

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 729**

51 Int. Cl.:

B21D 39/20 (2006.01)

B21D 41/02 (2006.01)

B23P 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2013** **E 13737788 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016** **EP 2855042**

54 Título: **Herramienta de conformación y procedimiento para abocardar una abertura con un dispositivo de abocardado**

30 Prioridad:

01.06.2012 DE 102012010793

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

16.08.2016

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
82024 Taufkirchen, DE

72 Inventor/es:

REESE, EGGERT

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 579 729 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

Herramienta de conformación y procedimiento para abocardar una abertura con un dispositivo de abocardado

5 La invención concierne a una herramienta de conformación para abocardar una abertura con un dispositivo de abocardado según el preámbulo de la reivindicación 1. Asimismo, la invención concierne a un procedimiento para abocardar una abertura según el preámbulo de la reivindicación 11.

10 Particularmente en la aviación es deseable abocardar los taladros de montaje sometidos a alta carga en componentes metálicos por medio de un procedimiento de conformación. Esto se efectúa generalmente por la vía de la conformación en frío. A consecuencia de la deformación plástica del material en la zona del taladro se originan tensiones propias que contribuyen a una mejora de la resistencia a la fatiga. La propagación del campo de dilatación depende aquí de la dilatación aplicada y, por ejemplo en el caso de un abocardado de alrededor de un 3% del diámetro de partida, corresponde aproximadamente al doble del diámetro de partida.

15 Se conocen por el estado de la técnica un gran número de procedimientos de conformación que se denominan también procedimientos de mandrilado. Todos estos procedimientos conocidos por el estado de la técnica tienen por objeto una variación del diámetro.

20 Así, en el documento US 2,672,175 se revela una herramienta de conformación que se emplea para abocardar tubos de pared delgada, como, por ejemplo, tubos de silenciadores de vehículos automóviles. La herramienta comprende un bloque cuadrangular cónico contra el cual se deslizan cuatro elementos individuales según el principio del plano inclinado y estos elementos conducen entonces a una variación del diámetro. Es desventajoso a este respecto el hecho de que la herramienta es adecuada solamente para componentes de pared delgada y las fuerzas de conformación se transmiten tan solo de una manera irregular. En consecuencia, existe el riesgo de daños en los componentes. Además, no se puede controlar exactamente el grado de abocardado y no se pueden transmitir fuerzas mayores.

30 Se desprende del documento US 3,077,916 una herramienta de conformación que se emplea para abocardar tubos de pared delgada. La herramienta presenta un casquillo constituido por varios elementos de casquillo que son desplazables en dirección radial. A través de un agujero interior del casquillo se extiende un tornillo, estando dispuesto en cada extremo un mandril cónico que penetra en el agujero interior. Haciendo girar el tornillo se mueve uno de los mandriles hacia el otro mandril, moviéndose los elementos de casquillo en dirección radial. Se efectúa de este modo un abocardado de los tubos de pared delgada. Una herramienta semejante se desprende también del documento US 3,986,383. Sin embargo, ambas herramientas de conformación adolecen del inconveniente de que son adecuadas tan solo para componentes de pared delgada y no se pueden transmitir fuerzas mayores. Además, las fuerzas de expansión se transmiten tan solo irregularmente, con lo que se pueden producir nuevamente daños en los componentes. No es posible tampoco controlar exactamente el grado de abocardado, por lo que frecuentemente es difícil soltar nuevamente la herramienta cuando se apliquen fuerzas demasiado grandes.

40 En el documento US 5,138,863 se revela una herramienta de conformación para abocardar tubos de pared delgada con miras al establecimiento de uniones de tubos. La herramienta de conformación presenta un mandril que puede moverse en dirección axial y que puede introducirse en un casquillo que presenta varios elementos de casquillo, cumpliéndose que el desplazamiento radial de los elementos de casquillo depende de la profundidad de introducción del mandril. Es desventajoso en este caso el hecho de que la herramienta de conformación no es adecuada para el mandrilado de estructuras de pared gruesa.

En el documento EP 1 611 976 A1 se revelan un método y un dispositivo para reducir tensiones propias.

50 Se conoce por el documento DE 26 54 102 C2 una herramienta de conformación que se emplea para abocardar tubos. La herramienta de conformación presenta un mandril y un casquillo que está formado por varios elementos de casquillo que pueden moverse en dirección radial. El mandril está montado de manera desplazable en dirección axial y puede ser introducido en el casquillo, efectuándose, según la profundidad de introducción del mandril, un desplazamiento radial correspondiente de los elementos de casquillo. Sin embargo, la herramienta de conformación adolece del inconveniente de que no puede utilizarse para abocardar taladros de estructuras de pared gruesa, por ejemplo placas gruesas.

60 Todas las herramientas conocidas por el estado de la técnica para abocardar tubos no son adecuadas para transmitir altas fuerzas de conformación de, por ejemplo, 50 kN. Esto es necesario especialmente en el caso de componentes metálicos de alta resistencia con un espesor de pared grande como los que se emplean en la aviación y la navegación espacial, para introducir tensiones propias por medio de una deformación plástica en el entorno del taladro. Se trata aquí, por ejemplo, de espesores t de pared, de placa o de apilamiento que ascienden a un múltiplo del diámetro d del agujero a abocardar, es decir que $t = 0,5$ a $5 \cdot d$. En comparación con esto, el espesor de pared de los tubos de pared delgada corresponde únicamente a una fracción del diámetro a abocardar, concretamente, por

ejemplo, $t = 0,05$ a $0,3 \cdot d$.

Es conocido el recurso de utilizar para componentes de pared gruesa procedimientos de conformación convencionales como el procedimiento de manguito partido, según se revela, por ejemplo, en el documento US 5,305,627, o el procedimiento de mandril partido, como se revela, por ejemplo, en el documento US 4,423,619. La herramienta de conformación presenta un casquillo y un mandril, teniendo localmente el mandril un diámetro que es mayor que el diámetro del taladro. En este caso, se arrastra el mandril a través del taladro y se agranda continuamente el diámetro del taladro a lo largo del espesor del componente. Sin embargo, ambos procedimientos de mandrilado adolecen del inconveniente de que el campo de tensiones propia generado es poco homogéneo y ya unas pequeñas desviaciones respecto de las medidas de producción de los taladros y/o de la herramienta conduce a fuertes fluctuaciones en el grado de abocardado. Por ejemplo, un taladro con un diámetro de 6 mm, que se ha abocardado nominalmente en un 4%, puede presentar como resultado un grado de abocardado real comprendido entre 2,5% y 4,9%. Asimismo, los procedimientos adolecen del inconveniente de una distribución de tensiones y dilataciones poco homogénea. Además, con estos procedimientos se pueden utilizar tan solo en medida muy pequeña los materiales de altas prestaciones con propiedades fuertemente dependientes de la dirección, como las aleaciones de aluminio utilizadas, por ejemplo, con mucha frecuencia en la aviación, es decir que dichos materiales se abocardar netamente por debajo de un 3%. Apenas se consigue así una mejora de la resistencia a la fatiga. Además, la naturaleza de la deformación del material y el estado de tensión resultante de ella en el material, bajo el cual se deben formar las tensiones propias deseadas, conducen a una prematura formación de fisuras. Además, el empleo de casquillos, tal como se practica en el procedimiento de manguito partido, hace que el procedimiento resulte caro y poco rentable. Por otra parte, se presentan nuevamente problemas originados por un prematuro fallo de la herramienta, especialmente soldaduras en frío entre el mandril y el componente en el procedimiento del mandril partido.

Se desprende del documento genérico WO 2007/121932 A1 una herramienta de conformación con la cual se puede abocardar continuamente un taladro en todo el espesor de la pared, es decir, en todo el espesor de la placa o del apilamiento. Debido a su introducción de fuerza, la herramienta de conformación garantiza, en comparación con los procedimientos de mandrilado convencionales, un estado de tensión favorable según varios ejes. Se consiguen así un campo de dilatación homogéneo y una resistencia a la fatiga netamente mejorada. El procedimiento es especialmente ventajoso para materiales con acusada ortotropía, por ejemplo aleaciones de aluminio, en los cuales pueden abocardarse taladros sin producción de fisuras. Los taladros pueden abocardarse en este caso hasta un 5% de su diámetro original.

La invención se basa en el problema de proporcionar una herramienta de conformación y un procedimiento de conformación con los cuales se aumente la resistencia a la fatiga de aberturas en componentes, por ejemplo taladros de montaje y se puedan abocardar con mayor seguridad aberturas en componentes de pared más gruesa y/o se evite una formación de fisuras.

Este problema se resuelve mediante una herramienta de conformación con las características de la reivindicación 1 adjunta y un procedimiento según la reivindicación 11.

Ejecuciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones subordinadas. Además, se indica un elemento de abocardado ventajoso para la herramienta o el procedimiento, pero éste no es objeto de la presente invención.

La invención crea, según un aspecto de la misma, una herramienta de conformación para abocardar una abertura con un dispositivo de abocardado que comprende varios elementos de abocardado, en la que los elementos de abocardado presentan cada uno de ellos una superficie de conformación curvada que discurre entre dos cantos extremos periféricos, en la que los elementos de abocardados pueden ser transferidos de la primera posición a una segunda posición, en la que en la primera posición, que corresponde a un estado contraído, los elementos de abocardado están unidos uno con otro a través de superficies de separación, y en la que una segunda posición, que corresponde a un estado abocardado, los elementos de abocardado están desplazados en dirección radial desde un centro del dispositivo de abocardado de tal manera que las superficies de separación están distanciadas una de otra, y en la que en la primera posición los cantos extremos periféricos están más distanciados del centro que una zona central de las superficies de conformación.

Ventajosamente, se pueden generar deliberadamente, por ejemplo, tensiones propias en la zona de las aberturas, pero sin que por ello se dañe el componente.

Con una herramienta de conformación según una ejecución ventajosa se pueden introducir sin errores en el entorno de un taladro de montaje, es decir, sin fisuras, unas tensiones propias de compresión, especialmente en componentes metálicos de pared gruesa, como, por ejemplo, aleaciones de aluminio de alta resistencia, con lo que se mejora netamente la resistencia a la fatiga del taladro y, en último término, del componente.

En comparación con herramientas de conformación actuales se logra, por ejemplo, una mejora de un 10% hasta un

15%. El abocardado del diámetro del taladro es en este caso, por ejemplo, de un 3% a un 5% del diámetro de partida del taladro.

5 Asimismo, una ejecución ventajosa de la herramienta de conformación hace posible una introducción uniforme de fuerza en el componente, de modo que se consigue un comportamiento de fluencia netamente mejorada del material. En particular, se introducen uniformemente tensiones propias a lo largo del espesor del componente, con lo que las tensiones propias introducidas a lo largo del espesor del componente no varían, sino que son homogéneas.

10 Preferiblemente, en una herramienta de conformación según una ejecución de la invención no se produce ningún rozamiento en la pared interior de la abertura.

15 Preferiblemente, el desplazamiento radial de los elementos de abocardado es controlable, de modo que se puede controlar el desarrollo del proceso de deformación para que se logre un campo de dilatación homogéneo que sea ventajoso para un aumento efectivo de la resistencia a la fatiga. Por tanto, se pueden abocardar también materiales de altas prestaciones en la zona de una abertura sin que se produzcan fisuras.

Preferiblemente, la herramienta de conformación puede emplearse para abocardar aberturas de diámetros diferentes.

20 Preferiblemente, una herramienta de conformación según una ejecución de la invención facilita una inspección de la abertura abocardada, ya que las fisuras, en caso de que éstas lleguen a producirse, se extienden desde el centro hacia ambos lados, con lo que no pueden apreciarse fisuras desde ambos lados de la abertura.

25 Preferiblemente, la herramienta de conformación es adecuada para el ensayo de nuevos materiales respecto de su comportamiento durante una conformación en frío. Así, se puede reducir el número de tales ensayos y se pueden ahorrar los costes de ensayo inherente a los mismos.

30 Ventajosamente, una herramienta de conformación según una ejecución de la invención compensa variaciones de medidas a consecuencia de su desgaste, con lo que se la puede utilizar durante más tiempo.

Preferiblemente, en una ejecución ventajosa de la herramienta de conformación no se produce durante el abocardado de una abertura ninguna fuerza normal que actúe sobre la superficie de la pieza de trabajo, con lo que no se origina ningún momento flector que dañe a la pieza de trabajo.

35 Ventajosamente, en una herramienta de conformación según la presente invención no se produce durante el abocardado una soldadura en frío del casquillo con la pieza de trabajo. Por tanto, no es posible dañar el componente por efecto de una soldadura en frío. Además, se puede emplear nuevamente el casquillo.

40 Preferiblemente, en una herramienta de conformación según una ejecución de la invención se producen solamente unos rebordes despreciables en la zona del borde de la abertura abocardada. Por tanto, se reducen los costes de producción, ya que se suprime un paso adicional muy costoso para retirar el reborde y el proceso de abocardado se puede integrar de manera más ventajosa en el proceso de producción.

45 Preferiblemente, en una ejecución ventajosa de una herramienta de conformación se puede emplear nuevamente un casquillo, con lo que se reducen los costes de producción. Por tanto, ya no es necesario emplear un nuevo casquillo cada vez para abocardar una abertura.

50 Ventajosamente, en una herramienta de conformación según una ejecución ventajosa se suprime una complicada y costosa retirada de un casquillo.

Ventajosamente, en una herramienta de conformación según una ejecución de la invención se suprime el empleo de un manguito tensor caro para abocardar una abertura.

55 Asimismo, una herramienta de conformación según la presente invención puede emplearse preferiblemente para abocardar aberturas en piezas sometidas a reparación, pudiendo determinarse ventajosamente de antemano por medio de una simulación FEM, según el diámetro de la abertura y el abocardado deseado de la abertura, el comportamiento de conformación de la pieza en reparación, la distribución de tensiones propias en la zona de la abertura y la resistencia a la fatiga resultante de ésta.

60 Para favorecer una introducción uniforme de fuerza en el componente y hacer posible así un procedimiento de fluencia especial, se ha previsto más preferiblemente que en la segunda posición los cantos extremos periféricos y las superficies de conformación estén igualmente distanciados del centro.

Asimismo, la superficie de conformación de los elementos de abocardado tiene preferiblemente forma de arco de

círculo en sección transversal, visto en dirección radial.

5 Preferiblemente, en la primera posición los cantos extremos están situados sobre un círculo circunscrito y una zona central de las superficies de conformación está distanciada del círculo, y en la segunda posición tanto los cantos extremos como las superficies de conformación están situados sobre un círculo circunscrito.

10 Los elementos de abocardado pueden ser, por ejemplo, idénticos, cumpliéndose que en la primera posición, que corresponde a un estado contraído, un contorno exterior de una sección transversal a través del dispositivo de abocardado puede corresponder aproximadamente a una hoja de trébol cuadrifoliada, visto en dirección radial.

Por ejemplo, un diámetro en la zona de los cantos extremos de los elementos de abocardado puede asemejarse al diámetro de partida del taladro que se debe abocardar.

15 En la segunda posición, que corresponde a un estado abocardado, un radio exterior cilíndrico de los elementos de abocardado puede corresponder al radio de la abertura en el estado abocardado, es decir, al diámetro final de la abertura abocardada.

20 Por tanto, se puede conseguir ventajosamente una distribución óptima de las tensiones propias en el entorno del taladro de montaje.

En otra ejecución ventajosa un radio de las superficies de conformación es mayor que la distancia de sus cantos extremos al centro del dispositivo de abocardado en la primera posición, siendo el radio de las superficies de conformación preferiblemente entre un 2,5% y un 10% mayor y especialmente alrededor de un 5% mayor.

25 Como consecuencia, se desarrolla durante el proceso de mandrilado un área de tensiones propias netamente más homogénea que repercute nuevamente de manera ventajosa sobre la resistencia a la fatiga.

30 Asimismo, está previsto preferiblemente un elemento de accionamiento por medio del cual se puede transferir el dispositivo de abocardado de la primera posición a una segunda posición.

Preferiblemente, el elemento de accionamiento presenta un mandril que puede introducirse en un agujero interior del dispositivo de abocardado.

35 Por ejemplo, el mandril está configurado como un mandril cuadrangular cónico y está fabricado a base de un material metálico o cerámico de alta resistencia que presenta una alta resistencia a la compresión y a la flexión, así como una alta dureza.

40 Por ejemplo, se puede emplear para el mandril un metal duro con una resistencia de más de 4000 MPa y una dureza de más de 60 HRC.

El agujero interior del casquillo presenta preferiblemente una geometría que es análoga a la geometría del mandril.

45 Además, el mandril puede ser de configuración cónica, en cuyo caso el agujero interior o un lado interior de los elementos de abocardado están realizados también en forma cónica de una manera análoga al mandril.

El casquillo puede estar fabricado a base de un material metálico de alta resistencia con alta ductilidad, en cuyo caso el casquillo puede estar realizado con una aleación a base de níquel-cobalto con una resistencia a la tracción de más de 2000 MPa.

50 Preferiblemente, la superficie interior del agujero interior y/o las superficies exteriores del mandril están provistas de un revestimiento. El revestimiento aminora el coeficiente de rozamiento, con lo que se presenta un deslizamiento mejorado. Además, el revestimiento protege contra la abrasión o el desgaste y en un entorno húmedo protege también contra la corrosión. Se pueden proporcionar propiedades lubricantes del revestimiento mediante partículas de grafito incorporadas. La superficie interior del agujero interior y la superficie exterior del mandril pueden denominarse superficies funcionales del mandril y de los elementos de abocardado. En este caso, las superficies funcionales pueden ser revestidas con una capa, por ejemplo extremadamente dura, para mejorar las propiedades de aislamiento, proteger contra la corrosión y evitar un desgaste prematuro.

60 Preferiblemente, el revestimiento puede estar formado por una capa de níquel aplicada por vía electroquímica y/o una capa de carbono semejante a diamante, especialmente en un espesor de unos pocos nanómetros hasta varios micrómetros.

La capa de níquel aplicada por vía electroquímica puede ser de 10 μm o la capa de carbono semejante a diamante puede tener una dureza de hasta 6000 kg/mm^2 .

En otra ejecución ventajosa un ángulo entre un eje central del mandril y una superficie exterior está comprendido entre 0,3 grados y 3 grados. Debido al ángulo entre el eje central y las superficies exteriores o las superficies funcionales del mandril se obtiene la conicidad de éste. Con ayuda del ángulo se desvía la fuerza axial hacia la fuerza radial necesaria para el abocardado. El ángulo controla decisivamente en este caso la relación de fuerza axial a fuerza radial, las pérdidas por rozamiento y el posible desgaste en la herramienta.

Por ejemplo, con un ángulo de 0,3 grados para un taladro de un diámetro de 6 mm en una aleación de la serie 2000, con una relación de espesor t de la pieza de trabajo a diámetro d del taladro de $t/d = 5$, la fuerza puede ascender a 20 kN. En comparación con esto, la fuerza radial asciende a 38 kN con un ángulo de 3 grados y, por lo demás, una misma relación de $t/d = 5$.

Se describe también un elemento de abocardado para uso en una herramienta de conformación de esta clase.

Preferiblemente, el elemento de abocardado presenta una forma de sección transversal aproximadamente trapecial, estando curvado al menos un lado que discurre entre los dos lados no paralelos. Más preferiblemente, el lado curvado presenta un radio que corresponde al de la abertura en estado abocardado.

Según otro aspecto, la invención crea un procedimiento para abocardar una abertura desde un primer diámetro d_1 hasta un segundo diámetro d_2 , que comprende los pasos siguientes:

- a) habilitar varios elementos de abocardado que presentan cada uno de ellos una superficie de conformación que discurre entre dos cantos extremos y dos superficies de separación, cumpliéndose que los elementos de abocardado en una primera posición, que corresponde a un diámetro d_1 en el estado no abocardado, pueden ser transferidos a una segunda posición, que corresponde a un diámetro d_2 en el estado abocardado deseado, a cuyo fin se desplazan los elementos de abocardado en una dirección radial, caracterizado por que las superficies de separación y las superficies de conformación están configuradas de tal manera que en la primera posición una zona central de las superficies de conformación, al aplicarse a la abertura no abocardada, está más distanciada de la pared interior de la abertura que los cantos extremos, y en la segunda posición las superficies de conformación corresponden en conjunto al contorno de la pared interior de la abertura abocardada deseada;
- b) ensamblar los elementos de abocardado para formar un dispositivo de abocardado y transferir los elementos de abocardado a su primera posición;
- c) introducir el dispositivo de abocardado en la abertura; y
- d) abocardar continuamente la abertura por transferencia de los elementos de abocardado a la segunda posición.

En el caso de un abocardado continuo de la abertura se hace posible una introducción de fuerza uniforme en el componente, con lo que se consigue un comportamiento de fluencia netamente mejorado del material. Ventajosamente, se logra un campo de dilatación homogéneo, con lo que se pueden abocardar componentes metálicos de pared gruesa sin formación de fisuras, por ejemplo componentes hechos de aleaciones de aluminio de alta resistencia. Se aumenta así la resistencia a la fatiga de la abertura.

Preferiblemente, el procedimiento para abocardar la abertura puede emplearse desde un lado, con lo que, en el caso de dos piezas de trabajo contiguas, se abocardan solamente una de las dos aberturas. De este modo, el dispositivo de abocardado puede utilizarse también para abocardar una abertura de una unión de metal y no metal, como, por ejemplo, una unión híbrida con materiales compuestos fibrosos, en los que deba abocardarse solamente el componente metálico. En este caso, se puede abocardar la porción metálica sin que se toque y/o se dañe la parte no metálica. Resulta así posible un paso de procedimiento denominado ensamble en un solo paso, ya que las partes no tienen que separarse nuevamente después del taladrado para el mandrilado del componente metálico, sino que pueden permanecer en la posición ya fijada. Se hace posible así un ahorro de tiempo.

Asimismo, el procedimiento se emplea preferiblemente para mantener abierta una abertura con un diámetro d en piezas de trabajo con un espesor t de placa o de apilamiento, cumpliéndose que $t > d$, especialmente $t > 2 \cdot d$.

Seguidamente, se explican con más detalle ejemplos de realización de la invención ayudándose de los dibujos adjuntos. Muestran en éstos:

- La figura 1, una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de una herramienta de conformación;
- La figura 2, una vista en perspectiva de un mandril;
- La figura 3, una vista en perspectiva de un elemento de abocardado;
- La figura 4, una vista en perspectiva de la herramienta de conformación, que está inserta en una abertura de una pieza de trabajo que se debe abocardar;
- La figura 5, una sección longitudinal a través de la herramienta de conformación y la pieza de trabajo durante

un proceso de conformación;

La figura 6, un fragmento de una sección transversal radial a través de una herramienta de conformación inserta en una abertura antes del abocardado de la abertura;

5 La figura 7, una representación esquemática de las relaciones geométricas entre la herramienta de conformación y la abertura antes del abocardado de la abertura;

La figura 8, una representación esquemática de la distribución de tensiones propias en la pieza de trabajo después del abocardado de la abertura con una herramienta de conformación convencional;

10 La figura 9, una representación esquemática de la distribución de tensiones propias en la pieza de trabajo después del abocardado de la abertura con una herramienta de conformación según una forma de realización de la invención;

La figura 10, una sección longitudinal a través de la herramienta de conformación según la invención y de una unión híbrida durante un proceso de conformación; y

15 La figura 11, un diagrama que muestra la vida útil de la pieza de trabajo en diferentes estados de carga, no habiéndose abocardado las aberturas o bien habiéndolas abocardado con procedimientos de abocardado diferentes.

En la figura 1 se representa un ejemplo de realización de una herramienta de conformación 10. La herramienta de conformación 10 presenta un dispositivo de abocardado 12 y un elemento de accionamiento 14 que puede introducirse en un agujero interior 16 del dispositivo de abocardado 12.

20 Como se muestra en las figuras 1 y 2, el elemento de accionamiento 14 está configurado como un mandril 18 que comprende un primer segmento 20 y un segundo segmento 22. El primer segmento 20 presenta una sección transversal poligonal, visto en la dirección radial R. El primer segmento 20 es de configuración cónica en la dirección axial A hacia un primer extremo 24 del mandril 18.

25 El mandril 18 está configurado como un mandril cuadrangular en el presente ejemplo de realización, siendo imaginables también otras configuraciones poligonales. Las superficies exteriores del mandril 18 están configuradas como superficies funcionales 26, cumpliéndose que un ángulo α entre el eje central M y las superficies funcionales 26 da como resultado la conicidad del mandril 18.

30 Idealmente, el ángulo α está comprendido entre 0,3 grados y 3 grados. Mediante este ángulo α se desvía la fuerza axial F_a hacia la fuerza radial F_r necesaria para el mandrilado. Por tanto, el ángulo α controla decisivamente la relación de fuerza axial a fuerza radial.

35 El mandril 18 está fabricado de un material metálico o cerámico de alta resistencia con una elevada resistencia a la compresión y a la flexión, así como una elevada dureza, tal como, por ejemplo, un metal duro con una resistencia de más de 4000 MPa y una dureza de más de 60 HRC.

40 Las superficies funcionales 26 del mandril 18 pueden revestirse con una capa extremadamente dura para mejorar las propiedades de deslizamiento, proteger contra la corrosión y evitar un desgaste prematuro, tal como, por ejemplo, con una capa de níquel aplicada por vía electroquímica de varios micrómetros de espesor o una capa de carbono semejante a diamante con una dureza extrema de, por ejemplo, hasta 6000 kg/mm²

45 El segundo segmento 22 está configurado como un segmento de retención por medio del cual se puede alojar el mandril 18 en una herramienta o en un dispositivo de alojamiento de tal manera que el mandril 18 pueda moverse en dirección axial e introducirse en el agujero interior 16 del dispositivo de abocardado 12.

50 Según las figuras 1 y 3, el dispositivo de abocardado 12 comprende varios, por ejemplo cuatro, elementos de abocardado 28 que, en el estado ensamblado, forman un casquillo 30.

55 Los elementos de abocardado 28 presentan un primer segmento 32 y un segundo segmento 34. El primer segmento 32 tiene un diámetro mayor que el del segundo segmento 32 y está configurado como una brida 36, presentando ésta una superficie de asiento 38 para asentarse sobre una pieza de trabajo 54. Además, en el segundo segmento 34 se ha producido un dispositivo de alojamiento 40 en forma de un rebajo que discurre en dirección periférica alrededor de una superficie exterior 44 del primer segmento 32.

60 El segundo segmento 34 presenta una superficie de conformación curvada 46 que está configurada en sección transversal con forma de arco de círculo, visto en dirección radial. La superficie de conformación queda limitada entre dos cantos extremos periféricos 48. Los cantos extremos 48 van seguidos de una respectiva superficie de separación 50 que sirve de superficie de asiento para otro elemento de abocardado 28.

Asimismo, el elemento de abocardado presenta en un lado opuesto a la superficie de conformación 46 una superficie funcional 52 que, análogamente a la superficie funcional 26 del mandril 18, está realizada también en forma cónica.

5 Como puede apreciarse en la figura 1, en el estado ensamblado del dispositivo de abocardado 12 un respectivo elemento de abocardado 28 se aplica por medio de su superficie de separación 50 a otra superficie de separación 50 de otro elemento de abocardado 28, con lo que el dispositivo de abocardado 12 forma aproximadamente un casquillo 30.

Para fijar los elementos de abocardado 28 en el estado ensamblado se puede introducir en los rebajos 42 un medio elástico (no representado), por ejemplo en forma de un anillo de goma.

10 Como puede apreciarse especialmente en la figura 6, en una posición de partida únicamente los cantos extremos 48 se aplican a una pared interior 58, estando una zona central 60 de las superficies de conformación 46 distanciada de la pared interior 58 de la abertura 56. Para conseguir esto se han formado en el ejemplo de realización las superficies de separación 50 de tal manera que en la posición de partida del dispositivo de abocardado 12 únicamente los cantos extremos 48 se apliquen a la pared interior 58 de la abertura 56 y la zona central 60 de las superficies de conformación 46 esté distanciada de la pared interior 58. Por tanto, el diámetro máximo del dispositivo de abocardado 12 corresponde en una posición de partida al diámetro de la abertura 56 en el estado no abocardado.

15 Las realizaciones anteriormente descritas se explicarán con más detalle ayudándose de un ejemplo representado en la figura 7 para la configuración del radio r_f de las superficies de conformación 46. En una abertura 56 que tiene un diámetro d_1 de 6 mm en el estado no abocardado y cuyo diámetro d_2 debe ser abocardado hasta 6,3 mm, el radio r_f de la superficie de conformación 46 tiene una longitud de 3,15 mm.

20 El agujero interior 16 del dispositivo de abocardado 12 tiene una sección transversal poligonal (cuadrada) con una superficie interior de 3,25 mm de longitud de lado en el estado no abocardado y una superficie interior de 4,12 mm de longitud de lado en el estado abocardado.

25 En lo que sigue se explica con más detalle ayudándose de las figuras 4 y 5 un procedimiento posible para abocardar una abertura 56 practicada en una pieza de trabajo 54. Como ya se ha descrito anteriormente, los elementos de abocardado 28 se ensamblan formando un dispositivo de abocardado 12 y se fijan con ayuda de un medio elástico. A continuación, se inserta el dispositivo de abocardado 12 en la abertura 56.

30 Como se representa en las figuras 4 y 5, para abocardar la abertura 56 se introduce el mandril 18, especialmente el primer segmento 20 del mandril 18, en el agujero interior 16 del dispositivo de abocardado 12. Dado que las respectivas superficies funcionales 26, 52 están configuradas como complementarias una de otra, se produce, al introducir el mandril 18 en el agujero interior 16, un movimiento de los elementos de abocardado 28 en la dirección radial R, en cuyo caso un desplazamiento de los elementos de abocardado 28 en la dirección radial R depende de la profundidad de introducción del mandril 18. Mediante el ángulo α entre la superficie funcional 26 y el eje central M del mandril 18 se desvía la fuerza axial F_a hacia la fuerza radial F_r necesaria para el abocardado. El ángulo α controla así decisivamente la relación de fuerza axial a fuerza radial, las pérdidas por rozamiento y el posible desgaste en la herramienta.

35 Como puede apreciarse en la figura 5, mediante un desplazamiento axial del mandril 18 se genera un desplazamiento radial de los elementos de abocardado 28, aplicándose una fuerza radial F_r que abocarda la abertura 56 de la pieza de trabajo 54. De este modo, el material se deforma plásticamente en el entorno inmediato de la abertura 56. Esto conduce a la formación de tensiones propias en la pieza de trabajo que pueden presentarse en el material hasta una distancia del orden de dos veces el diámetro de la abertura. Se mejora así la resistencia a la fatiga de la abertura 56.

40 Debido a su geometría optimizada, el dispositivo de abocardado 12 según la invención favorece una introducción uniforme de fuerza en el componente y hace posible así un comportamiento de fluencia netamente mejorado del material. Como puede apreciarse en las figuras 8 y 9, esto conduce a una distribución netamente más homogénea de las tensiones propias después del proceso de abocardado, la cual repercute de nuevo ventajosamente sobre la resistencia a la fatiga.

45 50 55 60 En la figura 8 se representa la distribución de las tensiones propias después de un proceso de abocardado con un dispositivo de abocardado conocido por el estado de la técnica. En este dispositivo de abocardado las superficies de conformación tienen un radio que corresponde al de la abertura en el estado no abocardado. Como puede apreciarse en la figura 8, se logra así una distribución no homogénea de las tensiones propias, presentándose la máxima tensión en la zona central de las superficies de conformación. En la zona de los cantos extremos las tensiones propias introducidas en la pieza de trabajo apenas han penetrado apreciablemente en la pieza de trabajo. En comparación con esto, en el dispositivo de abocardado 12 según el ejemplo de realización de la invención se consigue una distribución más homogénea de las tensiones propias. Como se muestra en la figura 9, se consigue en la pieza de trabajo 54 una distribución homogénea de la tensión propia o una distancia igual de las tensiones propias introducidas en la pieza de trabajo.

Como puede apreciarse en la figura 10, el dispositivo de abocardado 12 tiene la ventaja de una accesibilidad por un lado a la abertura 56, con lo que la herramienta de conformación 10 puede utilizarse también para uniones de metal-metal, como, por ejemplo, uniones híbridas con materiales compuestos fibrosos, en las que solamente debe mandrilarse el componente metálico. En este caso, solamente puede mandrilarse la pieza de trabajo metálica sin que la pieza no metálica sea tocada o dañada. Resulta así posible un paso de procedimiento denominado ensamble de un solo paso, ya que, después del taladrado, las partes no tienen que separarse nuevamente para el abocardado de la abertura 56 del componente metálico, sino que pueden permanecer en la posición ya fijada. Se consigue así un ahorro de tiempo y de costes.

En la figura 11 se representa la vida útil de una pieza de trabajo para tensiones introducidas de manera diferente. La primera curva K1 y la segunda curva K2 muestran la curva de vida útil para una pieza de trabajo de una aleación de aluminio, no habiéndose abocardado las aberturas.

La tercera curva K3 muestra la vida útil del mismo material, habiéndose abocardado las aberturas por medio de un procedimiento de abocardado convencional. En el presente caso, las aberturas se han abocardado en un 3%. Como puede apreciarse, se han incrementado la resistencia a la fatiga y, en consonancia con ésta, la vida útil debido a las tensiones propias de compresión introducidas. Por ejemplo, el número de cambios de carga a una tensión introducida en la pieza de trabajo asciende a 100.000 en el caso de una pieza de trabajo no abocardada y a un 1.000.000 en el caso de una pieza de trabajo cuyas aberturas se hayan abocardado por medio de un procedimiento convencional. Por consiguiente, se ha aumentado netamente la resistencia del material.

Gracias a la utilización del dispositivo de abocardado 12 según el ejemplo de realización se puede aumentar una vez más la vida útil. El dispositivo de abocardado 12 según el ejemplo de realización hace posible un abocardado mayor de la abertura, con lo que se pueden introducir mayores tensiones propias de compresión en la pieza de trabajo. En el presente ejemplo, se ha abocardado la abertura en un 4%. Como puede apreciarse en la cuarta curva K4, se incrementa la vida útil de la pieza de trabajo una vez más en comparación con la vida útil de una pieza de trabajo mecanizada por medio de un procedimiento de abocardado convencional. Por tanto, la herramienta de conformación 10 de la presente invención hace posible que se aumente una vez más la resistencia del material manteniendo, por lo demás, iguales las propiedades del material y las dimensiones.

Lista de símbolos de referencia

- 10 Herramienta de conformación
- 12 Dispositivo de abocardado
- 14 Elemento de accionamiento
- 16 Agujero interior
- 18 Mandril
- 20 Primer segmento
- 22 Segundo segmento
- 24 Primer extremo
- 26 Superficies funcionales
- 28 Elementos de abocardado
- 30 Casquillo
- 32 Primer segmento
- 34 Segundo segmento
- 36 Brida
- 38 Superficie de asiento
- 40 Dispositivo de alojamiento
- 42 Rebajo
- 44 Superficie exterior
- 46 Superficie de conformación
- 48 Canto extremo
- 50 Superficies de separación
- 52 Superficie funcional
- 54 Pieza de trabajo
- 56 Abertura
- 58 Pared interior
- 60 Zona central
- R Dirección radial
- A Dirección axial
- M Eje central
- α Ángulo
- F_a Fuerza axial
- F_r Fuerza radial

| | | |
|---|-------|----------------------------------------------------|
| | r_F | Radio de la superficie funcional |
| | d_1 | Diámetro de la abertura en el estado no abocardado |
| | d_2 | Diámetro de la abertura en el estado abocardado |
| 5 | K1 | Primera curva |
| | K2 | Segunda curva |
| | K3 | Tercera curva |
| | K4 | Cuarta curva |

REIVINDICACIONES

1. Herramienta de conformación (10) para abocardar una abertura (56) con un dispositivo de abocardado (12) que comprende varios elementos de abocardado (28), en la que los elementos de abocardado (28) presentan cada uno de ellos una superficie de conformación curvada (46) que discurre entre dos cantos extremos periféricos (48), en la que los elementos de abocardado (28) pueden ser transferidos de una primera posición a una segunda posición, en la que en la primera posición, que corresponde a un estado contraído, los elementos de abocardado (28) están unidos uno con otro a través de superficies de separación (50), y en la que en una segunda posición, que corresponde a un estado abocardado, los elementos de abocardado (28) están desplazados en dirección radial (R) desde un centro del dispositivo de abocardado (12) de tal manera que las superficies de separación (50) están distancias una de otra, **caracterizada por que** en la primera posición los cantos extremos periféricos (48) están más distanciados del centro que una zona central (60) de las superficies de conformación (46).
2. Herramienta de conformación (10) según la reivindicación 1, **caracterizada por que** en la segunda posición los cantos extremos periféricos (48) y las superficies de conformación (46) están igualmente distanciados del centro,.
3. Herramienta de conformación (10) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** las superficies de conformación (46) de los elementos de abocardados (28) tienen forma de arco de círculo en sección transversal, visto en la dirección radial (R).
4. Herramienta de conformación (10) según la reivindicación 3, **caracterizada por que** en la primera posición los cantos extremos (48) están situados sobre un círculo circunscrito y una zona central (60) de las herramientas de conformación (46) está distanciada del círculo, y por que en la segunda posición tanto los cantos extremos (48) como las superficies de conformación (46) están situados sobre un círculo circunscrito.
5. Herramienta de conformación (10) según cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizada por que** un radio de las superficies de conformación (46) es mayor que una distancia de los cantos extremos (48) al centro del dispositivo de abocardado (12) en la primera posición, siendo dicho radio preferiblemente entre un 2,5% y un 10% mayor y especialmente alrededor de un 5% mayor.
6. Herramienta de conformación (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por** un elemento de accionamiento (14) por medio del cual el dispositivo de abocardado (12) puede ser transferido de la primera posición a una segunda posición.
7. Herramienta de abocardado (10) según la reivindicación 6, **caracterizada por que** el elemento de accionamiento (14) presenta un mandril (18) que puede ser introducido en un agujero interior (16) del dispositivo de abocardado (12).
8. Herramienta de conformación (10) según la reivindicación 7, **caracterizada por que** una superficie interior del agujero interior (16) y/o una superficie exterior (44) del mandril (18) están provistas de una capa de deslizamiento.
9. Herramienta de conformación (10) según la reivindicación 8, **caracterizada por que** la capa de deslizamiento está formada por una capa de níquel aplicada preferiblemente por vía electroquímica y/o una capa de carbono semejante a diamante, especialmente de varios micrómetros de espesor.
10. Herramienta de conformación (10) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizada por que** un ángulo (α) entre un eje central M del mandril (18) y una superficie exterior (44) está comprendido entre 0,3 grados y 3 grados.
11. Procedimiento para abocardar una abertura (54) desde un primer diámetro d_1 hasta un segundo diámetro d_2 , que comprende los pasos siguientes:
- habilitar varios elementos de abocardado (28) que presentan cada uno de ellos una superficie de conformación (46) que discurre entre dos cantos extremos (48) y dos superficies de separación (50), pudiendo ser transferidos los elementos de abocardado (28) desde una primera posición, que corresponde a un diámetro d_1 en el estado no abocardado, hasta una segunda posición que corresponde a un diámetro d_2 en el estado abocardado deseado, a cuyo fin se desplazan los elementos de abocardado (28) en una dirección radial (R), **caracterizado por que** las superficies de separación (50) y las superficies de conformación (46) están configuradas de tal manera que en la primera posición una zona central (60) de las superficies de conformación (46), al aplicarse a la abertura no abocardada (56), está más distanciada de la pared interior (58) de la abertura (56) que los cantos extremos (48), y por que en la segunda posición las superficies de conformación (46) corresponden en conjunto al contorno de la pared interior (58) de la abertura abocardada deseada (56);
 - ensamblar los elementos de abocardado (28) para formar un dispositivo de abocardado (12) y transferir los

elementos de abocardado (28) a su primera posición;

c) introducir el dispositivo de abocardado (12) en la abertura (56); y

d) abocardar continuamente la abertura (56) por transferencia de los elementos de abocardado (28) a la segunda posición.

5

12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por** el abocardado de la abertura (56) desde un lado, con lo que, en caso de dos piezas de trabajo contiguas (54), se abocardan solamente una de las dos aberturas (56).

10

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por** el abocardado de una abertura (56) con un diámetro d en piezas de trabajo (54) con un espesor t de placa o de apilamiento, cumpliéndose que $t > d$, especialmente $t > 2*d$.

FIG 1

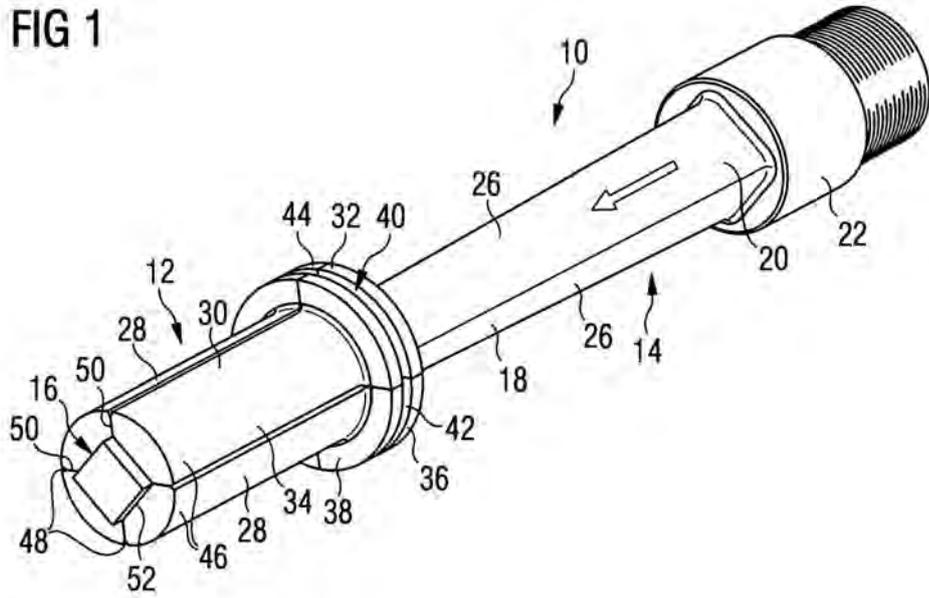


FIG 2

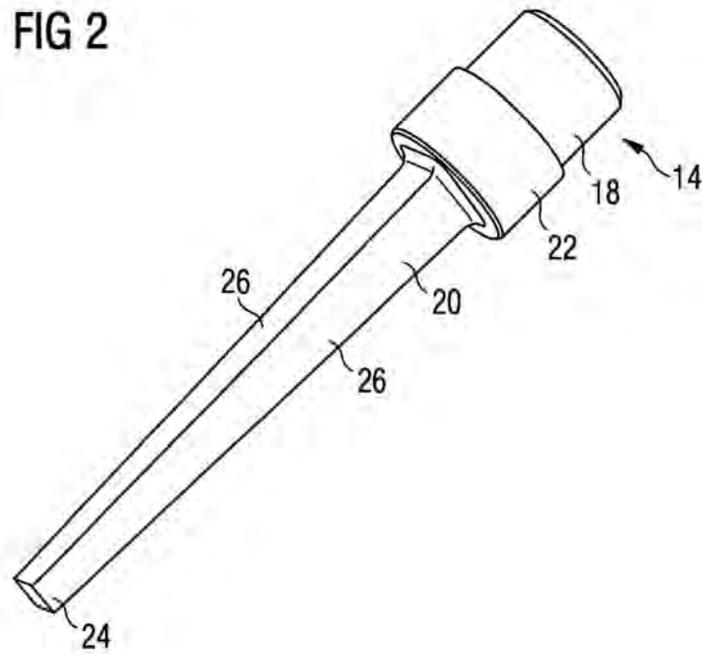


FIG 3

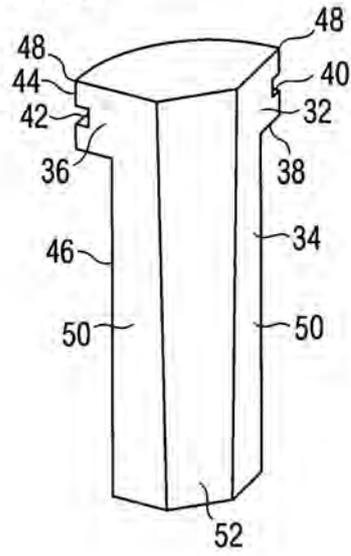


FIG 4

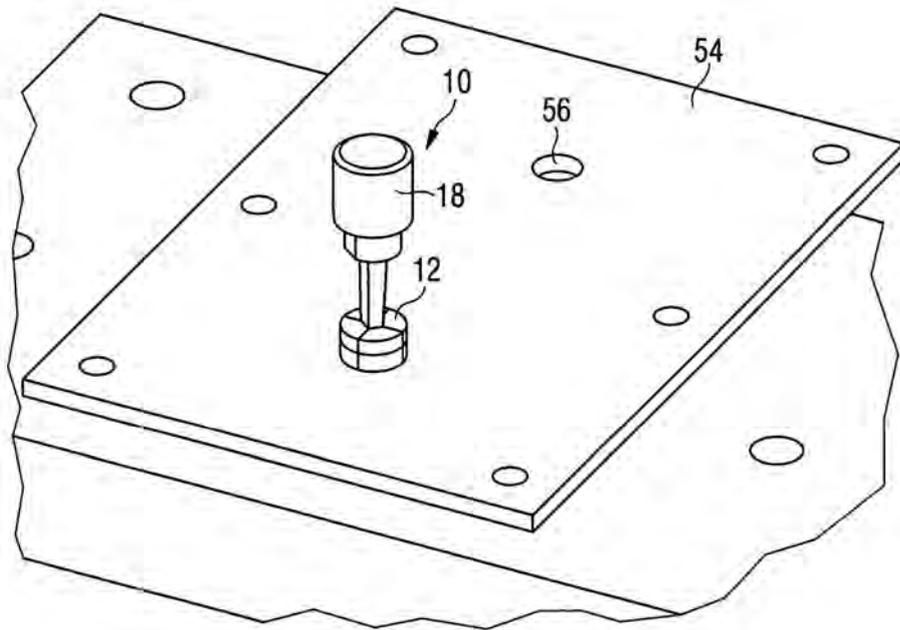


FIG 5

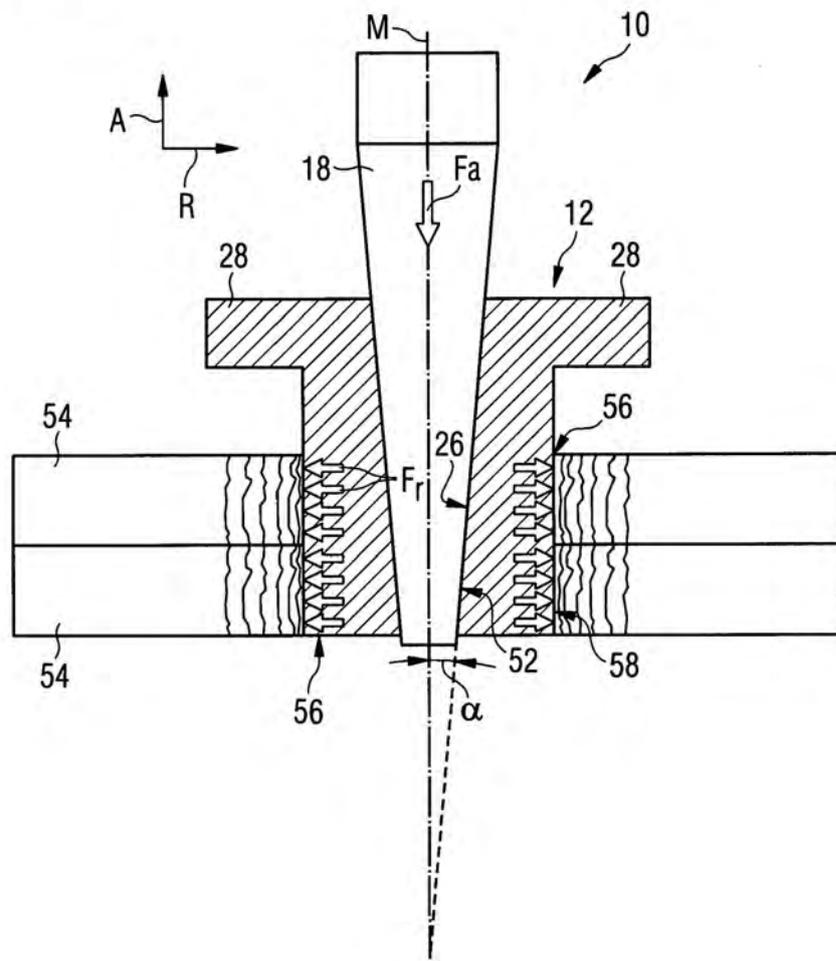


FIG 6

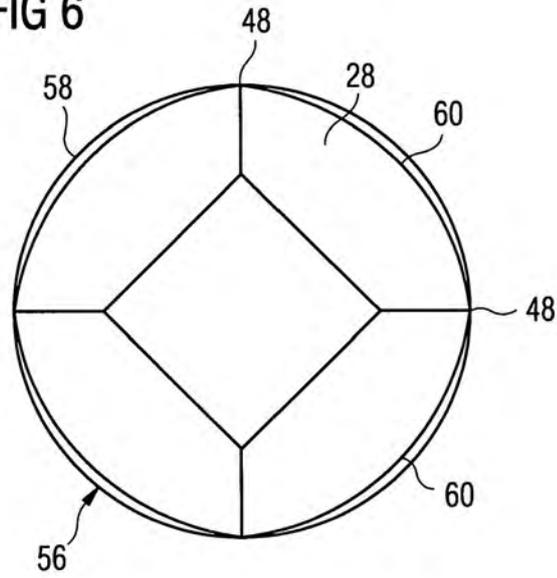


FIG 7

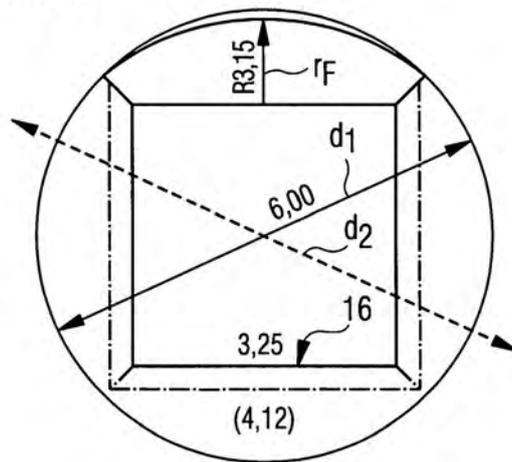


FIG 8

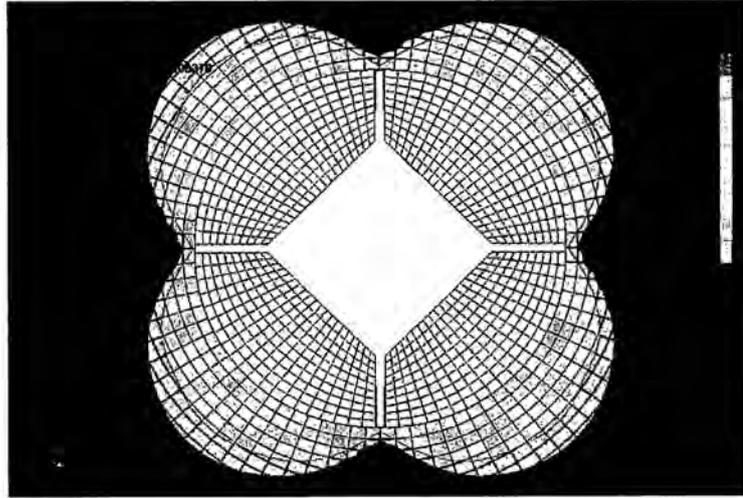


FIG 9

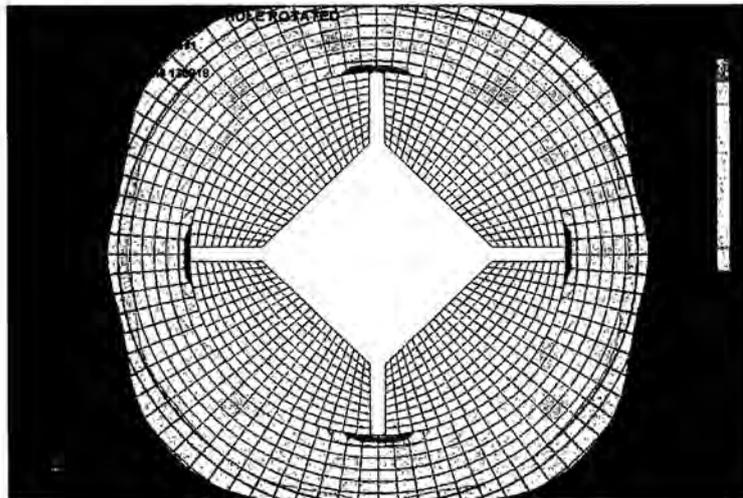


FIG 10

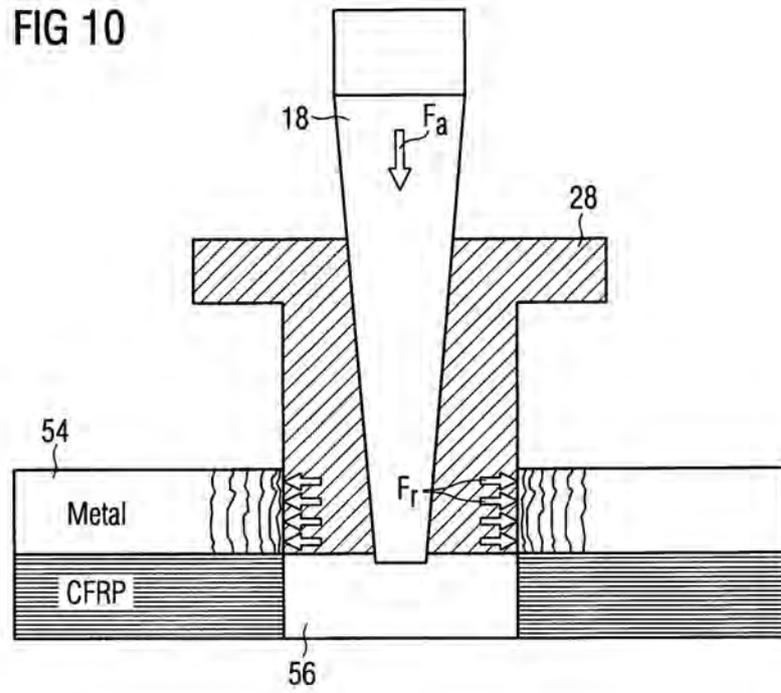


FIG 11

