón hecho a los troqueles CRES en el proceso convencional, pero con mayor flexibilidad en la configuración del troquel y a costes reducidos para los fabricantes. Las diferentes configuraciones de la pieza pueden hacerse simplemente cambiando los moldes en lugar de cambiando los troqueles. Las Figuras 7 y 8 muestran el uso del molde CRES 52 junto con un espaciador de titanio 56. Las nulas deformaciones de espaciado entre las superficies enfrentadas de los troqueles 58 y 60 que de otra manera podría conducir a desenlaces experimentados por McDonnell Douglas. El espaciador 56 se ablanda a la temperatura de formación y llena cualquier torcedura, doblez o valle que pueda desarrollarse en los troqueles CRES 58 y 60. Los moldes permiten también la conversión del proceso de enlace por difusión a uno que capitaliza la inducción eficiente de calor, reduciendo de esta manera en gran medida el consumo de energía. La temperatura de enlace por difusión puede controlarse fácilmente en una operación de calentamiento por inducción seleccionando una aleación “elegante” adecuada con una temperatura Curie apropiada en el intervalo de 840-950°C (1.550-1.750°F) para enlace por difusión de titanio o aleaciones de titanio. La temperatura Curie, por supuesto, será menor para enlace por difusión de otros materiales a menores temperaturas. Los susceptores “elegantes” y las aleaciones adecuadas se describen con mayor detalle en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 08/469.604 que se incorpora por referencia.
20
25
30
35

Los troqueles 58 y 60 se montan en los rodillos de la prensa SPF. Sólo se muestra el rodillo inferior en las Figuras 5-8 por simplicidad de ilustración. Una prensa SPF típica se describe en las patentes ya analizadas o las Patentes de Estados Unidos 5.467.626 que se incorporan por referencia. Los rodillos 63 en una prensa de calentamiento de resistencia convencional suministran el calor necesario y presión para la formación como se muestra esquemáticamente con la flecha 65. Las entradas de gas de formación 54 para la pieza de trabajo SPF en la que los enlaces por difusión se formarán antes de la expansión permite que el gas argón presurizado 67 u otro gas inerte adecuado infle la cavidad 42 (Figura 4) para conseguir el enlace deseado y posterior formación. El gas suministrado se gestiona a la prensa usando un sistema de gestión de las generalmente del tipo descrito en la Patente de Estados Unidos 5.419.170, que se incorpora por referencia.
40
45

Se puede usar también una prensa de calentamiento por inducción Boeing como se describe en la Patente de Estados Unidos 5.530.227, por ejemplo. Una prensa de calentamiento por inducción usa un campo magnético oscilante para inducir corrientes de remolino en el suscepto, que en este caso sería principalmente el molde o moldes. Para calentamiento por inducción, los troqueles generalmente serían cerámicos e incluirían una bobina de inducción embebida. Los moldes pueden orientarse con otra lámina de suscepto para envolver el paquete de la pieza. De otra manera, el campo magnético probablemente calentaría inductivamente las láminas del paquete al mismo tiempo que calienta los moldes. La formación después del enlazado puede realizarse en una operación diferente, aunque la eficacia global en ahorro de tiempo y energía aún favorecerá a la operación de calentamiento por inducción.
50

Un molde CRES típico 52 se muestra en vista en planta de la Figura 9. El molde es de una disposición de cristal de ventana o junta que tiene bandas estrechas de metal CRES para definir regiones para las líneas de enlace por difusión en el paquete y grandes áreas abiertas. Aunque se muestra con aberturas rectangulares y lados rectos, el molde puede cortarse en una gran variedad de patrones según sea apropiado para las piezas fabricadas. El molde es fácil de fabricar a un coste relativamente bajo incluso a partir de aleaciones CRES. Generalmente es de aproximadamente 0,5-37,5 mm de espesor (típicamente 1-10 mm). Se corta con un láser de 800-3.000 W, de CO₂ o YAG a cualquier ángulo de inclinación lateral adecuado o se prepara de cualquier otra manera adecuada. El molde 52 transfiere presiones desde las placas a las líneas de enlace por difusión y, de hecho, intensifica la presión a aproximadamente 2-8 MPa (300-1.200 psi) reduciendo el área a través de la que actúa la fuerza dinámica hidráulica de la prensa. Usar el molde permite las configuraciones faciales más sencillas para los troqueles de la prensa ya que el molde sustituye el patrón del molde usado convencionalmente.
55
60
65

Si se usan dos moldes (Figura 6), pueden crearse formación complicada y patrones de enlace del producto. Si los moldes son idénticos en vista en planta (Figura 12) de manera que las bandas solapan en todas las localizaciones,

ES 2 306 460 T3

las bandas de ajuste de los moldes crean la presión de 2-8 MPa (300-1.200 psi) necesaria para formar rápidamente un enlace por difusión entre las láminas 10 y 12 en el área de solapamiento. Puede reducirse el tiempo de enlace por difusión de las tres horas que requiere el proceso convencional a una hora o menos con ahorros resultantes en consumo de energía y trabajo. Sin embargo, si las bandas de los moldes no se registran, los moldes no crearán una presión suficiente para formar un enlace por difusión. Por lo tanto, las bandas definirán una configuración de producto expandida muy similar a una característica molida en una superficie troquel. Las bandas desplazadas crearán patrones de almohada únicos ajustados típicamente al 5-15% de espesor de metal de lámina de titanio cuando la presión de inflado 67 forma las láminas.

Mientras los troqueles en las Figuras 5-8, 10 y 12 se muestran con superficies planas, generalmente estos troqueles tendrán cavidades de formación 75 tales como aquellas mostradas en la Figura 4. El paquete de dos láminas en la Figura 4 se forma en una sección de sombrero de panel reforzado. En la realización preferida, se usa un molde 52 para fabricar un núcleo 100 (Figura 13) para un producto multi-lámina tal como el núcleo de una paleta de ventilador de turbina. El núcleo 100 se intercala entre las láminas superficiales 102 y 104, que pueden ser compuestos de matriz de metal de repuesto de lámina (MMC) o un laminado de MMC-repuesto de lámina. Las piezas SPF multi-lámina típicas y núcleos que son el asunto de la presente invención se describen, por ejemplo, en las Patentes de Estados Unidos 5.330.092 y 5.534.354, que se incorporan por referencia.

El núcleo 100 de la operación de enlace de difusión inicial que se acaba de describir típicamente se alinea con láminas superficiales intercaladas 102 y 104. El nuevo paquete de piezas se suelda 106 alrededor de la periferia de las láminas superficiales o se sella de otra manera para formar un paquete de 4-láminas análogo al paquete de 2-láminas mostrado en la Figura 3. Este paquete de 4-láminas se carga a una prensa SPF, se enlaza y se expande, y se forma a la configuración final deseada mostrada, por ejemplo, en la Figura 14. Durante esta segunda operación de formación, la presión de gas de formación se suministra según sea apropiado a las cavidades 108 ó 110 entre el núcleo 100 y las láminas superficiales 102 y 104 o dentro del propio núcleo respectivamente. Las láminas superficiales del enlace al núcleo y las paredes de celosía internas se completan alrededor de cada enlace por difusión 115 que se forman en el núcleo durante la operación de enlace inicial. El producto es una pieza multi-lámina de alta calidad y con desenlaces.

Una sola lámina de material puede formarse sobre sí misma, aplanarse para crear una sola línea de doblado en la punta, y doblarla en una región de contacto íntimo entre las superficies solapantes para formar un producto de lágrima útil como superficie de control, borde conductor, o paleta de rotor.

Si se usan dos moldes, cada corte en el mismo patrón de rejilla, con moldes de diferentes espesores, los paquetes formado y enlazado tienen una profundidad diferente, y las células formadas (es decir el "almohadillado") tendrán una forma diferente.

Si se usan moldes, cada uno con un patrón de rejilla diferente, de manera que algunas superficies comunes se comparten, la parte resultante tiene cavidades de diferente tamaño, forma, ángulo de inclinación lateral y otras configuraciones. Las células formadas y enlazadas pueden hacerse de diferentes formas.

Una lámina metálica (generalmente titanio) puede usarse como espaciador o junta (Figura 7 u 8) entre el molde y el bloque plano para anular cualquier discontinuidad que no sea plana o distorsiones entre el paquete y las superficies del troquel. En efecto, el espaciador es una lámina de metal desechable que funciona más como una goma para corregir herramientas no polares (que es un problema común) que para llenar valles en las superficies del troquel. Los picos se acomodan con las aberturas en el molde. Por consiguiente, en molde es generalmente más grueso que el espaciador.

Por supuesto, pueden apilarse múltiples moldes en uno o ambos lados del paquete de la pieza para obtener la configuración de producto deseada.

Durante el funcionamiento, todos los elementos de la herramienta se recubren o tratan adecuadamente para permitir el desmontaje de los troqueles, espaciadores, y moldes. Es decir, los agentes de liberación adecuados deben usarse en las interfaces entre estas herramientas.

Pueden usarse también troqueles ajustados de precisión que están curvados o incluso que tienen un contorno compuesto en lugar de los troqueles planos que se han elegido para mostrar en el dibujo. Los troqueles pueden ser de metal, carbono, cerámico, o cualquier otro material adecuado. Los moldes pueden incluir la curvatura para simplificar la fabricación de los troqueles. Es decir, aunque se ha ilustrado que los moldes tienen caras planas, podrían fabricarse caras curvas de ajuste en los moldes para formar ondas en el paquete de la pieza cuando el paquete se carga a la prensa. Los moldes de este equipo, sin embargo, típicamente serían más gruesos. Se prefiere usar un apilamiento de elementos de molde en dicho caso para reducir el coste total.

Si el material compuesto de la matriz metálica (MMC), tal como titanio reforzado con fibra de carburo de silicio, se pone en un paquete multi-lámina para la segunda operación de formación, todo el apilamiento puede procesarse SPF/DB para formar el núcleo en contacto íntimo con el MMC y enlazar las láminas de metal encaradas al MMC para formar un solo panel SPF/DB multi-lámina reforzado por MMC.

ES 2 306 460 T3

El proceso conduce también así mismo al uso de láminas de metal SPF/DB que se han molido preferiblemente químicamente antes del procesado para obtener un espesor de almohadillado particular o requerido en la pieza acabada con espesor localizado.

- 5 El molde debe permanecer fuerte (aproximadamente 15 ksi) a las temperaturas de enlace por difusión para titanio en el intervalo de aproximadamente 850-950°C (1.550-1.750°F), ser resistente a deformación permanente, resistente a oxidación y ser inerte con la pieza de trabajo. Se prefieren aleaciones metálicas que puedan cortarse fácilmente con láser, tales como Inconel 625, Inconel 718, CRES 304, CRES 321, acero (especialmente aleaciones de níquel), aleaciones de titanio, u otros materiales de alta temperatura y alta resistencia. Puede usarse un cerámico orientado
10 hacia el molde como una junta o refuerzo entre el metal del molde y la superficie del troquel.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 306 460 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Método de fabricación de una estructura enlazada por difusión formada superplásticamente usando al menos dos láminas (10, 12) de aleaciones metálicas superplásticas y enlazables por difusión, que comprende las etapas de:

(a) limpiar las láminas metálicas (10, 12);

10 (b) alinear las láminas (10, 12) para proporcionar el contacto íntimo entre las láminas (10, 12) en localizaciones seleccionadas;

(c) soldar las láminas (10, 12) para formar un paquete (30) para preparar un sellado hermético a gas mientras que se proporcionan entradas de gas de formación (54) en una cavidad entre las láminas (10, 12);

15 (d) situar un molde (52) que tiene un patrón de enlace por difusión por compresión deseado que corresponde a las localizaciones de contacto íntimo entre las láminas (10, 12) en el exterior del paquete (30), en una prensa entre troqueles opuestos (58, 60);

20 (e) opcionalmente, proporcionar orificios dentro del molde (52) entre las almohadillas de compresión para las aleaciones para formar y, de esta manera, establecer una definición de pieza;

(f) purgar la cavidad de contaminantes evacuando la cavidad o introduciendo un gas inerte a la cavidad.

(g) calentar el paquete (30) a una temperatura de enlace por difusión para aleación;

25 (h) comprimir las láminas (10, 12) juntas a través del molde (52) para llevar las láminas (10, 12) a un contacto íntimo en las localizaciones para formar enlaces por difusión (44) mientras que se aplica presión de gas a la cavidad para inflar el paquete (30) para evitar el enlace por difusión en áreas del paquete (30) que registran los orificios en el molde (52), **caracterizado** por la etapa adicional de usar un espaciador de titanio (56) entre el paquete (30) y troqueles opuestos (58, 60) para anular las deformidades entre los troqueles (58, 60) y asegurar una presión de enlace por difusión suficiente a través del molde (52).

30 2. Método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente las etapas de:

35 (a) intercalar el núcleo conseguido después de la etapa (h) entre láminas superficiales para definir un paquete multi-lámina; y

(b) expandir un paquete multi-lámina (30) para enlazar el núcleo a las láminas superficiales para completar la estructura.

40 3. Método de la reivindicación 1 ó 2, en el que el molde (52) es acero inoxidable resistente a corrosión.

4. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que las fuerzas crean una presión de enlace por difusión en el área de contacto íntimo de al menos 200×10^4 Pa (300 psi).

45 5. Método de la reivindicación 4, en el que la presión es $200 \times 800 \times 10^4$ Pa (300-1.200 psi).

50 6. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el calentamiento ocurre inductivamente en el molde (52) y en el que el molde (52) es una aleación que tiene una temperatura de Curie en el intervalo de aproximadamente de 850-950°C (1.550-1.750°F).

55

60

65

FIG.1

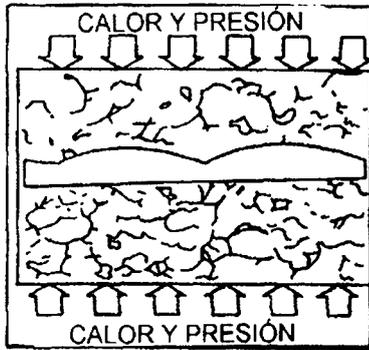


FIG.2

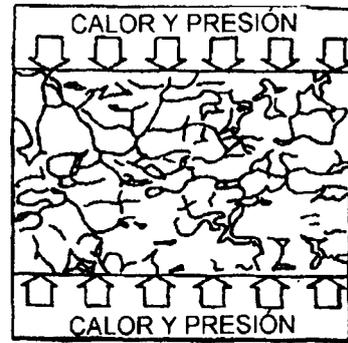


FIG.3

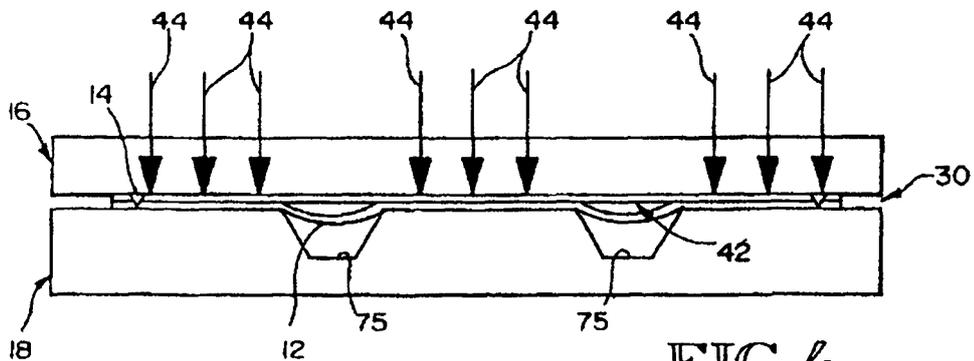
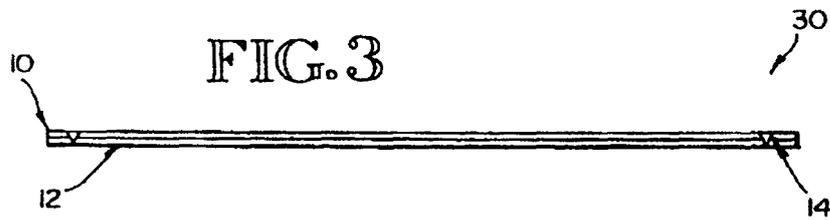


FIG.4

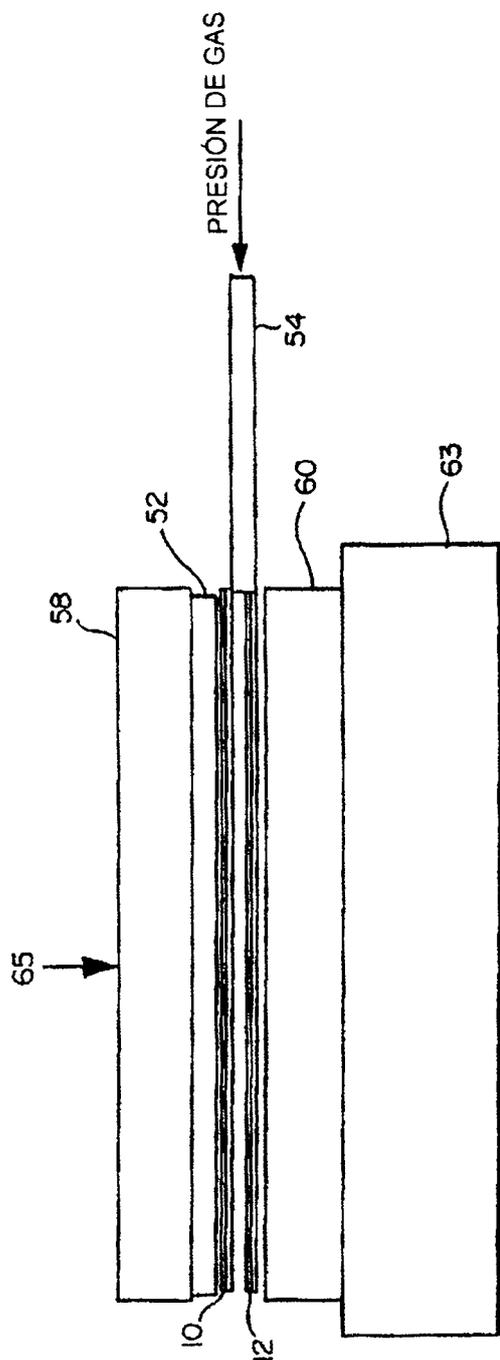


FIG. 5

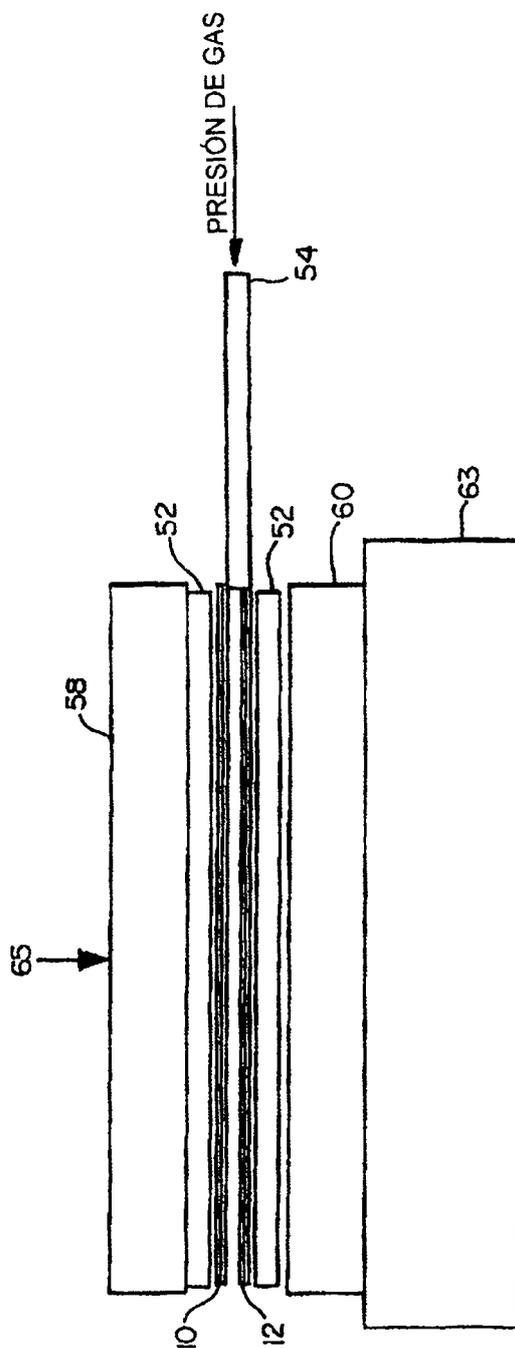
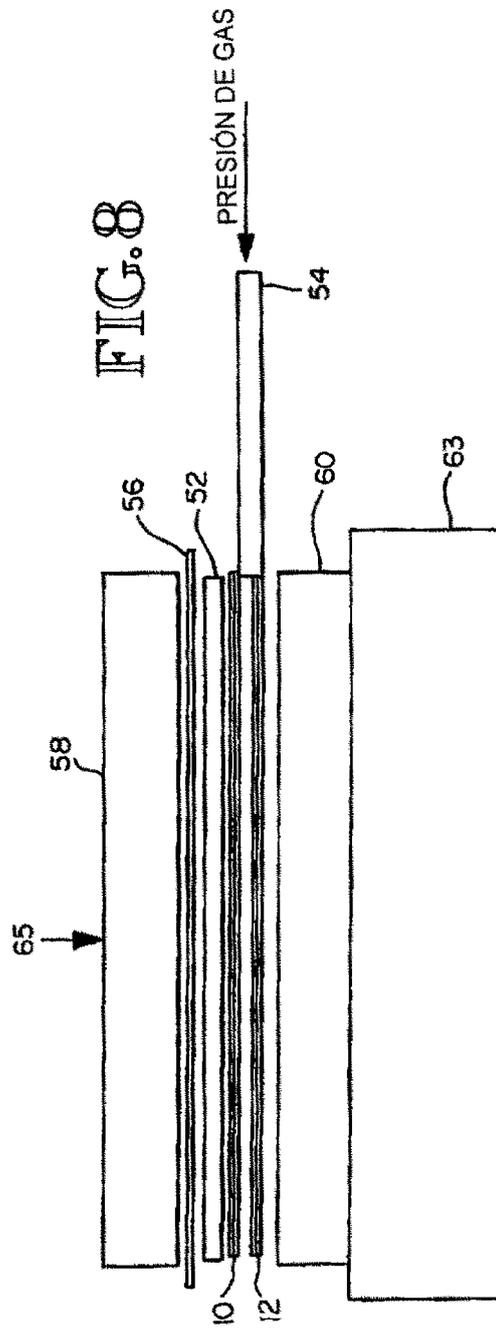
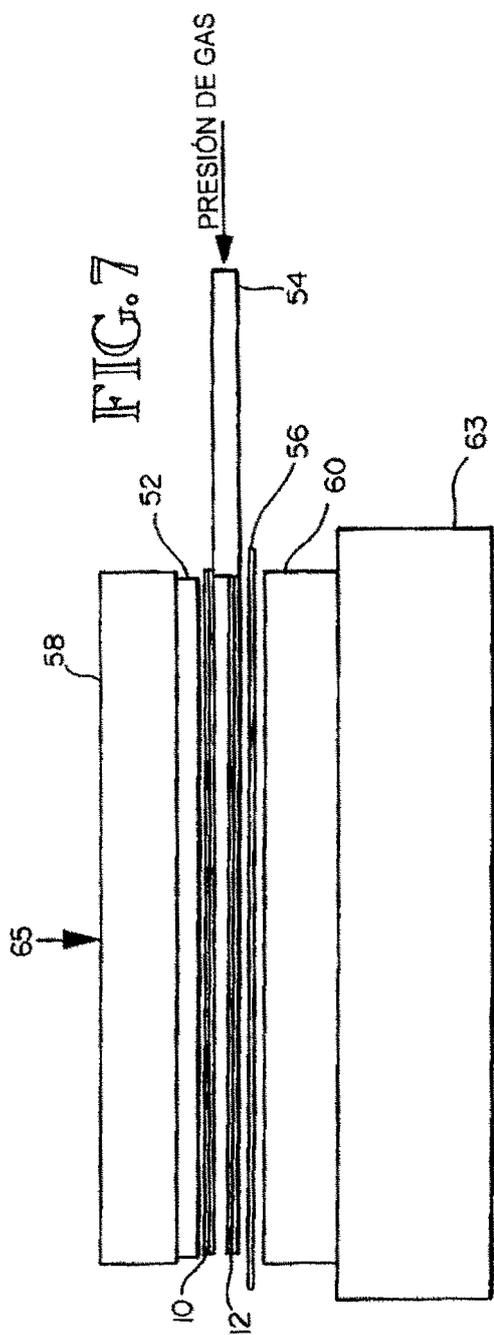


FIG. 6



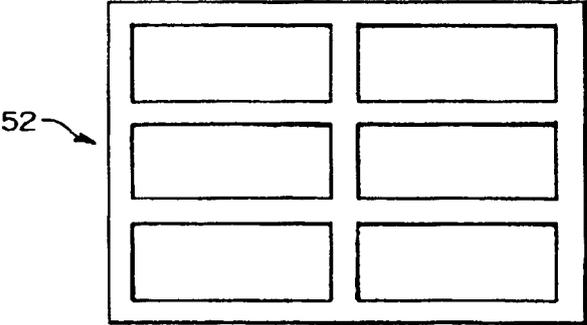


FIG. 9

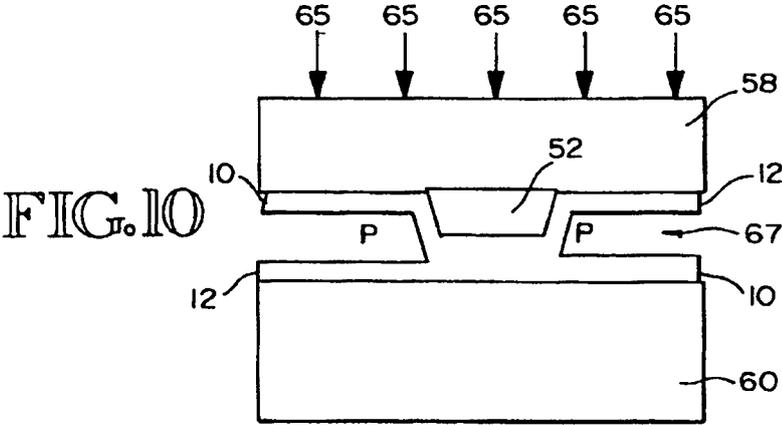


FIG. 10

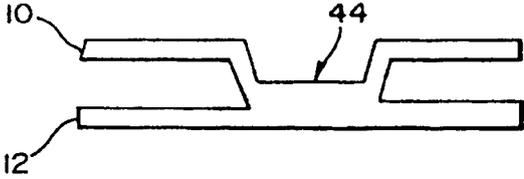


FIG. 11

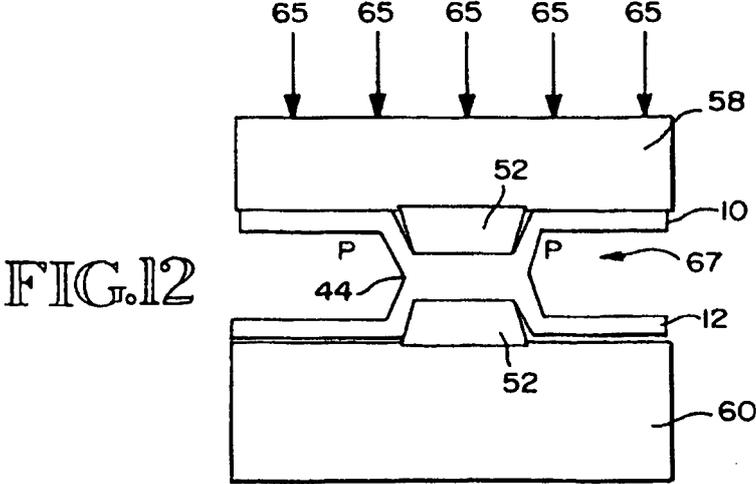


FIG. 12

FIG. 13

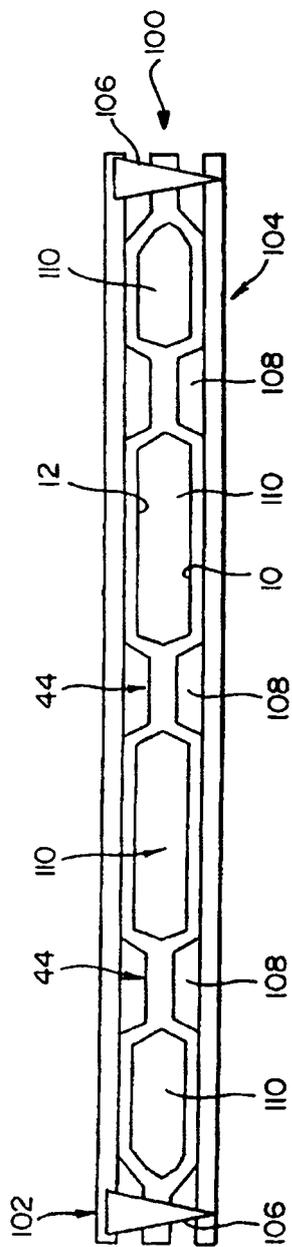


FIG. 14

