



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 346**

51 Int. Cl.:
B23Q 1/00 (2006.01)
B23P 19/06 (2006.01)
B25B 29/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99953313 .6**
96 Fecha de presentación : **28.04.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1105250**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.06.2001**

54 Título: **Sistema de sujeción de alta temperatura.**

30 Prioridad: **28.04.1998 US 67587**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.11.2011

73 Titular/es: **STEINBOCK MACHINERY Co.**
P.O. Box 683
Pittsburgh, Pennsylvania 15106, US

72 Inventor/es: **Steinbock, Rolf, H.**

74 Agente: **De Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 367 346 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).

DESCRIPCION

Sistema de sujeción de alta temperatura

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

5 1. Campo De la Invención: La presente invención se refiere a un sistema de sujeción con pernos o tornillos para mantener una fuerza de sujeción entre las partes empernadas o atornilladas mientras se opera a una temperatura de 427°C a 649°C y, más particularmente, a una construcción de sujetador que proporciona un coeficiente de dilatación térmica similar al coeficiente de dilatación térmica de las partes empernadas para reducir al mínimo los cambios dimensionales diferenciales debidos a las variaciones de temperatura y que proporciona a una porción de vástago del sujetador un límite elástico suficientemente grande para mantener una fuerza de sujeción entre las partes empernadas a través de un margen de temperaturas comprendido entre la temperatura ambiente y la temperatura de funcionamiento.

10 2. Descripción de la Técnica Anterior: La presente invención está dirigida a resolver problemas complejos que implican sistema de sujeción con pernos que se requiere que operen a temperaturas elevadas durante un dilatado tiempo de funcionamiento. Los sistemas de sujeción con pernos convencionales utilizados para formar juntas a elevada temperatura, usados particularmente en turbinas de vapor y juntas similares, tienen la fuerte desventaja de que resultan considerablemente más débiles cuando aumenta la temperatura de funcionamiento. En un tal sistema es necesario que los componentes sean diseñados para sujetar firmemente la junta sin dañar la parte más costosa, la pieza colada principal de la turbina. En algunos casos la parte sujeta puede ser un cuerpo de válvula costoso o cualquier otro componente. Aunque la presente invención no está limitada de ese modo, un sistema de sujeción con pernos para una envuelta principal de turbina de vapor ha sido elegido para la finalidad de explicar la presente invención.

15 A elevadas temperaturas del orden de 427°C a 649°C, las partes de sujeción con pernos, normalmente espárragos sometidos a tracción en un orificio roscado con estrechamiento progresivo, fallan con frecuencia debido a una selección inapropiada del material del espárrago. Los espárragos blandos o recocidos se alargan y se aflojan. Ocurren otros problemas debido a que el espárrago es sometido a una dilatación diferencial que hace que la parte sujeta se afloje cuando el espárrago se dilata más rápidamente que la parte sujeta y, similarmente, el espárrago resulta tensado en exceso cuando dicha dilatación es más lenta que en la parte sujeta. En esta última circunstancia los espárragos convencionales se alargan permanentemente bajo la fuerza de sujeción debido a que la fuerza es demasiado grande.

20 A modo de un ejemplo detallado de tales problemas de sujeción con pernos, es el empernado de una envuelta hendida o dividida de una turbina de vapor. La envuelta, en la zona situada alrededor de la entrada de vapor, alcanza normalmente una temperatura de 538°C a 566°C. La envuelta de la turbina es usualmente pesada, con un espesor de pared que está comprendido entre 5,1 y 20,3 cm, formada mediante colada de acero al cromo molibdeno vanadio. Este acero fundido es relativamente fuerte a 538°C en comparación con otros materiales de colada de bajo costo. Relativamente fuerte significa que a 538°C se ablandará hasta menos de una resistencia a la fluencia, o a la deformación permanente bajo tracción, de 69 MPa, mientras que otras piezas coladas de bajo costo se ablandan hasta una resistencia a la fluencia de 13,8 – 34,5 MPa a 538°C. La mayoría de los materiales de colada comienzan a una resistencia a la deformación de 276 MPa a 414 MPa aproximadamente cuando están fríos. Las turbinas de vapor tienen que resistir no sólo elevadas temperaturas, sino también elevadas presiones. Las elevadas temperaturas, elevadas presiones y materiales relativamente blandos exigen que las piezas coladas estén hechas de paredes muy gruesas. Cuanto mayor es la turbina más gruesa es la pared.

25 Puesto que un alojamiento de turbina está dividido a lo largo de su eje, las dos mitades tienen que ser empernadas o atornilladas conjuntamente. En turbinas grandes los pernos o tornillos pueden ser tan grandes como de 15,2 cm de diámetro. En turbinas pequeñas los pernos pueden tener un diámetro de 5,1 cm. En muchos casos los pernos están hechos a partir de un material similar al material del alojamiento, lo que permite, a su vez, que tanto el perno como el alojamiento se dilaten a la misma velocidad a medida que se eleva la temperatura. Esta ha sido la práctica durante muchos años cuando la envuelta de acero al cromo molibdeno vanadio se atornillaba conjuntamente con pernos de acero al cromo molibdeno vanadio. Por diseño, la sección transversal combinada de los pernos de acero al cromo molibdeno vanadio es menor que la sección transversal del alojamiento colado. Después de un cierto tiempo, los pernos se aflojan hasta un punto en que ya no sujetan las dos piezas coladas lo suficiente para hacer que la turbina no pierda vapor. Los diseñadores de turbinas intentan estimar el tiempo en que los pernos se aflojan lo suficiente para causar fugas. Se consideró usualmente un periodo de cinco años el espacio de tiempo antes de que se produzcan fugas y corresponde a la revisión programada de la turbina. Sin embargo, el periodo de tiempo estimado no siempre era exacto. Actualmente, los operarios prefieren extender el tiempo entre revisiones y elevar también la temperatura de funcionamiento hasta en 10°C para mejorar la eficacia.

30 Para solucionar los anteriores problemas, los diseñadores y operadores de turbinas intentaron mejorar el rendimiento utilizando materiales sustitutos de sujeción con pernos. Algo del rendimiento mejorado fue obtenido por la adición de elementos traza tales como boro al acero básico al cromo molibdeno vanadio, pero las mejoras obtenidas no fueron suficientes. Muchos materiales sustitutos eran suficientemente fuertes para funcionar a las

5 elevadas temperaturas requeridas, pero el coeficiente de dilatación del material de sujeción con pernos no concordaba con el material de la pieza colada de acero. Muchos aceros inoxidables resistentes al calor se dilatan a una velocidad rápida que originaba una reducción y, en circunstancias extremas, una pérdida real de la fuerza de sujeción proporcionada por el proceso de apriete cuando se alcanza la temperatura de funcionamiento de la turbina. El siguiente ejemplo demuestra el problema encontrado debido a la dilatación diferencial a elevada temperatura entre el material de sujeción con pernos y la envuelta de la turbina:

Ejemplo:

	Coeficiente de dilatación térmica (alojamiento de la turbina)	$14,2 \times 10^{-6} \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C}$.
	Espesor de brida del alojamiento	25,4 cm
10	Temperatura de funcionamiento – temperatura ambiente	$538 - 21 = 517^\circ\text{C}$
	Dilatación de brida: mm	$14,2 \times 10^{-6} \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C} \times 0,254 \text{ m} \times 517^\circ\text{C} = 1,85$
	Coeficiente de dilatación (perno A286 a temp. elevada)	$17,6 \times 10^{-6} \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	Dilatación del perno	$17,6 \times 10^{-6} \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C} \times 0,254 \text{ m} \times 517^\circ\text{C} = 2,31 \text{ mm}$
15	Diferencia de dilatación	$2,31 \text{ mm} - 1,85 \text{ mm} = 0,46 \text{ mm}$

Este ejemplo demuestra que la dilatación del perno excede a la dilatación de la brida en 0,46 mm. El hecho de tensar el perno para crear una carga previa no resolverá el problema. La dilatación del perno debido a la carga previa, a la temperatura ambiente, produce un alargamiento de acuerdo con la Ley de Hook:

	longitud del perno	25,4 cm
20	tensión o esfuerzo del perno a tracción	310 MPa
	módulo de elasticidad	206843 MPa
	dilatación del perno	$\Delta l = 0,254 \text{ m} \times 310 \text{ MPa} / 206843 \text{ MPa} = 0,38 \text{ mm}$

25 El perno fue alargado 0,38 mm por la tensión que causa la carga previa, pero el perno fue dilatado 0,46 mm debido a la dilatación térmica desde 21°C a 538°C . De ese modo el perno está ahora flojo en 0,08 mm, lo que no es evidentemente una solución viable en funcionamiento.

30 Se ha visto que es inapropiado otro material de sujeción con pernos y que es un acero inoxidable martensítico de la serie 400. La adición de vanadio a la aleación básica crea una aleación con aproximadamente el doble de resistencia a temperaturas elevadas en comparación con el material de sujeción con pernos al cromo molibdeno vanadio. El acero inoxidable mejorado de la serie 400 tiene una designación AISI de 422 y es conocido en la industria como “acero al 12% de cromo”. Este acero al cromo utilizado como un material de sujeción con pernos en el Ejemplo 1, que tiene un coeficiente de dilatación térmica de $11,5 \times 10^{-6} \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C}$ da lugar a la dilatación del perno de $0,254 \text{ m}$ en $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C} \times 0,254 \text{ m} \times 517^\circ = 1,5 \text{ mm}$. La dilatación de las bridas del alojamiento es de 1,85 mm y por lo tanto el perno debe alargarse 0,355 mm en exceso de los 0,38 mm resultantes del proceso de apriete. El alargamiento total es ahora $0,38 \text{ mm} + 0,355 \text{ mm} = 0,74 \text{ mm}$. Utilizando la ley de Hook, la tensión en el perno sería ahora:

$$0,74 \times 10^{-3} \text{ m} \times 206843 \text{ MPa} / 0,254 \text{ m} = 602 \text{ MPa}$$

40 La tensión se incrementó en un factor de aproximadamente 2. En realidad, la ley de Hook no se aplica cuando se tensan los materiales por encima de sus límites elásticos. El material con 12% de cromo es mucho más blando a 538°C para mantener la tensión de 600 MPa. Bajo estas condiciones de funcionamiento, el material de sujeción con pernos al 12% puede mantener sólo aproximadamente 124 MPa de tensión durante largos periodos (10.000 horas o más). Cuando está sobre-tensado, el perno se alargará permanentemente y por lo tanto afloja la tensión que produce la carga previa. Se presenta otro problema cuando se enfría la junta del alojamiento. La pieza colada se contraerá más rápidamente que el perno (a causa por la diferencia de coeficientes de dilatación) y el perno se aflojará. Tendrá que ser nuevamente apretado antes de que pueda ser puesta de nuevo en marcha la turbina.

45 Durante el siguiente funcionamiento de la turbina, la elevada temperatura alargará de nuevo el perno. Pronto el perno se ha alargado hasta un grado tal que los hilos de rosca ya no se adaptan a los hilos de rosca de la tuerca y se hace necesaria la sustitución. Otro problema del acero al cromo del 12% es que el material se hace quebradizo y se agrieta durante el uso. Un fallo de más de un perno puede conducir a una consecuencia catastrófica de la turbina de vapor.

50 Una superaleación de níquel, tal como Inconel 718, tiene las propiedades deseadas para materiales de sujeción con pernos requeridas para operar a temperaturas de $538^\circ\text{C} - 566^\circ\text{C}$, pero es necesaria una solución completamente

nueva para que el diseño de junta empernada funcione con éxito en el entorno de elevada temperatura y elevada presión de la turbina de vapor en funcionamiento. Las superaleaciones de níquel no se ablandarán significativamente a elevadas temperaturas y estos materiales son aproximadamente 10 veces más fuertes a 538°C que el acero al cromo molibdeno vanadio y aproximadamente 5 veces más fuertes que el acero con el 12% de cromo. La superaleación tiene un coeficiente de dilatación térmica que se adapta estrechamente al coeficiente de dilatación térmica de la pieza colada de alojamiento de la turbina.

Debido a la resistencia del material, el diseño del sujetador debe enfrentarse a un conjunto totalmente nuevo de problemas. Un problema particular es el método de apriete del sujetador para proporcionar la fuerza de sujeción deseada a ambas temperaturas, ambiental y de funcionamiento. El apriete térmico no es fiable y son difíciles de obtener grandes cargas previas. Los espárragos en envueltas de turbina están muy poco separados y no pueden ser utilizados tensores hidráulicos debido a insuficiente espacio y, por la misma razón, no son apropiadas llaves hidráulicas. Otro serio problema cuando se utilizan superaleaciones es que los pernos extremadamente fuertes pueden deformar ahora la envuelta de turbina. Supóngase que una turbina es calentada a 538°C y que el perno fue apretado hasta 310 MPa. Debido al mismo coeficiente de dilatación del perno y del alojamiento, la fuerza de sujeción no cambia. El perno es fuerte, tiene una resistencia a la fluencia de 689 MPa incluso a 538°C, pero a 538°C ahora el alojamiento tiene una resistencia a la fluencia menor que 68,9 MPa. Si algo tiene que ceder o romperse, en este caso, es el alojamiento. El perno a 689 MPa puede deformar fácilmente el alojamiento a 68,9 MPa, causando serio daño.

Steinbock, R: "Mejorar la elasticidad en un sistema de sujeción con pernos", Diseño de Máquinas, Penton Inc., Cleveland, US, Vol. 67, No. 17, 28 de septiembre de 1995, páginas 150-152, da a conocer un aparato de sujeción con pernos que comprende un vástago de sujeción alargado; un conector en un extremo del vástago de sujetador alargado para unirse mecánicamente con una de las partes empernadas; un tensor conectado al extremo opuesto del vástago alargado del sujetador y una arandela endurecida para transferir la tensión desde el tensor a una de las partes empernadas.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de sujeción con pernos que mantenga una fuerza de sujeción predeterminada mientras está en uso a elevada temperatura en el intervalo de 427°C a 649°C y más particularmente a una temperatura típica de 538°C durante un dilatado periodo de tiempo sin daños para las partes empernadas.

Es un objeto más de la presente invención proporcionar un sujetador que tenga una junta roscada de alivio de tensión con el material de la parte empernada para transferir la tensión desde el sujetador al material de resistencia relativamente baja de la parte empernada sin daño para la conexión roscada en condiciones de funcionamiento de variaciones térmicas extremas.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un sistema de sujetador que se caracteriza por un gran soporte de apoyo de carga para una parte empernada transversal a la trayectoria de tensión en el sujetador para evitar el recalado del material de la parte empernada en condiciones de funcionamiento de variaciones térmicas extremas.

SUMARIO DE LA PRESENTE INVENCION

De acuerdo con a presente invención, se proporciona un aparato de sujeción con pernos para mantener una fuerza de sujeción entre partes empernadas mientras funciona a una temperatura de 427°C a 649°C, incluyendo el aparato la combinación de las características de la reivindicación 1.

De acuerdo con un aspecto más de la presente invención, se proporciona un método para mantener una fuerza de sujeción entre partes empernadas mientras funcionan a una temperatura de 427°C a 649°C, incluyendo el método los pasos de la reivindicación 23.

Realizaciones preferidas se exponen en las reivindicaciones subordinadas de la solicitud.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIUJOS

Estas características y ventajas se comprenderán mejor cuando se lean a la luz de los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es una vista isométrica fragmentaria de una envuelta de turbina que incorpora el sistema de sujeción con pernos de elevada temperatura de acuerdo con la presente invención;

La figura 2 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas II-II de la figura 1;

La figura 3 es una vista en sección similar a la figura 2 y que ilustra una realización adicional de la presente invención;

La figura 4 es una vista en sección similar a la figura 2 y que ilustra una realización más de la presente invención;

La figura 5 es una ilustración similar a la figura 2 de otra realización de la presente invención, particularmente útil para proporcionar sujetadores a envueltas de turbina existentes;

La figura 6 es una vista similar a la figura 5 y que ilustra una realización más de un sujetador para envueltas de turbina existentes;

5 La figura 7 es una vista similar a la figura 5 y que ilustra una realización adicional de un sujetador para envueltas de turbina existentes; y

La figura 8 es una vista similar a la figura 5 y que ilustra un sistema de pernos pasantes de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCION DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

10 Una parte de una turbina de vapor 10 está ilustrada en la figura 1 e incluye bridas de acoplamiento conjugadas 12 y 14, hechas normalmente de acero al cromo molibdeno vanadio. Cada brida es de un espesor importante, comprendido normalmente entre 5,1 cm y 30,5 cm o más, dependiendo del lugar en torno a la periferia de la turbina de vapor. Como se ha expuesto aquí anteriormente, el coeficiente de dilatación térmica produce una dilatación de la brida de 1,85. Se disponen sistemas de sujeción 16 lado a lado para empernar las bridas conjuntamente bajo una
15 fuerza de sujeción que es suficientemente grande para que la fuerza de sujeción requerida permanezca operativa a través de todo el intervalo de temperaturas desde la temperatura ambiente hasta una temperatura de funcionamiento de entre 427°C y 649°C.

De acuerdo con las diversas realizaciones de la presente invención, se selecciona un espárrago o perno roscado hecho de Inconel 718 u otra superaleación con un coeficiente de dilatación similar al del material del alojamiento, para sujetar las bridas de acoplamiento de acero al cromo molibdeno vanadio de la turbina de vapor 10. En la realización ilustrada en la figura 2, el sistema de sujeción 16 incluye un espárrago 18 que tiene un vástago de sujetador alargado 20 con partes roscadas 22 y 24 en extremos opuestos del vástago. El vástago tiene un escalonamiento, identificado por el número de referencia 23, para proporcionar un diámetro reducido a lo largo de la longitud del mismo en comparación con el diámetro de paso de los hilos de rosca de la parte roscada 24. La configuración escalonada permite un área grande de cizalladura donde el espárrago se aplica de manera roscada con los hilos de rosca internos 26 de la brida 14. Debido a que el material de la brida es relativamente blando, el área de cizalladura grande impide el desprendimiento de los hilos de rosca. El acoplamiento conjugado entre las roscas 24 y 26 forma un conector en un extremo del vástago del sujetador y, en el extremo opuesto del vástago del sujetador, una brida 28 de generación de tensión está en acoplamiento conjugado con los hilos de rosca 22 del vástago del sujetador.

El diámetro reducido del vástago 20 del sujetador proporciona una huella o área de presión mayor para acoplamiento de asiento con una arandela endurecida 30, en comparación con la huella de la arandela original del espárrago, de mayor diámetro. La huella agrandada es necesaria para distribuir la fuerza de sujeción a un área de soporte mayor de la brida 12. La huella grande se consigue haciendo posible un diámetro interior menor y un diámetro exterior mayor de la arandela 30. El diámetro exterior de arandelas para sistemas de sujeción con pernos de elevada temperatura ha de ser tan grande como lo permita el espacio. Una ganancia de 1,6 mm o más puede reducir esencialmente las tensiones bajo la arandela. Otro beneficio proporcionado por el diámetro reducido del vástago del sujetador es que, a la misma fuerza de apriete, se produce una tensión mayor en el espárrago 18, proporcionando con ello más alargamiento y más elasticidad. La elasticidad incrementada proporciona más resiliencia para resistir elásticamente las tensiones generadas térmicamente. El acero al cromo molibdeno vanadio tiene un coeficiente de dilatación térmica de $14,4 \times 10^{-6} \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C}$ que es suficientemente similar al coeficiente de dilatación térmica de $14,4 \times 10^{-6} \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C}$ para el Inconel 718 que forma el vástago 20 del sujetador para proporcionar las características y ventajas de la presente invención. Como resultará ahora evidente para un experto en la técnica, el material de acero colado de las bridas 12 y 14 tiene una resistencia a la fluencia, a una temperatura de funcionamiento de 538°C, de 68,9 MPa y está protegido contra la deformación elástica, dado que el material del vástago de empernado tiene una resistencia a la fluencia comparable, Inconel 718, de al menos 689 MPa a 538°C. Como se puede ver, la relación de resistencia a la es 10:1, aunque la relación puede estar comprendida entre 4:1 y mayor que 10:1, particularmente con el desarrollo de aleaciones de finalidad especial. De ese modo, la aleación Inconel 718 puede resistir una tensión mecánica de al menos 745 MPa a 538°C y puede resistir fácilmente las mayores tensiones sin riesgo de deformación plástica.

Debido a la tensión extrema representada por la fuerza de sujeción, es difícil aflojar la tensión generada en la brida después del calentamiento cuando se han evaporado todos los lubricantes. Para reducir el par de aflojamiento se prefiere aliviar al menos algo de la tensión por un alargamiento inducido térmicamente, producido introduciendo un calentador de cartucho de bajo coste en el cuerpo interno del vástago a través de un orificio 32 perforado en el centro del espárrago. El elemento de calentamiento será necesario sólo en casos graves para facilitar el aflojamiento de una brida de generación de tensión apretada. La lubricación a tiempo de los hilos de rosca en la brida de generación de tensión y el rápido calentamiento del espárrago 18 a través del orificio central 32 disminuirán el par de aflojamiento de rotura requerido.

La brida 28 de generación de tensión es preferiblemente en forma de un tensor de múltiples pernos de gato que forma una parte importante de la realización preferida del sistema de sujeción con pernos de elevada temperatura de la presente invención. La brida de generación de tensión es del tipo general descrito en la Patente de Estados Unidos No. RE. 33.490. Como se muestra en las figuras 1 y 2, una pluralidad de pernos de gato se acoplan a rosca en orificios roscados en lugares separados en torno a la periferia exterior del cuerpo 36 del tensor. Preferiblemente, como se muestra, el cuerpo 36 del tensor adopta la forma de un anillo circular. Esta forma de un cuerpo de tensor proporciona resistencia incrementada sin aumentar el diámetro exterior con respecto al diámetro exterior de una tuerca estándar de forma hexagonal. Un concepto importante de la presente invención es aumentar el área de apoyo de carga mediante la cual la arandela 30 transmite una fuerza de compresión a la brida 12. La presente invención se beneficia de la propiedad del material de colada utilizado en turbinas y aplicaciones similares de elevada temperatura, que es el 40% más fuerte en compresión que en tracción. El vástago alargado del sujetador, compuesto de superaleación a base de níquel, está construido con un diámetro reducido en comparación con un diámetro de vástago convencional para permitir más alargamiento del vástago bajo las condiciones de carga variables impuestas por la dilatación térmica. Con sujetadores de superaleación el vástago funciona siempre dentro de los límites elásticos del material y mantiene la presión de sujeción deseada. Reduciendo el diámetro del vástago, la parte roscada 22 es correspondientemente reducida para que el diámetro interior de la arandela 30 sea reducido, aumentando así el área de la cara de soporte o apoyo de carga de la arandela en contacto con la brida 12. Esta relación permite los mismos megapascals de carga mediante la arandela 30, pero puede ser transferida una carga mucho mayor debido al área incrementada de la cara de soporte de carga de la arandela.

El siguiente ejemplo demuestra este beneficio de la presente invención. Un vástago de perno de 5,1 cm de diámetro nominal es utilizado con una arandela que tiene un diámetro interior de 5,1 cm y un diámetro exterior de 7,6 cm, definiendo con ello un área de cara de apoyo o soporte de carga de 26,2 cm². El sujetador de la presente invención puede estar provisto de un vástago que tenga un diámetro de 3,8 cm, con lo que el diámetro interior de la arandela puede ser nominalmente de 3,8 cm y el diámetro exterior de 7,6 cm. Esto proporciona un área de apoyo de carga de 34,2 cm². Para transferir las cargas desde el perno de gato sin recalcar el material de la arandela, la arandela está hecha de una superaleación, tal como Inconel 718, A 286 u otras superaleaciones basadas en níquel, a elevada temperatura. Debido al espesor relativamente pequeño de la arandela, el coeficiente de dilatación térmica del material de la arandela no afecta materialmente al sistema de sujeción con pernos. El cuerpo del tensor es suficientemente reforzado para resistir la presión de sujeción incrementada debido a que la parte extrema roscada 22 del tensor tiene un diámetro menor, lo que permite un cuerpo de tensor 36 más largo y más fuerte con orificios en estrechamiento progresivo de diámetro mayor para los pernos de gato 34. Un material apropiado para el cuerpo de tuerca es acero inoxidable 316 (ASTM A194-8M) para proporcionar resistencia suficiente a las altas temperaturas de funcionamiento. Los pernos de gato están hechos de superaleaciones, siendo el Inconel 718 un material preferido para pernos de gato, debido que puede ser utilizado con el cuerpo de tuerca hecho a partir de acero inoxidable 316 para evitar el agarrotamiento y la abrasión de los pernos de gato en el cuerpo 36 del tensor bajo carga. El coeficiente de dilatación térmica relativamente alto del cuerpo 36 del tensor, comparado con el coeficiente de dilatación del vástago 20 del sujetador, es de pequeña consecuencia, ya que el cuerpo de tuerca es de longitud relativamente pequeña y se dilatará sólo en un grado relativamente pequeño. La parte roscada 24 está formada con un diámetro mayor en comparación con el diámetro del vástago 20 del sujetador y de la parte roscada 22 para proporcionar un aumento necesario al área de transferencia de carga formada por la conexión roscada con los hilos de rosca internos de la brida 14. En el ejemplo explicado previamente, que implica el uso de un sujetador de Inconel de diámetro nominal de 3,8 cm, el material del vástago tendrá un factor de resistencia de entre 8 y 10 veces mayor que la resistencia del material de la brida 14.

Para demostrar la ventaja de utilizar la resistencia 40% mayor de la mayoría de los metales en compresión comparada con la tracción, el área de apoyo de carga de una arandela estándar a temperatura elevada, de 7,6 cm de diámetro exterior y 5,1 cm de diámetro interior para un perno de 5,1 cm, es de 21,9 cm². El área de un perno estándar a temperatura elevada (diámetro menor 4,67 cm) es de 17,1 cm². La relación del área de la arandela al área del perno es 1,48. Esta relación permanece constante para todas las combinaciones estándar de arandela y perno a temperatura elevada. De acuerdo con la presente invención, el área de apoyo de carga de una arandela de 7,6 cm de diámetro exterior y 3,8 de diámetro interior es 34,2 cm². El área del perno de superaleación (diámetro menor 3,40 cm) es de 9,0 cm². En el sistema de sujeción con pernos de la presente invención, la relación del área de la arandela al área del perno es 3,79. Esta relación no cambiará significativamente para todas las nuevas combinaciones de arandela y perno de alta temperatura de acuerdo con la presente invención. El uso de superaleación basada en níquel para el material de sujeción con pernos hace posible el tremendo aumento de la relación que, como se puede ver, proporciona el gran beneficio de un aumento del área para la transferencia de carga en compresión y por ello mantiene la carga por centímetro cuadrado por medio de la arandela dentro de límites elásticos del metal en compresión. En el sistema de sujeción con pernos estándar a elevada temperatura, la menor área del perno en tracción fue el factor de limitación en cuanto a la resistencia del sistema de sujeción con pernos. En el nuevo sistema de sujeción con pernos de temperatura elevada, el área bajo la arandela, que es mayor que el área menor del perno en tracción, se convierte en el factor de limitación. El nuevo factor de limitación es aumentado no sólo debido al aumento significativo del área de la arandela, sino también debido a que la transferencia de carga de compresión tiene la ventaja de una capacidad el 40% mayor que la transferencia de carga en tracción. En el ejemplo de un perno de 5,1 cm a elevada temperatura, un área menor del perno de 17,1 cm² con una resistencia a la fluencia de 48,3 MPa y el beneficio de un factor de compresión de 1,4 da lugar a una capacidad de apoyo de carga: $34,2 \cdot 10^{-4} \times 48,3$

$\cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \times 1,4 = 231000\text{N}$. El significativo aumento es conseguido mediante el sistema de sujeción con pernos mejorado de la presente invención.

5 Muchas turbinas de vapor tienen dos envueltas, una envuelta interior y una envuelta exterior. La envuelta interior y el empernado para la envuelta interior son expuestas al vapor activo. Como se muestra en la figura 3, para proteger los extremos expuestos de recepción de par de los pernos de gato 34, una tapa 38 de metal pesado está unida al espárrago 18 cuando el espárrago es un miembro discreto o cuando el espárrago es enterizo con el cuerpo 36 del tensor. La tapa 38 tiene una abertura central para permitir que la parte roscada de un perno 40 pase a través de la tapa y dentro de un orificio roscado en la parte extrema del vástago del sujetador. En la tapa están formadas cavidades discretas 42 para alojar de manera protectora las partes extremas expuestas de cada uno de los pernos de gato 34. Una cavidad anular de la tapa 38 puede ser utilizada en lugar de las cavidades discretas para proteger los pernos de gato. De este modo los tensores de pernos de gato múltiples están protegidos de contacto con el vapor activo. Unir la tapa a un espárrago es relativamente fácil en espárragos de superaleación cuando el espárrago está perforado para formar el orificio 32 del calentador. Sólo es necesario roscar la parte superior del orificio del calentador para recibir los hilos de rosca de un perno 40. Una arandela de fijación 44 es proporcionada preferiblemente para asegurar el perno contra liberación no deseada desde el orificio roscado. En la realización de la figura 3, las partes restantes y la relación entre las partes son las mismas que las descritas en relación con la figura 2.

20 La elevada resistencia del cuerpo de tuerca 36 es ventajosamente utilizada convirtiendo la parte roscada 24 de diámetro grande en una longitud prolongada con un diámetro nominal que pueda ser esencialmente el mismo que el diámetro del vástago 20. Como se muestra en la figura 4, la parte roscada 22A está construida con una cavidad interna definida por una pared cónica truncada 46 que sirve como un elemento elástico para distribuir uniformemente fuerzas de rosca a lo largo de la longitud de la parte roscada 22A a las temperaturas extremas de funcionamiento. Una rosca en estrechamiento progresivo en la longitud de la parte roscada 22A crea un paso diferencial de rosca en los hilos de rosca 48. El efecto producido por el paso de rosca diferencial desplaza concentraciones de tensión en las roscas 48 hacia la parte extrema terminal 50 hacia el cuerpo del tensor desde un lado 52 que está próximo al origen del vástago 20 del sujetador. La creación del paso de rosca diferencial distribuye la carga impuesta por la brida 28 de generación de tensión más uniformemente a lo largo de la longitud prolongada de las roscas 48 y evita con ello el exceso de tensión de los hilos de rosca dentro de un área pequeña.

30 Otra realización de la presente invención está ilustrada en la figura 5 y proporciona un manguito roscado 54 que, debido a su gran diámetro exterior, es utilizado para distribuir las fuerzas generadas por la brida de generación de tensión de manera segura a la brida 14 sin el peligro de dañar las conexiones roscadas. El manguito 54 está formado preferiblemente del mismo material que el cuerpo de tuerca, a saber, acero inoxidable, y con ello actúa al unísono con el cuerpo de tuerca para mantener la fuerza de sujeción generada por el sujetador sobre las bridas de acoplamiento conjugado 12 y 14. Como se puede ver en la figura 5, el diámetro de la parte roscada 22B que se extiende desde el vástago 20 del sujetador es aproximadamente el mismo que en el ejemplo dado anteriormente, pudiendo ser el diámetro nominal de las hilos de rosca de 3,8 cm. Los hilos de rosca externos 54A en el manguito 54 terminan en una zona de alivio en la que está dispuesto un escalón 56 para hacer tope contra un asiento contra taladrado 14A en la brida 14.

40 La presente invención permite también la retro-adaptación de sistemas de sujeción con pernos para la envuelta de turbinas de vapor existentes. La retro-adaptación ha presentado el reto de problemas técnicos debido a las variaciones extremas de temperatura y a las limitaciones dimensionales existentes, impuestas por el diseño existente de las bridas de la envuelta. La brida de la envuelta superior tiene usualmente un orificio de diámetro relativamente grande para permitir el libre paso de un espárrago aplicado a rosca en el orificio roscado de la brida de la envuelta inferior. De acuerdo con la presente invención, el espárrago de diámetro grande es sustituido por un espárrago de superaleación de diámetro mucho menor y, como se muestra en las figuras 6 y 7, está formado un espacio de separación anular relativamente grande entre el diámetro exterior del vástago 20A del sujetador y la superficie anular 60 que define la abertura de la brida 12. Debido a esta relación entre el diámetro del vástago del sujetador y el diámetro del orificio en el que se aloja el vástago, se define un área relativamente pequeña mediante una superficie mecanizada 62 en la cara expuesta de la brida para soportar la carga transferida por la brida 28 de generación de tensión. Si se utiliza una arandela plana para transferir las tensiones generadas por los pernos de gato, es grande el peligro de deformación del metal del alojamiento, bastante blando, y probablemente ocurrirá. Para hacer posible la transferencia de las fuerzas necesarias generadas por la tensión por el sujetador, un anillo de soporte 64 con brida está interpuesto entre la brida 28 de generación de tensión y la superficie 62. El anillo 64 tiene la forma de una parte anular circular 66 con una brida anular exterior 68 sobresaliendo de la parte anular circular. Como se muestra, la brida anular 68 se extiende entre la brida 12 y el cuerpo de tuerca 36 y sirve para transferir la carga desde los pernos de gato a la brida 12. La brida anular 68 está construida para ajustar apretadamente a lo largo de la longitud de la abertura anular 60 adyacente a la superficie 62 de la máquina. La brida suministra el soporte de respaldo necesario para el metal de la brida 12.

60 El soporte de respaldo proporcionado por esta disposición de partes sirve para evitar que la pared anular 60 del alojamiento se colapse bajo la tensión. El metal bajo la brida anular 68 está confinado de la misma manera que un fluido hidráulico está confinado en un conjunto de pistón y cilindro. El metal confinado de la brida proporciona con ello una mayor capacidad de apoyo de carga que podría ser sostenida si el metal no estuviera confinado. El

5
10
separador con brida es hecho preferiblemente de una superaleación, tal como Inconel 718, para evitar la posible destrucción del separador bajo las fuerzas impuestas transversales a la longitud prolongada del vástago del sujetador y la fuerza de sujeción generada por la brida 28 de generación de tensión. Se observará que la disposición de sujeción con pernos de las figuras 6 y 7 proporciona el diámetro reducido para la parte de vástago 20A hecha de metal de superaleación, como se ha explicado anteriormente, para proporcionar un aumento del área a lo largo de la superficie superior de la brida 64 que recibe la carga desde los pernos de gato. En ambas figuras 6 y 7, la realización de la presente invención proporciona el uso del manguito roscado 54 para hacer posible la distribución segura de la fuerza de sujeción desde la brida 28 de generación de tensión a las bridas 14. Las realizaciones de las figuras 6 y 7 difieren en que en la figura 6 la brida 28 de generación de tensión es discreta desde el vástago 20A del sujetador. En la figura 7, la brida de generación de tensión está identificada por el número de referencia 70 y es una parte enteriza del vástago 20A del sujetador.

15
20
25
30
Un espárrago y una tuerca, como se ha explicado anteriormente, pueden ser sustituidos por un sistema de sujeción con pernos pasante de número de referencia 72. Como se muestra en la figura 8, los lados expuestos de las bridas 12 y 14 del alojamiento reciben la misma carga de compresión por las bridas 28 de generación de tensión acopladas a rosca con la parte extrema roscada 22B del espárrago 18B y una tuerca roscada 74 acoplada a rosca con la parte extrema roscada 24B. Para crear la huella más grande posible para la tuerca 72 en oposición, está dispuesto un anillo de soporte 64 con brida entre cada una de las bridas 12 y 14 y la brida 28 y la tuerca 74, para evitar respectivamente el aplastamiento del metal relativamente blando utilizado para formar las bridas del alojamiento. Es apropiado utilizar un diseño de tuerca flexible de acuerdo con lo dado a conocer por la Patente de Estados Unidos No. 4.846.614, para transferir las fuerzas generadas a una brida, generadas por el cuerpo 36 del tensor, a la otra brida. Esencialmente, la tuerca roscada 74 está construida con una parte inferior agrandada 76 donde se pone en contacto con el anillo de soporte 64 con brida y una parte extrema de tuerca 78 con un diámetro reducido en comparación con el diámetro de la parte 76. La parte extrema 78 de la tuerca, debido a su diámetro reducido, puede flexionar hacia los hilos de rosca internos de la tuerca. La cara de apoyo de carga de la parte inferior 76 está provista de un área de alivio adyacente a los hilos de rosca internos, por lo que las partes 78 flexionan hacia fuera bajo carga. La flexión hacia dentro de la parte 76 y la flexión hacia fuera de la parte 78 crean mecánicamente un paso de rosca diferencial a través de la tuerca que origina un aumento del contacto de apoyo de carga en la conexión roscada con la tuerca. Los anillos de soporte 64 con pestaña funcionan de la misma manera que se ha descrito anteriormente. El sistema 72 de pernos pasantes es también útil para bridas de sujeción de una turbina de vapor que tenga aberturas de orificio de pernos de diámetro reducido para adaptarse estrechamente sólo con una holgura pequeña para permitir la instalación de pernos de espárrago. En esta circunstancia, arandelas planas 30 sustituirán la brida de anillo de soporte 64 para permitir la distribución de la fuerza de compresión sobre un área suficientemente grande y permitir el funcionamiento a elevada temperatura dentro del límite elástico del metal de las bridas 12 y 14.

35
40
Aunque la presente invención ha sido descrita en relación con las realizaciones preferidas de las diversas figuras, se ha de entender que se pueden utilizar otras realizaciones similares o se pueden hacer modificaciones y adiciones a la realización descrita para realizar la misma función de la presente invención sin desviarse de a misma. Por lo tanto, la presente invención no se ha de limitar a cualquier realización única, sino que, por el contrario, se ha de considerar en amplitud y alcance de acuerdo con lo expuesto en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (16) de sujeción con pernos para mantener una fuerza de sujeción entre partes empernadas (12, 14) mientras funcionan a una temperatura de 427°C a 649°C, incluyendo dicho aparato la combinación de:
 - 5 un vástago alargado (20, 20A, 18B) de sujetador que tiene un coeficiente de dilatación térmica similar al coeficiente de dilatación térmica de dichas partes empernadas (12, 14) para reducir al mínimo los cambios dimensionales diferenciales debidos a variaciones de temperatura, teniendo dicho vástago alargado (20, 20A, 18B) un límite elástico de al menos 745 MPa a 538°C para mantener la fuerza de sujeción entre tales partes empernadas (12, 14) a través de un intervalo de temperaturas comprendido entre la temperatura ambiente y una temperatura de funcionamiento de entre 427°C y 649°C, teniendo el citado vástago (20, 20A, 18B) del sujetador una resistencia a la fluencia al menos cuatro veces mayor que la resistencia a la fluencia de dichas partes empernadas (12, 14) a dicha temperatura de funcionamiento;
 - un conector (24, 22A, 22B, 22) en un extremo del citado vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador para unirse mecánicamente con una de dichas partes empernadas;
 - 15 una brida (28, 70) de generación de tensión conectada a una parte extrema de dicho vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador que es opuesta al extremo que tiene dicho conector (24, 22A, 22B, 22) para tensar el citado vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador; y
 - un miembro (30, 64) de transferencia de carga que tiene un área de transferencia de carga para transferir dicha tensión desde la brida (28) de generación de tensión a una de las citadas partes empernadas (12, 14), en el que dicho vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador tiene un diámetro reducido a lo largo de la longitud del mismo que forman un área de cizalladura para permitir el alargamiento del vástago (20, 20A, 18B) bajo condiciones de carga variables impuestas por dilatación térmica en todo un intervalo de temperaturas comprendido entre la temperatura ambiente y una temperatura de funcionamiento de entre 427°C y 649°C de tal manera que la relación de la citada área de transferencia de carga al área en sección transversal de dicho vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador en su extremo de diámetro reducido es de aproximadamente 3,79.
2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conector (24, 22A, 22B, 22) incluye una parte extrema roscada en el citado vástago (20, 20A, 18B) acoplada de manera roscada a una de las citadas partes empernadas (12, 14), y en el que la citada área de cizalladura de dicho vástago es para evitar el desprendimiento de los hilos de rosca de la citada parte extrema roscada.
3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conector (24, 22A, 22B, 22) incluye un manguito roscado (54) de diámetro grande, resistente al calor, que interconecta de manera roscada dicho vástago alargado roscado (20, 20A, 18B) y una de las citadas partes empernadas (12, 14) para impedir el desprendimiento de los hilos de rosca de la citada parte empernada.
- 35 4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho manguito roscado (54) resistente al calor define un coeficiente de dilatación térmica mayor que el coeficiente de dilatación térmica tanto de dicho vástago de sujetador como de las citadas partes empernadas para proporcionar un paso de rosca diferencial a la conexión roscada entre dicho manguito roscado resistente al calor y dicho vástago de sujetador alargado a la citada temperatura de funcionamiento, por lo que las concentraciones de tensión se desplazan a lo largo de dicho manguito roscado resistente al calor desde un lugar próximo a una línea de separación entre tales partes empernadas hasta un lugar más distante de ellas que contiene un extremo terminal del citado manguito roscado resistente al calor.
- 40 5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho manguito roscado (54) resistente al calor define un diámetro interno de paso de rosca que corresponde esencialmente al diámetro de dicho vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador.
- 45 6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye además una pluralidad de pernos de gato (34) en orificios roscados en lugares separados en torno a la periferia exterior de la citada brida (28, 70) de generación de tensión, recibiendo par de torsión dichos pernos de gato separadamente para tensar dicho vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador entre dicho conector (24, 22A, 22B, 22) y la citada brida (28, 70) de generación de tensión a través de la aplicación de par de torsión a los citados pernos de gato (34).
- 50 7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, que incluye además una tapa (38) que tiene al menos una cavidad (42) para recibir partes de la citada pluralidad de pernos de gato (34) que sobresalen de dicha brida (28, 70) de sujetador alargada, y un sujetador (40) para asegurar la citada tapa (38) a la citada brida de sujetador alargada (28, 70).
- 55

8. El aparato de la reivindicación 6, en el que dicho miembro de transferencia de carga (30, 64) incluye una arandela endurecida (30) en una relación de transmisión de fuerza entre una de tales partes empernadas y partes extremas de la citada pluralidad de pernos de gato (34) que sobresalen de la citada brida (28, 70) de generación de tensión.
- 5 9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la citada brida (28, 70) de generación de tensión incluye un anillo circular que tiene una abertura central roscada para acoplamiento roscado con hilos de rosca en una parte extrema del citado vástago de sujetador alargado.
- 10 10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicho miembro de transferencia de carga (30, 64) incluye un separador que tiene una parte de anillo circular (66) con una brida anular (68) que sobresale desde una cara lateral de la parte de anillo circular (66), extendiéndose la brida anular (68) entre una abertura en una de las citadas partes empernadas (12, 14) y próxima a dicho vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador para soportar la pared de abertura en la parte empernada mientras la parte de anillo circular (66) está en relación de transmisión de fuerza entre la parte empernada que tiene la abertura y partes extremas de la citada pluralidad de pernos de gato (34) que sobresalen de la citada brida (28, 70) de generación de tensión.
- 15 11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 10, en el que dicho vástago alargado (20A, 18B) del sujetador incluye una cara anular de apoyo de carga en contacto de transmisión de carga con una abertura anular en la citada parte de anillo circular (66) para evitar la deformación de la citada pared de abertura (60) en la parte empernada.
- 20 12. El aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicha cara anular de apoyo de carga está definida por un diámetro mayor que el diámetro de una parte restante del citado sujetador o vástago alargado que se extiende hasta la segunda de las citadas partes empernadas.
- 25 13. El aparato de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la citada brida de generación de tensión incluye un anillo circular que tiene una abertura central roscada para acoplamiento roscado con hilos de rosca de una parte extrema del citado vástago alargado (20A, 18B) del sujetador.
- 30 14. El aparato de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicha brida (70) de generación de tensión es enteriza con el citado vástago alargado (20A) del sujetador.
- 35 15. El aparato de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicho anillo circular tiene un coeficiente de dilatación térmica mayor que el coeficiente de dilatación del citado vástago (20, 20A, 18B) del sujetador y las citadas partes empernadas (12, 14) para proporcionar un paso de rosca diferencial a la conexión roscada (48) entre dicho anillo circular y el citado vástago del sujetador a la citada temperatura de funcionamiento, por lo que las concentraciones de tensiones se desplazan a lo largo del citado anillo circular desde un lugar próximo a tales partes empernadas hasta un lugar más distante de ellas.
- 40 16. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conector (20) incluye una interconexión roscada entre dicho vástago alargado roscado y una de tales partes empernadas, y en el que dicho conector incluye además una rosca (48) en estrechamiento progresivo que tiene un diámetro máximo en la parte extrema terminal del citado conector (20) para proporcionar un paso de rosca diferencial a la conexión roscada entre dicho vástago alargado (20) del sujetador y la citada una de tales partes empernadas a la citada temperatura de funcionamiento, por lo que las concentraciones de tensiones se desplazan a lo largo de dicho conector desde un lugar próximo a dichas partes empernadas hasta un lugar de dicho diámetro máximo de la pared de rosca en estrechamiento, distante de ellas.
- 45 17. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conector (20) incluye una interconexión roscada entre dicho vástago roscado alargado y una de tales partes empernadas, y en el que dicho conector (20) incluye además una pared en forma de cono truncado (46) que forma una cavidad hueca que tiene diámetro máximo en la parte extrema terminal del citado conector para incrementar la elasticidad de la conexión roscada entre dicho vástago de sujetador alargado y la citada una de las partes empernadas a la citada temperatura de funcionamiento, por lo que las concentraciones de tensiones se desplazan a lo largo de dicho conector desde un lugar próximo a dichas partes empernadas hasta un lugar de dicho diámetro máximo de la citada pared en forma de cono truncado más distante de ellas.
- 50 18. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho miembro de transferencia de carga (30, 64) incluye un separador que tiene una parte de anillo circular (66) con una brida anular (68) que sobresale de una cara lateral de la parte de anillo circular (66), extendiéndose la brida anular (68) entre una abertura en una de las citadas partes empernadas y dicho vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador para soportar la pared de abertura en la parte empernada mientras la parte de anillo circular está en relación de transmisión de fuerza entre la parte empernada que tiene la abertura y la citada brida (28, 70) de generación de tensión.
- 55

- 5 19. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye además paredes (32) de cavidad que se extienden a lo largo de la longitud interna del citado vástago alargado (10, 20A, 18B) del sujetador, apropiada para recibir un elemento de calentador para comunicar alargamiento térmico al citado vástago alargado (20, 20A, 18B) del sujetador y aliviar la tensión entre dicho conector (24, 22A, 22B, 22) y la citada brida (28, 70) de generación de tensión.
- 10 20. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conector (22B) incluye un miembro de tuerca (74) acoplado de manera roscada con dicho vástago alargado (18B) del sujetador.
- 15 21. El aparato de acuerdo con la reivindicación 20, en el que dicho miembro de tuerca (74) incluye una parte inferior ampliada (76) para contacto con el citado miembro (64) de transferencia de carga y una parte extrema de tuerca (78) de diámetro reducido en comparación con el diámetro de la citada parte inferior ampliada (76).
22. El aparato de acuerdo con la reivindicación 20, que incluye además un segundo separador (64) que tiene una parte de anillo circular (68) con una brida anular (66) que sobresale de una cara lateral de la parte de anillo circular (68), extendiéndose la brida anular (66) entre una abertura de una segunda de las citadas partes empernadas y dicho vástago alargado (18B) del sujetador para soportar la pared de abertura en la parte empernada mientras la parte de anillo circular está en una relación de transmisión de fuerza entre la parte empernada que tiene la abertura y el citado miembro de tuerca (28).
- 20 23. Un método para mantener una fuerza de sujeción entre partes empernadas (12, 14) mientras funcionan a una temperatura de 427°C a 649°C, incluyendo dicho método los pasos de:
- 25 - seleccionar un aparato (16) de emperrar que comprende un vástago alargado (20, 20A, 18B) que tiene:
 - un coeficiente de dilatación térmica similar al coeficiente de dilatación térmica de dichas partes empernadas (12, 14) para reducir al mínimo los cambios dimensionales diferenciales debidos a variaciones de temperatura;
 - 30 - un límite elástico de al menos 745 MPa a 538°C para mantener una fuerza de sujeción entre dichas partes empernadas (12, 14) en todo un intervalo de temperaturas comprendido entre la temperatura ambiente y una temperatura de funcionamiento de entre 427°C y 649°C;
 - una resistencia a la fluencia al menos 4 veces mayor que la resistencia a la fluencia de dichas partes empernadas a la citada temperatura de funcionamiento, y
 - 35 - un diámetro reducido a lo largo de la longitud del mismo que forma un área de cizalladura, comprendiendo además del aparato de emperrar (16) un conector (24, 22A, 22B, 22) en un extremo del vástago (20, 20A, 18B) para unirse mecánicamente con una de las citadas partes empernadas; una brida (28, 70) de generación de tensión conectada a una parte extrema del vástago (20, 20A, 18B) que está opuesta al extremo que tiene dicho conector (24, 22A, 22B, 22) para tensar el citado vástago (20, 20A, 18B), y un miembro de transferencia de carga (30, 64) que tiene un área de apoyo de carga para transferir dicha tensión desde la citada brida (28, 70) de generación de tensión hasta una de las citadas partes empernadas (12, 14),
 - 40 en el que el aparato de emperrar (16) proporciona una relación de la citada área de transferencia de carga al área de sección transversal del vástago (20, 20A, 18B), en su extremo de diámetro reducido, de aproximadamente 3,79, para evitar el desprendimiento de hilos de rosca durante el servicio a elevada temperatura;
 - instalar el aparato de emperrar seleccionado (16) para unir mecánicamente dichas partes empernadas (12, 14); y
 - 45 - hacer funcionar la brida (28, 70) de generación de tensión esencialmente a una temperatura ambiente para tensar el vástago (20, 20A, 18B) eficazmente dentro de límites elásticos del mismo para mantener dicha fuerza de sujeción a la temperatura de funcionamiento de entre 427°C y 649°C.
- 50 24. El método de acuerdo con la reivindicación 23, que incluye el paso adicional de proporcionar un sujetador que tiene una rosca ligeramente en estrechamiento (48) con un diámetro máximo de la misma en una parte extrema terminal del sujetador para crear un paso de rosca diferencial entre el citado sujetador alargado y dicha una de tales partes empernadas, con lo que las concentraciones de tensiones se desplazan a lo largo del citado conector desde un lugar próximo a la parte de vástago (20) del sujetador hasta el lugar de dicho diámetro máximo de la rosca en estrechamiento del sujetador, proporcionando además dicho sujetador una cavidad hueca que tiene una forma de pared cónica truncada (46) con el diámetro máximo de

la misma en la pare extrema terminal del sujetador para proporcionar elasticidad para contribuir más uniformemente al contacto tensado entre roscas macho y hembra.

- 5
25. El método de acuerdo con la reivindicación 23, que incluye además el paso de calentar una cavidad interna (32) que se extiende a través del citado generador de tensión y a lo largo de al menos una parte de la citada parte de vástago para aliviar la citada fuerza de sujeción para retirar la brida (28, 70) de generación de tensión de dichas partes empernadas (12, 14).
- 10
26. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 23 a 25, en el que el citado paso de hacer funcionar el generador de tensión incluye aplicar par de torsión de pernos de gato (34) en acoplamiento roscado con el citado generador de tensión (28, 70) en lugares separados en torno a una parte de periferia exterior del generador de tensión.
- 15
27. El método de acuerdo con las reivindicaciones 23 ó 25, en el que el generador de tensión seleccionado (28, 70) es un anillo circular con una abertura central roscada acoplable con hilos de rosca de una parte extrema (24) de la citada parte de vástago (20, 20A, 18B) y pernos de gato (34) en acoplamiento roscado con el citado anillo circular.
- 20
28. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 23 a 25, en el que el paso de seleccionar incluye proporcionar un manguito roscado (54) resistente al calor con un coeficiente de dilatación mayor que el coeficiente de dilatación térmica de la citada parte de vástago (20, 20A, 18B), incluyendo el citado paso de instalar utilizar dicho manguito roscado (54) resistente al calor para interconectar dicho conector (24, 22A, 22B, 22) con una de las citadas partes empernadas (12, 14).
29. El método de acuerdo con una cualquiera d las reivindicaciones 23 a 25, que incluye además el paso de instalar un soporte anular (64) entre una abertura de una de las pares empernadas (12, 14) y la citada parte de vástago (20, 20A, 18B) para soportar una pared anular de la abertura contra la deformación.

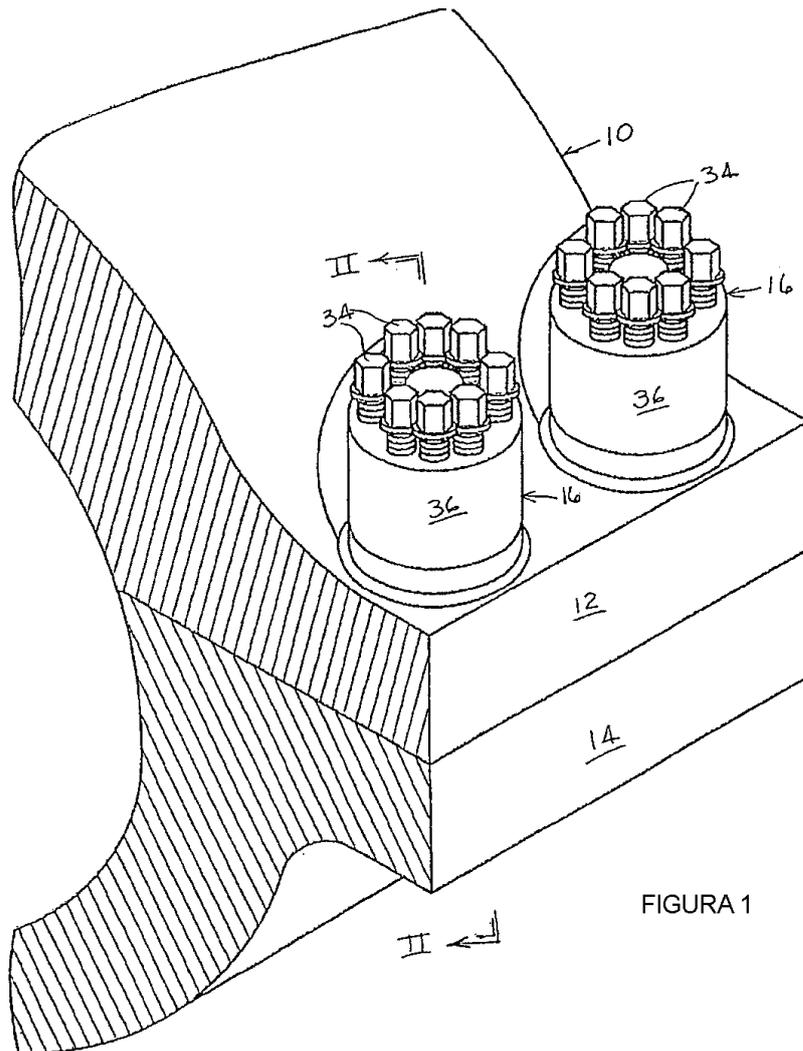


FIGURA 1

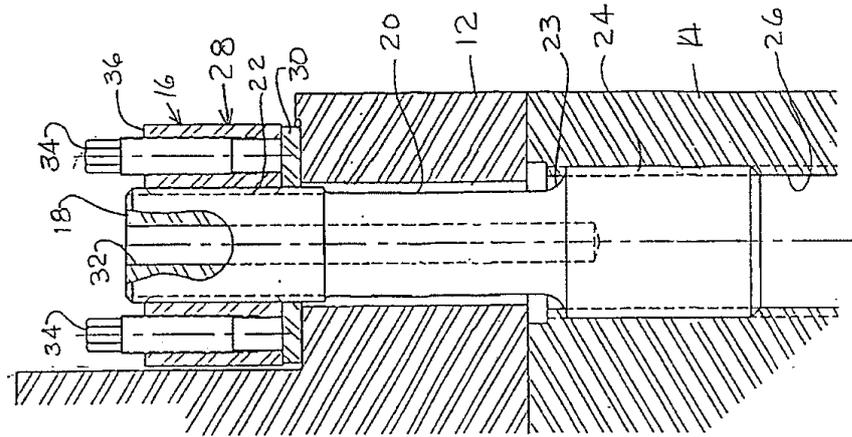


FIGURA 2

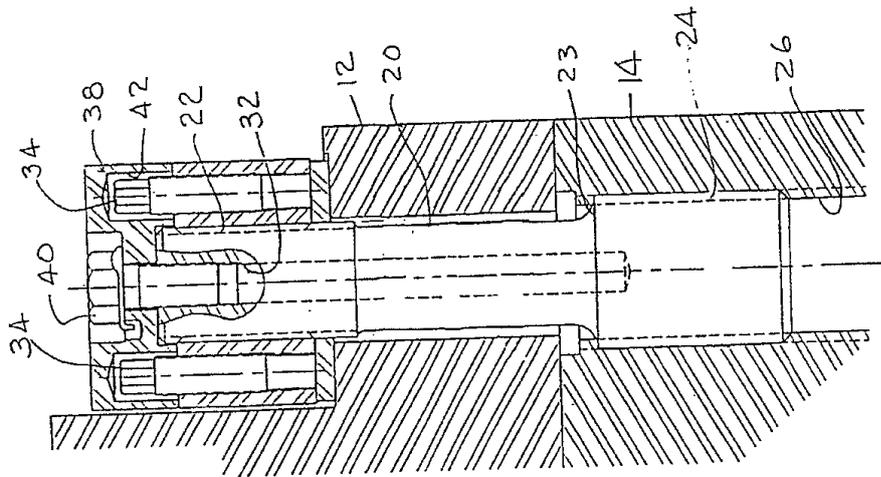


FIGURA 3

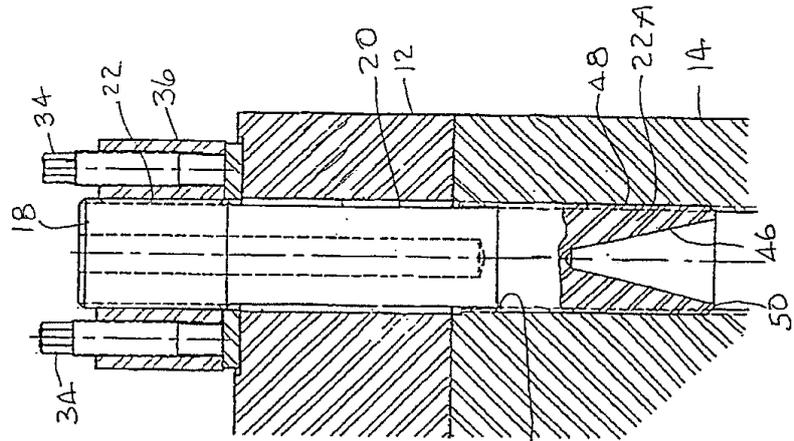


FIGURA 4

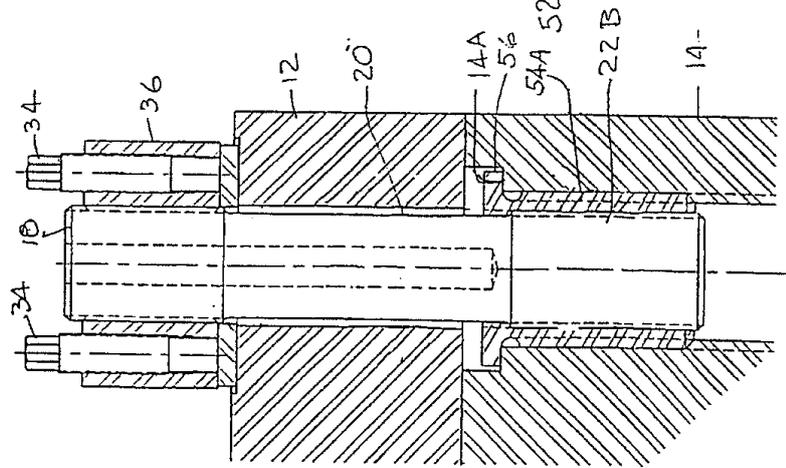


FIGURA 5

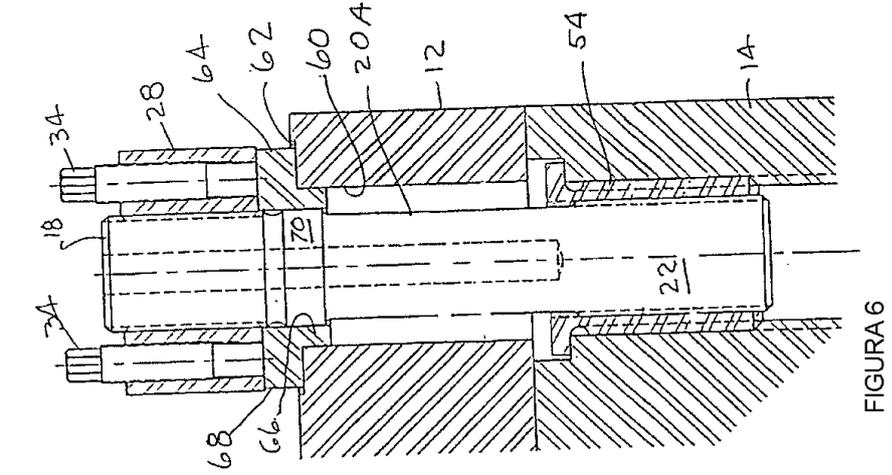


FIGURA 6

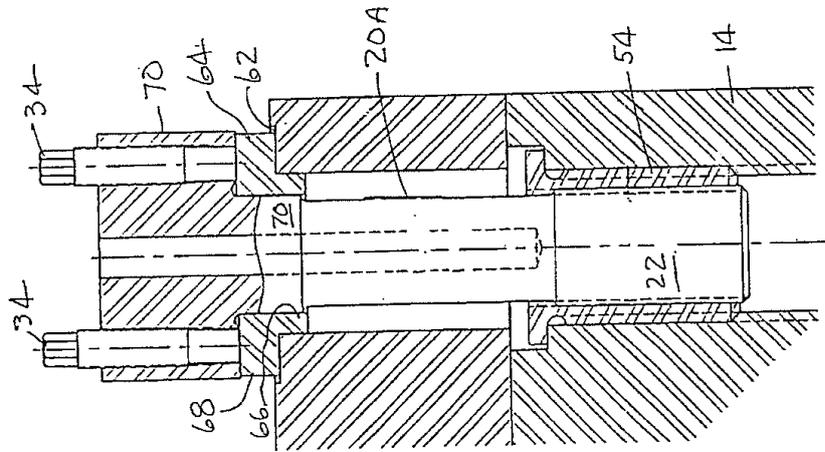


FIGURA 7

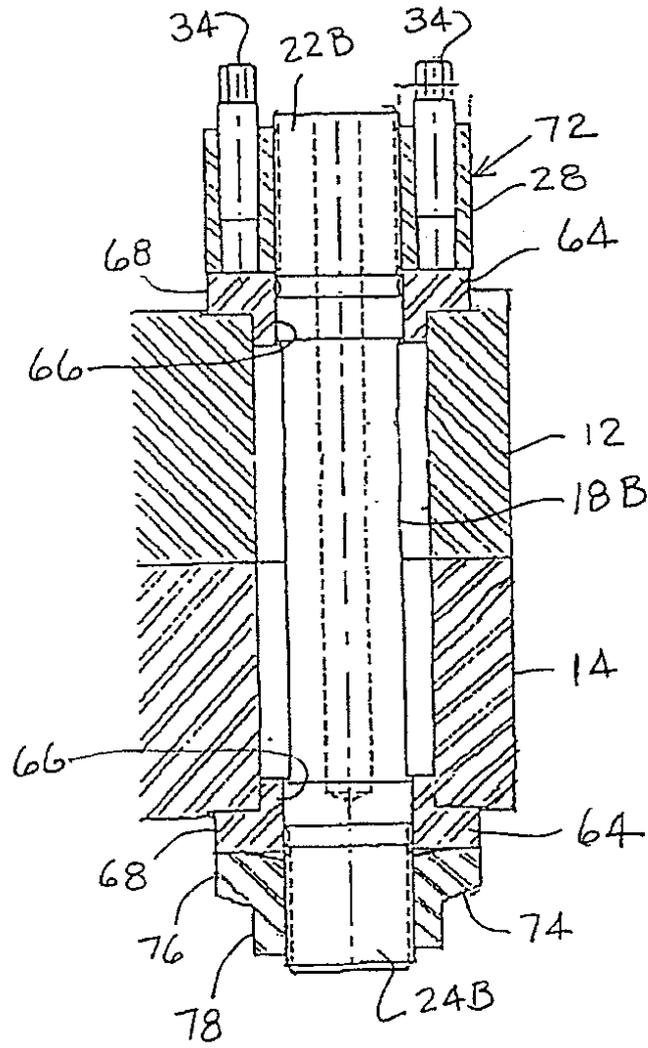


FIGURA 8