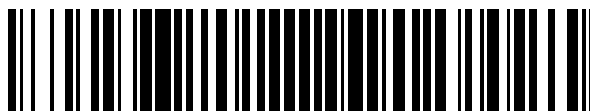


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 231**

51 Int. Cl.:

F16J 15/16 (2006.01)

F16J 15/28 (2006.01)

F16J 15/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2012** **E 12461569 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015** **EP 2749794**

54 Título: **Fabricación de copas de empaquetadura**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.12.2015

73 Titular/es:

NUOVO PIGNONE S.R.L. (100.0%)
Via Felice Matteucci 2
50127 Florence, IT

72 Inventor/es:

MAGGI, CARMELO;
TOGNARELLI, LEONARDO;
CAPANNI, ALESSIO y
WOJNAR, JAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 553 231 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

Fabricación de copas de empaquetadura

Campo de la invención

5 La materia objeto desvelada en el presente documento se refiere a la fabricación de componentes mecánicos sometidos a tensiones de alta presión. En particular, la presente divulgación se refiere a la fabricación de copas de empaquetadura para compresores alternativos, especialmente hipercompresores.

Descripción de la técnica relacionada

10 El documento EP 2 302 090 A1 desvela un revestimiento de prensaestopas para un cilindro de un compresor alternativo que comprende un primer disco exterior y un segundo disco interior, concéntrico con respecto al disco exterior.

15 Los hipercompresores, aquellos capaces de producir niveles de presión de gas de hasta o superiores a 300 MPa, se usan ampliamente en la aplicación industrial, incluyendo, aunque sin limitación, la producción de polietileno de baja densidad, o LDPE. Los hipercompresores deben soportar presiones de descarga muy altas y fluctuaciones de presión entre la descarga y la succión y pueden considerarse como uno de los recipientes de presión sometidos a mayores esfuerzos en la industria. Debido a las presiones pulsatorias muy altas y las consiguientes tensiones de fatiga, los hipercompresores necesitan pretensar los componentes del cilindro, para evitar la propagación de grietas. Las copas de empaquetadura se encuentran entre los componentes más críticos de un hipercompresor.

20 El pretensado se obtiene mediante ajuste por contracción y autozunchado. El ajuste por contracción es una técnica por la que un cilindro exterior o un disco exterior y un cilindro interior, o un disco interior, se ensamblan entre sí con un alto grado de interferencia mutua. El disco interior se enfría hasta una temperatura muy baja, por ejemplo aproximadamente -190 °C y el disco exterior se calienta hasta una temperatura alta, como por ejemplo 370 °C. El disco interior encaja entonces en un orificio del disco exterior. Cuando los dos discos recuperan de nuevo una temperatura ambiental, la expansión térmica del disco interior y la retracción térmica del disco exterior generarán una tensión de compresión en el disco interior. Las copas de empaquetadura usuales se fabrican mediante ajuste por contracción de un disco interior y un disco exterior entre sí.

25 El autozunchado consiste en hacer ceder plásticamente una superficie interna de una capa interior de un componente, mediante una presión hidráulica de varios cientos de MPa. Cuando la presión se libera, la porción que ha cedido está altamente comprimida mediante la recuperación elástica del material circundante que no ha cedido. Esto se debe al hecho de que la porción interior del material se ha sometido a una deformación más allá del límite de deformación elástica y por tanto no puede volver a su forma y dimensión originales. Por consiguiente, la tensión elástica aplicada mediante el material circundante mantiene el material interior que ha cedido plásticamente en condiciones de compresión.

30 El autozunchado se usa comúnmente para inducir tensiones de precompresión en los conductos de aceite de lubricación de las copas de empaquetadura de los hipercompresores.

35 El autozunchado implica complejos problemas técnicos, tales como la selección de precintos adecuados para soportar los altos valores de presión requeridos, la secreción de aceite apropiado de transmisión de presión y la precisión de las medidas de presión.

40 El pretensado de los componentes sometidos a alta presión y fluctuaciones de presión es una medida esencial para evitar las propagaciones de grietas. El valor del pretensado de compresión inducido en el componente deberá ser tal que evite las tensiones de tracción que se inducen en el material durante el funcionamiento mediante el fluido contenido en el componente, por ejemplo, el aceite de lubricación. Las posibles grietas presentes en la superficie interior de un componente se mantienen de esta manera en una condición "cerrada". Las tensiones de compresión dentro de un defecto o grieta no contribuyen al crecimiento de las grietas. Sin embargo, si la presión del fluido dentro del componente es mayor que la tensión de compresión actual (en módulo), la presión se propaga en el defecto y puede contribuir a la propagación de grietas. Si la presión fluctúa y el valor máximo es mayor que la tensión de compresión, se induce fatiga en el componente, lo que puede conducir eventualmente a una propagación de grietas y al fallo del componente.

45 Las copas de empaquetadura de los hipercompresores se fabrican normalmente mediante el ajuste por contracción de un disco exterior y un disco interior entre sí, posteriormente sometiendo a autozunchado a los conductos de aceite de lubricación presentes en el disco interior para generar un pretensado de compresión en el material circundante a los conductos de aceite de lubricación. Más detalles de la fabricación de las copas de empaquetadura para hipercompresores se desvelan por ejemplo, en E.Giacomelli y col., "Autofrettagind procedures en LDPE Hyper-Compressor Components", Actos de la conferencia de la división de tuberías y recipientes de presión ASME 2006, 23-27 de julio de 2006, Vancouver, Canadá. Este trabajo también sugiere que el autozunchado puede realizarse antes del ajuste por contracción del disco exterior y el disco interior entre sí, para reducir la presión de autozunchado requerida. Este trabajo, sin embargo, sugiere que invertir las etapas de ajuste por contracción y autozunchado puede

dar lugar a efectos Bauschinger y conducir a valores de pretensado impredecibles. Debido a estas dificultades, los procedimientos de fabricación preferidos actualmente proporcionan el ajuste por contracción antes del autozunchado.

5 Los resultados logrados mediante esta técnica en términos de resistencia mecánica al fallo debido a la presión pulsatoria no son completamente satisfactorios y por tanto todavía existe una necesidad de mejoras en la fabricación de copas de empaquetadura.

Sumario de la invención

10 La presente invención proporciona un procedimiento de fabricación de un disco interior para el ajuste por contracción en un disco exterior de una copa de empaquetadura para un hipercompresor tal como se define en la reivindicación 1 y una copa de empaquetadura de hipercompresor tal como se define en la reivindicación 5.

15 Las realizaciones del procedimiento desvelado en el presente documento proporcionan una etapa de mecanizado adicional en la fabricación de las copas de empaquetadura, en particular copas de empaquetadura para hipercompresores. La etapa de mecanizado adicional pretende retirar una capa más externa en ambas caras del disco interior de la copa de empaquetadura tras el autozunchado. Esto tiene como resultado la retirada del volumen del material circundante a los conductos de aceite de lubricación del disco interior donde las tensiones residuales de zuncho y/o las tensiones residuales equivalentes inducidas por autozunchado son insuficientes para evitar la expansión potencial de grietas accidentales, que pueden estar presentes en la superficie interior de los conductos de acetite de lubricación.

20 De acuerdo con algunas realizaciones, se proporciona un procedimiento de fabricación de una copa de empaquetadura para un hipercompresor, comprendiendo las siguientes etapas:

proporcionar un disco interior, que tiene una primera cara frontal opuesta y una segunda cara frontal, un orificio axial y central, y al menos un conducto de aceite de lubricación; extendiéndose la perforación axial y el conducto de acetite de lubricación desde la primera cara frontal a la segunda cara frontal;

autozunchado del conducto de aceite de lubricación;

25 tras el autozunchado, retirar un espesor, es decir, una capa exterior del disco interior tanto en la primera cara frontal como en la segunda cara frontal.

El procedimiento incluye preferentemente una etapa de ajuste por contracción del disco interior y un disco exterior tras el autozunchado del conducto de aceite de lubricación y retirar el espesor tanto en la primera cara frontal como la segunda cara frontal del disco interior.

30 De acuerdo con un aspecto adicional, la presente materia objeto desvelada en el presente documento también se refiere a una copa de empaquetadura para hipercompresores y a un hipercompresor que comprende una o más copas de empaquetadura, fabricadas de acuerdo con el procedimiento antes desvelado.

35 A continuación en el documento se desvelan características y realizaciones que se exponen además en las reivindicaciones adjuntas, que forman una parte esencial de la presente descripción. La breve descripción anterior expone características de las diversas realizaciones de la presente invención para que la descripción detallada que sigue pueda entenderse mejor y para que las presentes contribuciones a la técnica puedan apreciarse mejor. Existen, por supuesto, otras características de la invención que se describirán en lo sucesivo y que se expondrán en las reivindicaciones adjuntas. En este sentido, antes de explicar en detalle varias realizaciones de la invención, se entiende que las diversas realizaciones de la invención no se limitan en su aplicación a los detalles de la construcción y a las disposiciones de los componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La invención es capaz de tener otras realizaciones y de practicarse y llevarse a cabo de diversas maneras. Además, debe entenderse que la fraseología y terminología empleadas en el presente documento tienen únicamente fines descriptivos y no deberían interpretarse como limitativas.

45 Como tal, los expertos en la materia apreciarán que la concepción, en la que se basa la divulgación, puede utilizarse fácilmente como una base para diseñar otras estructuras, procedimientos, y/o sistemas para llevar a cabo los varios fines de la presente invención. Es importante, por tanto, que se interprete que las reivindicaciones incluyen tales construcciones equivalentes en la medida en que no se apartan del alcance de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

50 Una apreciación más completa de las realizaciones desveladas de la invención y muchas de las ventajas relacionadas con la misma se obtendrán fácilmente ya que la misma se entiende mejor mediante referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considera en relación con los dibujos adjuntos, en los que

La Fig. 1 ilustra una vista en sección de un hipercompresor que comprende una disposición de copas de empaquetadura que rodean un émbolo alternativo;

La Fig. 2 ilustra una vista en perspectiva y en sección del hipercompresor de la Fig. 1;

La Fig. 3 ilustra una ampliación de la disposición de copas de empaquetadura del hipercompresor en la Fig. 1;

La Fig. 4 ilustra una vista en perspectiva de una copa de empaquetadura;

La Fig. 5 ilustra un diagrama de bloques de un procedimiento para fabricar una copa de empaquetadura;

5 Las Figs. 6A-6C ilustran esquemáticamente una secuencia de etapas de fabricación;

La Fig. 7 ilustra diagramas de tensiones radiales y tensiones de zuncho en una copa de empaquetadura;

La Fig. 7A ilustra la distribución de tensión típica alrededor del orificio de aceite de lubricación;

10 Las Figs. 8A, 8B, y 8C ilustran la tensión residual de zuncho, la tensión residual radial y la tensión residual de von Mises en una porción terminal de un conducto de aceite de lubricación de una copa de empaquetadura fabricada de acuerdo con el procedimiento desvelado en el presente documento, tras el autozunchado y antes de la retirada de las capas exteriores del disco interior;

15 Las Figs. 9A, 9B y 9C ilustran la tensión residual de zuncho, la tensión residual radial y la tensión residual de von Mises en una porción terminal de un conducto de aceite de lubricación de una copa de empaquetadura fabricada de acuerdo con el procedimiento desvelado en el presente documento, tras el autozunchado y la retirada de las capas exteriores del disco interior;

Las Figs. 10A, 10B ilustran diagramas que muestran curvas de tensión residual equivalente, respectivamente antes y después de la retirada de la capa exterior del disco interior;

Las Figs. 11A, 11B ilustran diagramas de la deformación plástica residual y equivalente, respectivamente antes y después de la retirada de la capa exterior del disco interior;

20 Las Figs. 12A, 12B ilustran diagramas que muestran curvas de tensión residual de zuncho, respectivamente antes y después de la retirada de la capa exterior del disco interior;

Las Figs. 13A, 13B ilustran diagramas que muestran curvas de deformación residual de zuncho, respectivamente antes y después de la retirada de la capa exterior del disco interior.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

25 La siguiente descripción detallada de realizaciones ejemplares se refiere a los dibujos adjuntos. Los mismos números de referencia en los diferentes dibujos identifican los mismos elementos o similares. Adicionalmente, los dibujos no están necesariamente dibujados a escala. Además, la siguiente descripción detallada no limita la invención. En su lugar, el alcance de la invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

30 La referencia a través de la memoria descriptiva a “una realización” o “la realización” o “algunas realizaciones” significa que el rasgo, estructura o característica particular descrita en relación con una realización se incluye en al menos una realización de la materia objeto desvelada. De esta manera, la aparición de la frase “en una realización” o “en la realización” o “en algunas realizaciones” en diversos lugares a través de la memoria descriptiva no se refiere necesariamente a las mismas realizaciones. Además, los rasgos, estructuras o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones.

35 La Fig. 1 ilustra una vista en sección y la Fig. 2 ilustra una vista transversal y en perspectiva de una porción de un hipercompresor 1. El hipercompresor comprende un cilindro o un separador 3 de empaquetadura, en el que está dispuesto un vástago 5 de un émbolo o pistón. El émbolo se desliza de manera alternativa en el cilindro 3. Los números de referencia 7 y 9 indican el puerto de succión y el puerto de descarga, respectivamente, del compresor 1. El movimiento del émbolo 5 en el cilindro 3 succiona fluido a través del puerto 7 de succión y descarga fluido a una presión mayor a través del puerto 9 de descarga. Una válvula 7A de husillo vertical está dispuesta en el puerto 7 de succión y una válvula 9A de husillo vertical está dispuesta en el puerto 9 de descarga. Las válvulas 7A, 9A de husillo vertical están dispuestas en un cuerpo 11 de válvula alojado en una cabeza 13 del cilindro. El cilindro 3 se bloquea entre la cabeza 13 del cilindro y un reborde 15.

45 Entre el cilindro 3 y el reborde 15 está dispuesta una pila de copas 17 de empaquetadura. Una copa 17 de empaquetadura ejemplar se muestra en la Fig. 4 en una vista en perspectiva. Cada copa 17 de empaquetadura comprende un orificio 18 central. En algunas realizaciones, el orificio 18 central está rodeado por un asiento 17A para una junta (no se muestra) que se sella de manera deslizante contra la superficie cilíndrica del émbolo 5, que se mueve de manera alternativa a través de las copas 17 de empaquetadura. El aceite de lubricación se suministra a las copas 17 de empaquetadura a través de vainas 19 de lubricación. Se proporcionan una o más líneas 21 de lubricación, que se forman por las copas 17 de empaquetadura. Cada copa 17 de empaquetadura comprende uno o más conductos 23 de aceite de lubricación que se extienden a través de la copa 17 de empaquetadura, desde una primera cara a una segunda cara de la misma. Los conductos 23 de aceite de lubricación y las copas 17 de

empaquetadura están dispuestas para que se formen una o más líneas 21 de lubricación continuas por toda la pila de copas 17 de empaquetadura, tal como se muestra en la Fig. 3, mediante conductos 23 de aceite de lubricación alineados de las copas 17 de empaquetadura.

5 En la realización ejemplar de la Fig. 4, se proporcionan tres conductos 23 de aceite de lubricación en la copa 17 de empaquetadura. Deberá entenderse, sin embargo, que puede proporcionarse un número diferente de conductos de aceite de lubricación. En general, el número de conductos de aceite de lubricación puede ser diferente de una copa de empaquetadura a otra, para lubricar diferentes anillos de sellado.

10 En algunas realizaciones, cada copa 17 de empaquetadura comprende dos discos ajustados por contracción. Más específicamente, un disco 25 interior se ajusta por contracción en un disco 27 exterior. El orificio 18 central y los conductos 23 de aceite de lubricación se forman en el disco 25 interior.

15 De acuerdo con la presente divulgación, la copa 17 de empaquetadura se fabrica de acuerdo con una secuencia de etapas tal como se resume en las Figs. 5, 6A-6C. En una primera etapa, se proporciona el disco 25 interior con un orificio 18 central y los conductos 23 de aceite de lubricación; véanse la Fig. 5, la etapa 101 y la Fig. 6A. Los números de referencia 25X, 25Y designan respectivamente una primera cara frontal y plana y una segunda cara frontal y plana del disco 25 interior. En una etapa posterior, los conductos 23 de aceite de lubricación se someten a autozunchado (Fig. 5, etapa 102) mediante la introducción en su interior de aceite a alta presión. El aceite presurizado en los conductos 23 de aceite de lubricación provoca que la capa más interior de material circundante a cada conducto de aceite de lubricación ceda plásticamente, mientras que el material más exterior se somete a deformación elástica. Una vez que se libera la presión de aceite de autozunchado, el material exterior elásticamente deformado se recupera mientras que el material interior que ha cedido plásticamente no recupera su forma original. Esto genera un pretensado de compresión en el material del disco 25 interior que rodea los conductos 23 de aceite de lubricación.

20 Tras el autozunchado de los conductos 23 de aceite de lubricación, se mecaniza el disco 25 interior (Fig. 5, etapa 103) para retirar un espesor exterior del material de las dos caras 25X, 25Y planas del disco 25 interior. Comenzando desde un disco 25 interior que tiene un espesor S1 (Fig. 6A), de esta manera se obtiene un disco más fino que tiene un espesor S2 (Fig. 6B). Preferentemente, una capa con un espesor D se retira de ambos lados del disco 25 interior. El espesor D de cada capa retirada está entre 0 y el 50 %, por ejemplo, ventajosamente entre el 1 y el 30 %, por ejemplo, entre el 5 y el 20 % o el 5 y el 30 % de la dimensión S1 axial y total del disco 25 interior. En algunas realizaciones, se retira entre el 7 y el 15 % del espesor S1 total de cada cara o lado del disco 25 interior.

30 Finalmente, el disco 25 interior y un disco 27 exterior se ajustan por contracción de acuerdo con un procedimiento estándar; véanse la Fig. 5, etapa 104, y la Fig. 6C. Tras el ajuste por contracción, el asiento 17A de junta puede mecanizarse.

Para un mejor entendimiento de las ventajas logradas con el procedimiento antes resumido, los rasgos principales de la distribución de tensión residual de autozunchado deberían analizarse en primer lugar.

35 Tal como se ha mencionado brevemente en lo anterior, el autozunchado se obtiene aplicando una alta presión, en el intervalo de por ejemplo, 1300 MPa, en los conductos 23 de aceite de lubricación proporcionados en el disco 25 interior de una copa 17 de empaquetadura, mediante un equipo de autozunchado. La presión dentro del conducto 23 de aceite de lubricación provoca una deformación plástica de las capas más interiores del material circundante al conducto de aceite de lubricación. En un disco de longitud axial indefinida, es decir, independientemente de los efectos de frontera en los extremos del conducto de aceite de lubricación, el autozunchado generaría una tensión residual radial y una tensión residual de zuncho en el material circundante al orificio, que varía como una función de la distancia desde el eje del conducto de aceite de lubricación tal como se muestra en la Fig. 7. La Fig. 7A proporciona una definición pictórica de la tensión radial (σ_r) y tensión de zuncho (σ_θ) respectivamente. La tensión radial es la tensión en la dirección radial y la tensión de zuncho es la tensión en la dirección tangencial. Las tensiones de tracción se indican convencionalmente como valores positivos (+), y las tensiones de compresión se indican convencionalmente como valores negativos (-).

45 La distribución de tensión ilustrada en la Fig. 7 se ha obtenido tratando la capa interior plásticamente deformada del material de disco alrededor del conducto de aceite de lubricación aplicando un modelo elastoplástico de acuerdo con el código ASME para evaluar la distribución de tensión/presión en el material que ha cedido, y la corrección para el efecto Bauschinger se ha introducido para evaluar correctamente la máxima tensión de compresión residual (y por tanto la dimensión de región plástica) inducida por autozunchado.

50 En la fig. 7, la distancia desde el eje del conducto de aceite de lubricación se presenta en el eje horizontal y la tensión se presenta en el eje vertical. R1 indica el radio interior del conducto de aceite de lubricación y R2 indica el llamado radio plástico, es decir, el radio del material plásticamente deformado alrededor del conducto de aceite de lubricación. Las dos curvas presentadas en el diagrama de la Fig. 7 representan la tensión radial y la tensión de zuncho respectivamente. Debido a la deformación plástica local en la capa interior alrededor del conducto de aceite de lubricación, se obtiene una tensión residual de zuncho en el radio interior R1, es decir, en la superficie del conducto de aceite de lubricación.

Las características vitales para mejorar la longevidad a la fatiga son las tensiones residuales de zuncho en el radio interior y la dimensión del radio plástico, y por tanto, la profundidad de la capa plásticamente deformada.

Como una primera ventaja del nuevo procedimiento de fabricación antes descrito, deberá mencionarse que ya que el autozunchado se realiza antes del ajuste por contracción de los discos interior y exterior entre sí, toda la presión de autozunchado es útil para el fin de generar el radio plástico. A diferencia de los procedimientos de fabricación estándar, donde el autozunchado se realiza en un conducto de aceite de lubricación, que ya se ha deformado por ajuste por contracción, en el procedimiento de acuerdo con la presente divulgación no debe superarse ninguna tensión residual inducida por ajuste por contracción. Adicionalmente, el conducto de aceite de lubricación tiene una sección transversal sustancialmente circular, en lugar de una sección transversal elíptica como en una copa de empaquetadura, que se ha ajustado por contracción antes del autozunchado. Por tanto, la distribución de tensiones después del autozunchado es más uniforme alrededor del eje del conducto de aceite de lubricación.

Debido a los efectos de frontera, el radio de plasticidad actual y las tensiones residuales no son constantes a lo largo de la extensión axial del conducto de aceite de lubricación. Más específicamente, la tensión residual de zuncho y la tensión residual radial disminuyen hacia los extremos del conducto de aceite de lubricación debido a las tensiones axiales. En algunas circunstancias, las tensiones residuales pueden invertirse, es decir, pueden convertirse en tensiones de tracción positivas. La Fig. 8 ilustra la tensión residual de zuncho (Fig. 8A) y la tensión residual radial (Fig. 8B) en la región terminal del conducto 23 de aceite de lubricación. La fig. 8C ilustra la llamada "tensión de von Mises" (también conocida como "tensión equivalente") en la porción terminal del conducto de aceite de lubricación.

En las figuras, la distribución de tensión residual se representa mediante curvas de tensión constante, representando cada curva la ubicación donde la tensión (de zuncho o radial) respectiva tiene un valor constante, presentándose el valor en cada curva y expresándose en MPa.

Tal como puede apreciarse a partir de estas figuras, tanto las tensiones residuales radiales como las tensiones residuales de zuncho se vuelven positivas (tensión de tracción) en el área de frontera en el extremo del conducto de aceite de lubricación. En las áreas adyacentes ubicadas cerca del área de frontera, la tensión residual de zuncho no se invierte (es decir, permanece negativa). Sin embargo, en dichas áreas adyacentes, la tensión residual de zuncho tiene un módulo mucho más inferior en el área central del conducto de aceite de lubricación y, por tanto, es insuficiente para los fines de evitar la propagación de grietas promovidas por la fatiga. A falta de cualquier etapa de mecanizado posterior, durante el funcionamiento, las tensiones de tracción inducidas en el material mediante las fluctuaciones de presión dentro del conducto de aceite de lubricación se vuelven mayores que el pretensado de compresión residual. Cualquier defecto presente en el material se expandirá entonces y el aceite presurizado penetrará en su interior. La fluctuación cíclica de la presión de aceite de lubricación conducirá a la formación y propagación de grietas y finalmente al fallo de la copa de empaquetadura.

El objeto de la etapa de mecanizado es retirar estas áreas donde los efectos de frontera reducen o invierten la tensión residual en el material alrededor del conducto de aceite de lubricación. Las Figs. 9A, 9B y 9C son similares a las Figs. 8A-8C, e ilustran la misma área terminal del conducto de aceite de lubricación, tras la retirada de la capa más exterior del disco 25 interior. Se representan las curvas de tensiones residuales iguales, con el valor de la tensión residual expresado en MPa que se presenta en cada curva. Tal como puede apreciarse a partir de estas figuras, las tensiones residuales radiales y de zuncho de compresión, así como las tensiones de von Mises en la porción de material que forma el disco tras el mecanizado, son sustancialmente mayores que aquellas en las capas retiradas.

Las Figs. 10A y 10B ilustran las tensiones residuales de von Mises, es decir, las tensiones residuales equivalentes en el área alrededor de un extremo de un conducto de aceite de lubricación tras el autozunchado y antes de la retirada de la capa exterior de material que forma el disco interior (Fig. 10A), así como tras la retirada de la capa exterior (Fig. 10B). En el extremo opuesto del conducto de aceite de lubricación está presente una situación similar. Los valores presentados en las curvas individuales indican la tensión residual equivalente medida en MPa. En el eje horizontal, se presenta la coordenada axial a lo largo del conducto de aceite de lubricación, comenzando desde el punto central del conducto. La coordenada axial se normaliza con respecto a la longitud total del conducto (longitud en %). La coordenada radial, es decir, la distancia desde el eje del conducto de aceite de lubricación, se presenta en el eje vertical.

Las Figs. 11A y 11B ilustran la deformación plástica residual y equivalente tras el autozunchado, respectivamente antes (Fig. 11A) y después (Fig. 11B) de la retirada de la capa de material exterior del disco 25 interior. Los ejes verticales y horizontales presentan las coordenadas radiales y axiales, respectivamente. Los valores en cada curva se expresan en presión parcial (mm/mm).

Las Figs. 12A y 12B ilustran, de una manera similar a las Figs. 10A y 10B, las tensiones residuales de zuncho tras el autozunchado del conducto de aceite de lubricación. Más específicamente, la Fig. 12A ilustra las tensiones residuales de zuncho antes del mecanizado del disco para la retirada de las capas exteriores. La Fig. 12B ilustra las tensiones residuales de zuncho tras el mecanizado. Las curvas en ambas figuras son curvas de valores de tensión constantes, es decir, curvas a lo largo de las que la tensión residual de zuncho se mantiene constante. El valor de tensión se presenta en cada curva y se expresa en MPa. El eje horizontal representa la coordenada axial (en %,

expresado en mm/mm, comenzando desde el centro del conducto de aceite de lubricación), es decir, la distancia, en dirección axial, desde el centro del conducto. El eje vertical representa la coordenada radial (en mm), es decir, la distancia desde el eje del conducto de aceite de lubricación en la dirección radial.

5 Las Fig. 13A y 13B muestran las presiones residuales de zuncho tras el autozunchado, respectivamente antes (Fig. 13A) y después (Fig. 13B) del mecanizado y retirada de las capas exteriores del disco. Los ejes verticales y horizontales muestran los mismos parámetros que en las figuras 12A, 12B. En cada curva, se presenta la tensión residual (expresada en MPa) y la presión residual (expresada en mm).

10 Tal como puede apreciarse a partir de las Figs. 8 a 13, el mecanizado retira el área de frontera más crítica en cada extremo del conducto de aceite de lubricación, donde está presente una tensión residual insuficiente. La parte restante del conducto de aceite de lubricación es por tanto capaz de resistir mejor la tensión de fatiga y es menos propensa a la formación y propagación de grietas.

15 Tal como puede apreciarse a partir de los diagramas en las Figs. 8 a 13, tras la retirada del volumen terminal que rodea el conducto de aceite de lubricación, el valor de tensión residual equivalente permanece sustancialmente constante en cada distancia radial a lo largo de la extensión axial del conducto de aceite de lubricación. Esto queda particularmente claro a partir de las curvas en la Fig. 10. Cada curva representa un valor de la tensión residual equivalente, es decir, tensión de von Mises. Cada curva es sustancialmente paralela a la abscisa, es decir, al eje del conducto de aceite de lubricación. Más específicamente, especialmente en el volumen más cerca del conducto de aceite de lubricación, la tensión residual equivalente varía menos de un 25 % a lo largo de una dirección paralela al eje del conducto de aceite de lubricación. Por ejemplo, al moverse a lo largo de la ordenada de 1,6 mm, la tensión residual equivalente de von Mises tras el autozunchado fluctúa aproximadamente 500 MPa. Antes del mecanizado del disco y la retirada de la capa más exterior del mismo, la tensión de von Mises a lo largo de la ordenada de 1,6 mm disminuye desde 500 MPa en el centro de la extensión axial del conducto de aceite de lubricación (abscisa = 50) hasta 0÷100 MPa en las capas exteriores que se van a retirar. El volumen más interior alrededor del conducto de aceite de lubricación muestra un volumen incluso más constante de la tensión residual, con fluctuaciones iguales a o menores que el 15 % o incluso iguales a o menores que el 10 %.

20 De acuerdo con algunas realizaciones, tal como puede observarse en las Figs. 10A, 10B, tras el autozunchado y la retirada de la capa de material exterior, a una determinada distancia radial desde el conducto de aceite de lubricación, la variación de las tensiones residuales equivalentes a lo largo de la coordenada axial es sustancialmente menor que en las copas de empaquetadura de la técnica anterior. En particular, al moverse a lo largo de la coordenada axial, la tensión residual equivalente (de von Mises) varía menos de un 15 % y preferentemente menos de un 10 % en el primer 10 % de la longitud axial, comenzando desde la superficie del disco.

30 Deberá apreciarse que los datos de tensión y presión presentados en los diagramas antes analizados se determinan antes del ajuste por contracción de los discos 25, 27 exteriores e interiores. Sin embargo, aunque el ajuste por contracción modificará la distribución de tensión y presión radial, principalmente en la dirección circunferencial alrededor del conducto de aceite de lubricación (debido a la deformación oval del mismo), la variación porcentual de estos valores a lo largo de la extensión axial del conducto queda sustancialmente inafectada por el ajuste por contracción., En otras palabras, la modificación en la distribución axial de las tensiones y presiones residuales es insignificante, en lo que se refiere al efecto sobre la resistencia mejorada a la fatiga.

35 Además, de acuerdo con algunas realizaciones, tal como puede observarse en las Figs. 12A, 12B, las tensiones residuales de zuncho a lo largo de la superficie interior del conducto de aceite de lubricación tras el autozunchado y la retirada de la capa de material exterior permanecerán siempre negativas, es decir, las tensiones residuales de zuncho siempre serán tensiones de compresión. Adicionalmente, la tensión residual de zuncho a lo largo de toda la superficie del conducto de aceite de lubricación siempre será al menos el 20 % de la tensión máxima de bucle residual, en el centro del conducto de aceite de lubricación. Un posterior ajuste por contracción de los dos discos 25, 27 no afecta de manera significativa a esta situación.

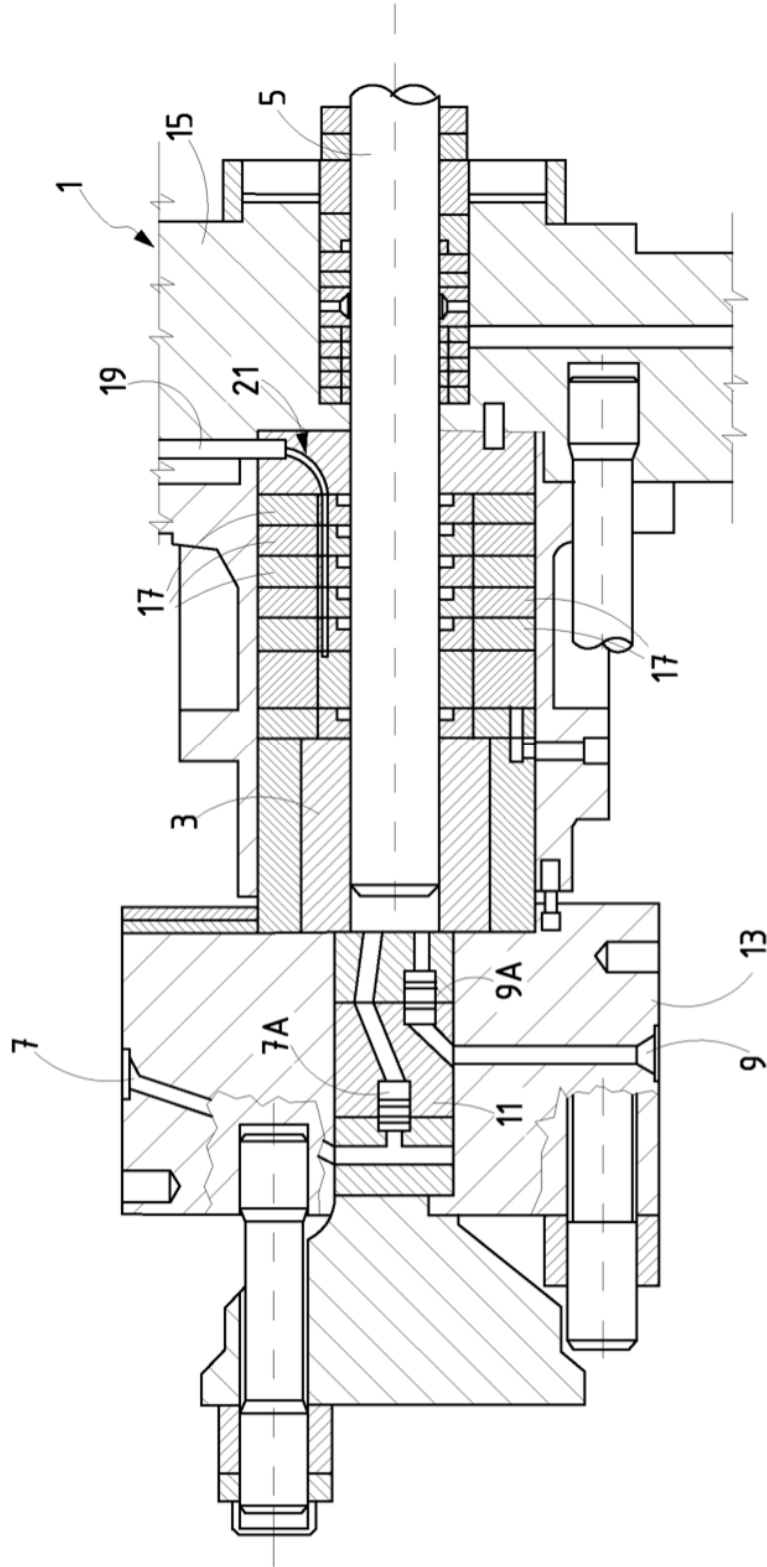
40 Las tensiones y presiones residuales en el material alrededor del conducto de aceite de lubricación pueden medirse mediante la técnica de dispersión de neutrones. Por tanto, el procedimiento realizado para fabricar una copa de empaquetadura puede determinarse a partir de las presiones y tensiones residuales medidas en la copa de empaquetadura mecanizada incluso después del ajuste por contracción.

45 Aunque las realizaciones desveladas de la materia objeto descrita en el presente documento se han mostrado en los dibujos y se han descrito totalmente en lo anterior con particularidad y detalle en relación con varias realizaciones ejemplares, será aparente para los expertos en la materia que muchas modificaciones, cambios y omisiones son posibles sin apartarse materialmente de las enseñanzas nuevas, los principios y conceptos expuestos en el presente documento, y las ventajas de la materia objeto mencionada en las reivindicaciones adjuntas. Por tanto, el alcance apropiado de las innovaciones desveladas deberá determinarse únicamente mediante la interpretación más amplia de las reivindicaciones adjuntas para incluir tales modificaciones, cambios y omisiones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un disco (25) interior para ajuste por contracción en un disco (27) exterior de una copa de empaquetadura para un hipercompresor, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
- 5 proporcionar un disco (25) interior, que tiene una primera cara (25X) frontal y una segunda cara (25Y) frontal, un orificio (18) axial y central, y al menos un conducto (23) de aceite de lubricación; extendiéndose dicho orificio axial y dicho al menos un conducto de aceite de lubricación desde dicha primera cara frontal hasta dicha segunda cara frontal;
- 10 autozunchar dicho al menos un conducto (23) de aceite de lubricación;
- tras el autozunchado, retirar un espesor de dicho disco (25) interior tanto en dicha primera cara (25X) frontal como en dicha segunda cara (25Y) frontal.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que incluye la etapa de ajuste por contracción de dicho disco (25) interior y un disco (27) exterior tras el autozunchado de dicho al menos un conducto (23) de aceite de lubricación y retirar dicho espesor tanto en la primera cara frontal como en la segunda cara frontal de dicho disco interior.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, en el que se retira entre el 1 % y el 30 % de la dimensión axial total de dicho disco (25) interior en cada una de dicha primera cara y dicha segunda cara.
- 15 4. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, en el que se retira entre el 5 % y el 30 % y preferentemente entre el 7 y el 15 % de la dimensión axial total de dicho disco (25) interior en cada una de dicha primera cara y dicha segunda cara.
- 20 5. Una copa de empaquetadura de hipercompresor que comprende un disco (25) interior y un disco (27) exterior ajustados por contracción, teniendo dicho disco (25) interior un orificio (18) central y al menos un conducto (23) de aceite de lubricación que se extiende desde una primera cara (25X) frontal a una segunda cara (25Y) frontal de dicho disco interior; en el que dicho al menos un conducto (23) de aceite de lubricación se pretensa mediante autozunchado y, tras el autozunchado, se retira un espesor de dicho disco (25) interior tanto en dicha primera cara (25X) frontal como en dicha segunda cara (25Y) frontal.
- 25 6. Una copa de empaquetadura de hipercompresor de acuerdo con la reivindicación 5, en la que una tensión residual equivalente de un volumen de material alrededor de dicho al menos un conducto (23) de aceite de lubricación fluctúa un 25 % o menos, y preferentemente un 20 % o menos, y preferentemente no más de un 15 %, e incluso más preferentemente no más de un 10 % a lo largo de un primer 10 % de dicha extensión axial de dicho al menos un conducto de aceite de lubricación, comenzando desde dicha primera cara frontal y desde dicha segunda cara frontal.
- 30 7. Un hipercompresor que comprende un cilindro, un émbolo que se mueve de manera deslizante en dicho cilindro y una pluralidad de copas de empaquetadura de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6.

Fig.1



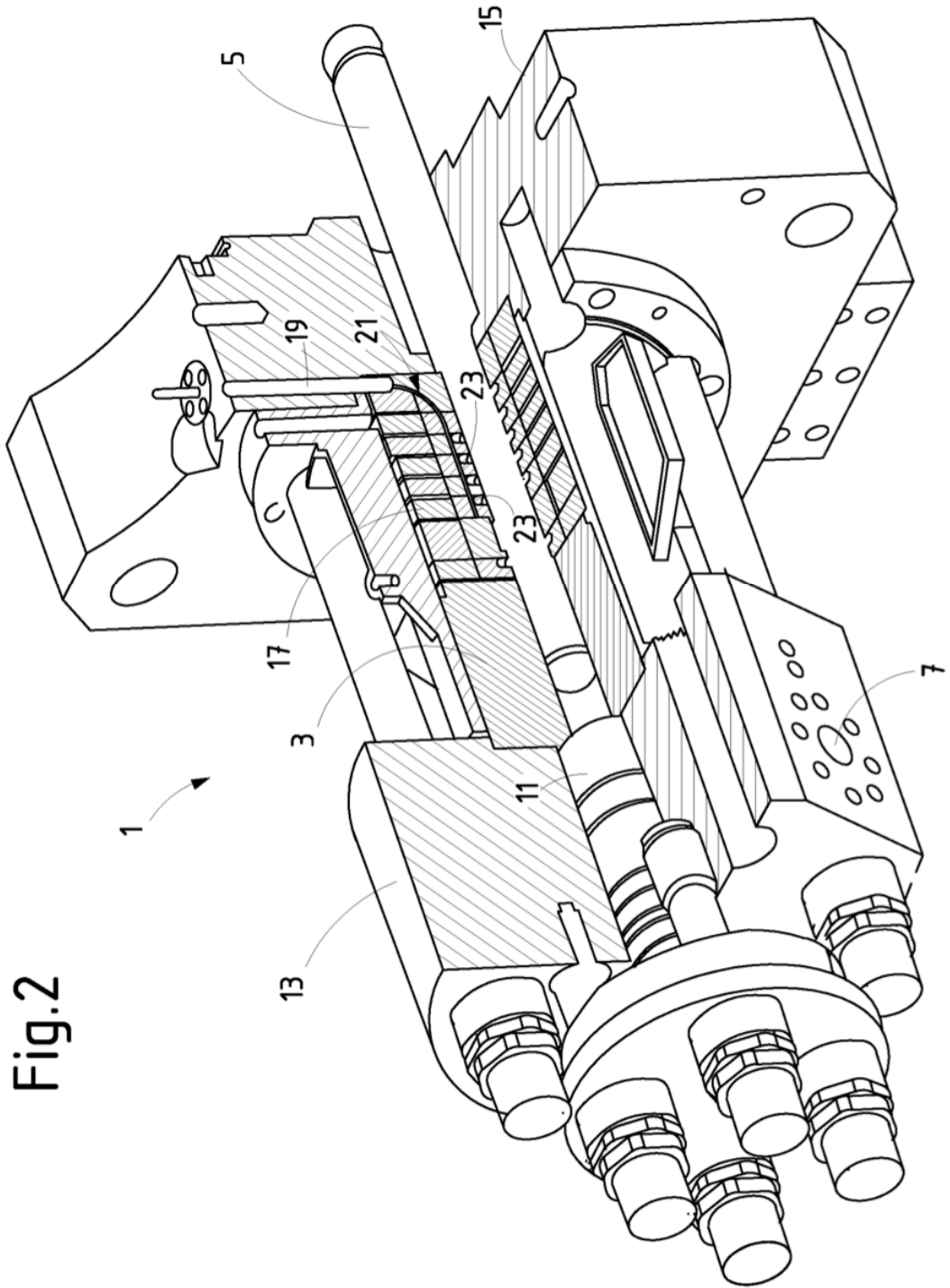


Fig.2

Fig.3

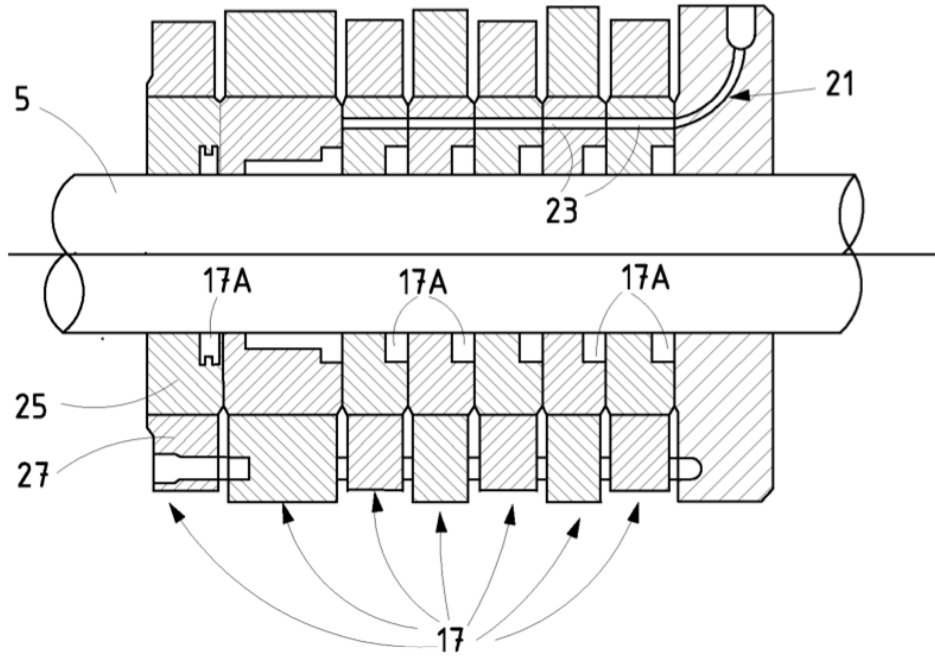
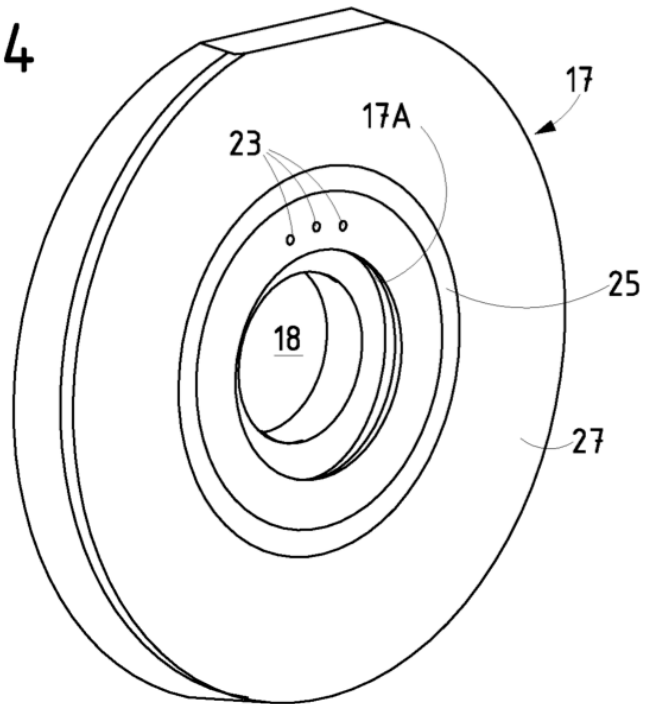


Fig.4



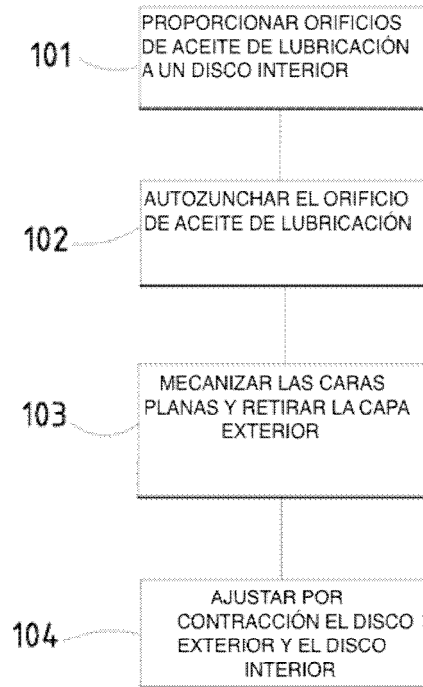


Fig.5

Fig.6A

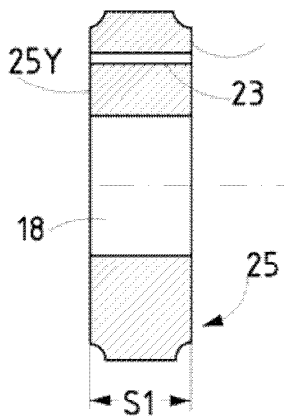


Fig.6B

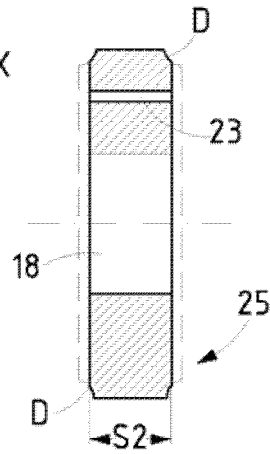


Fig.6C

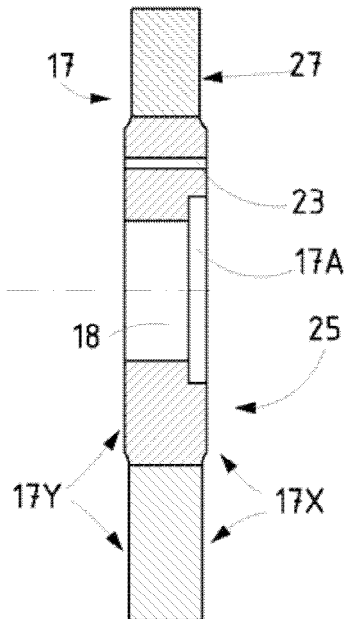


Fig.7

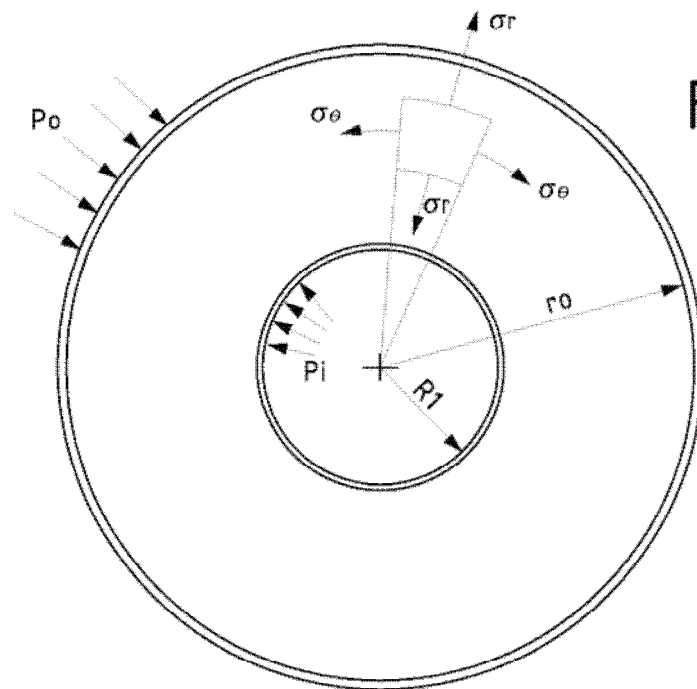
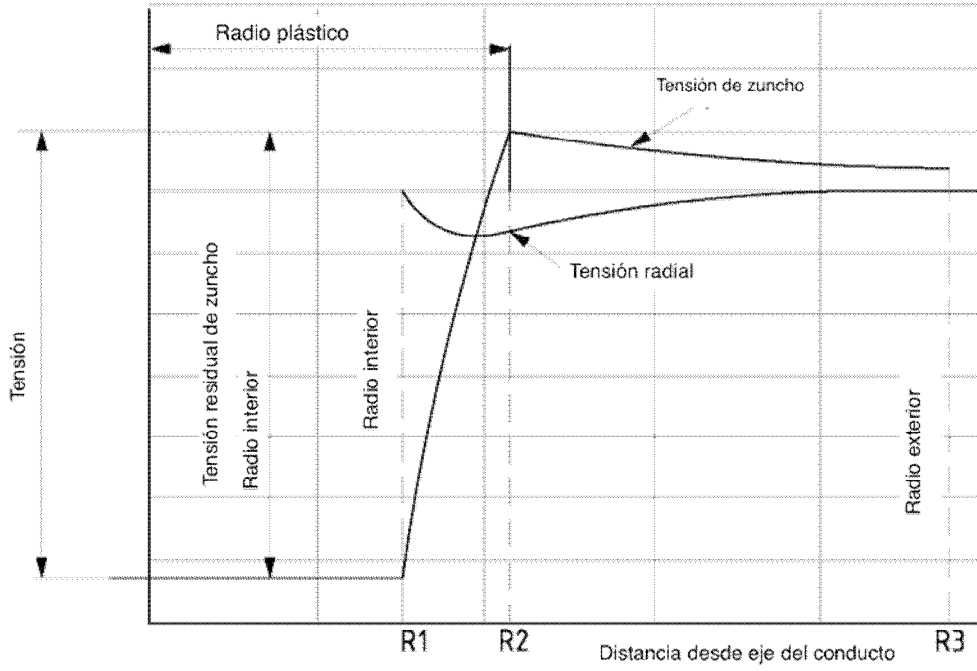


Fig.7A

Fig.8A

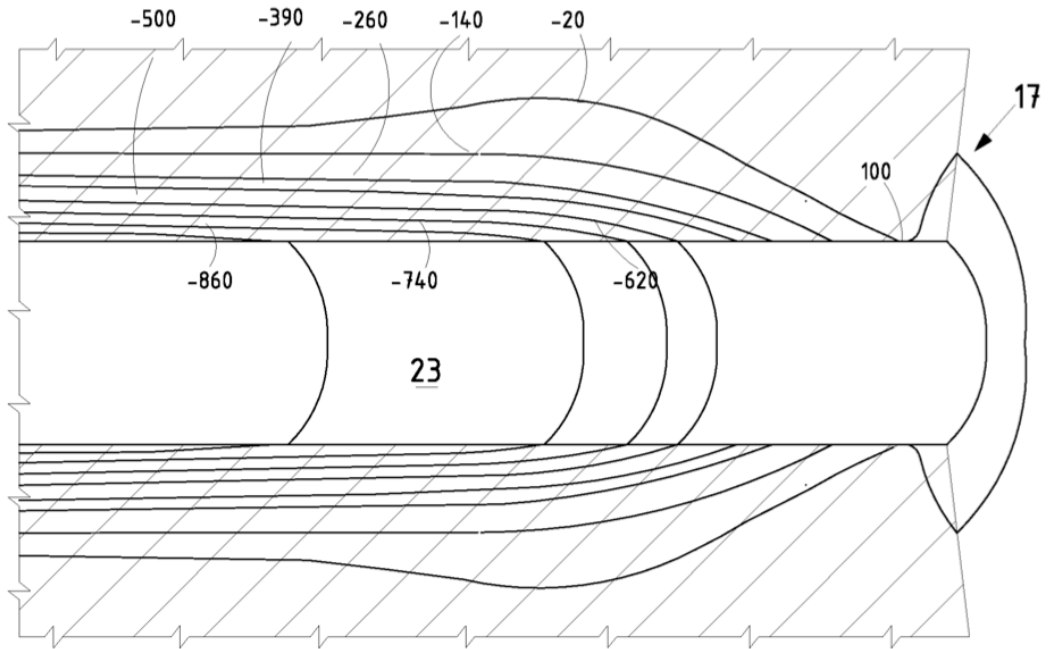


Fig.8B

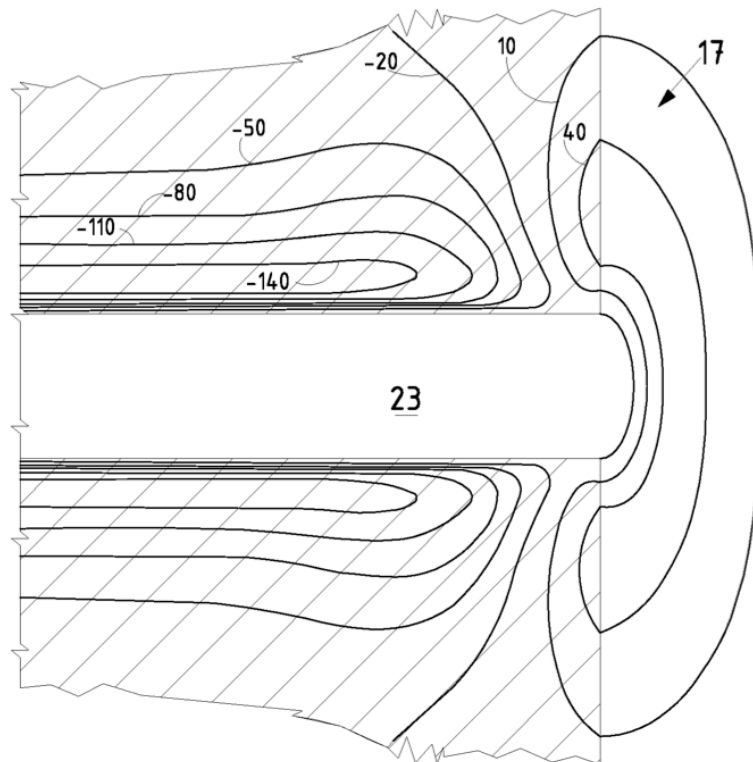


Fig.8C

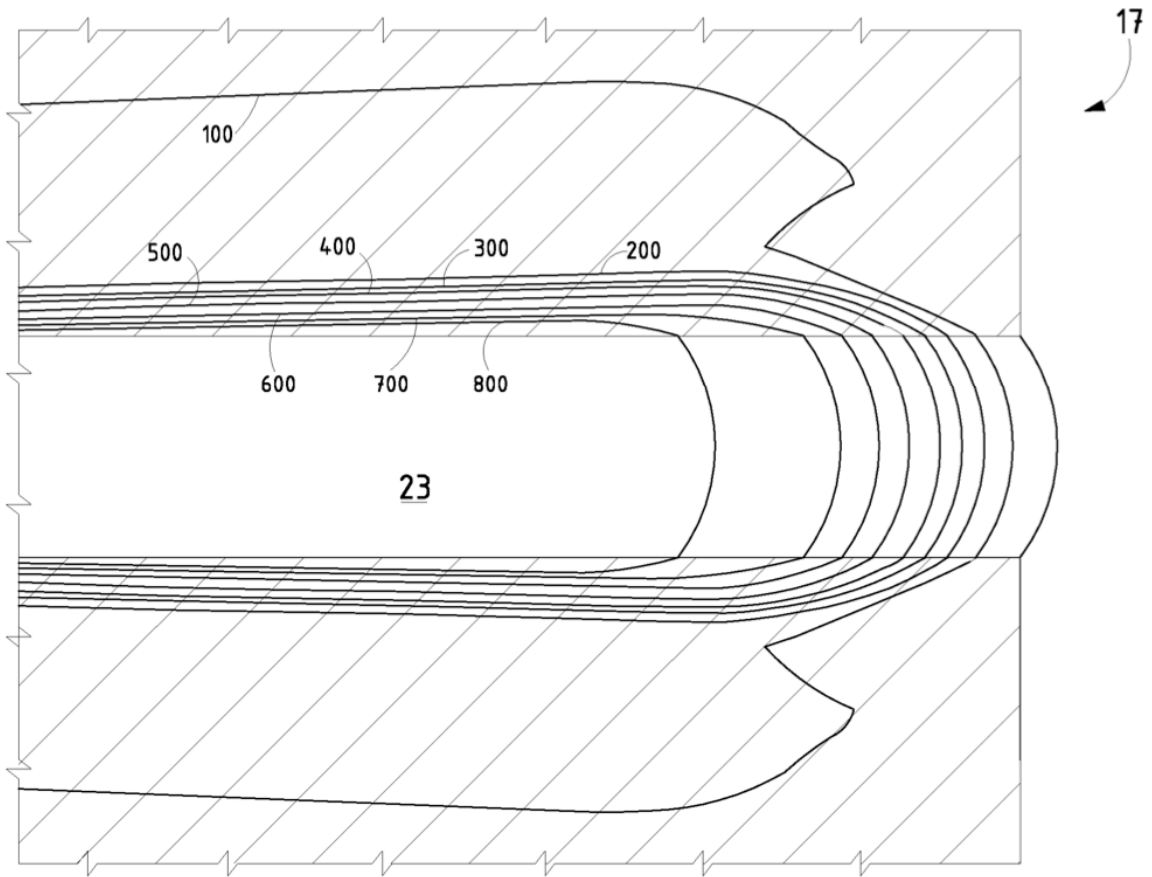


Fig.9A

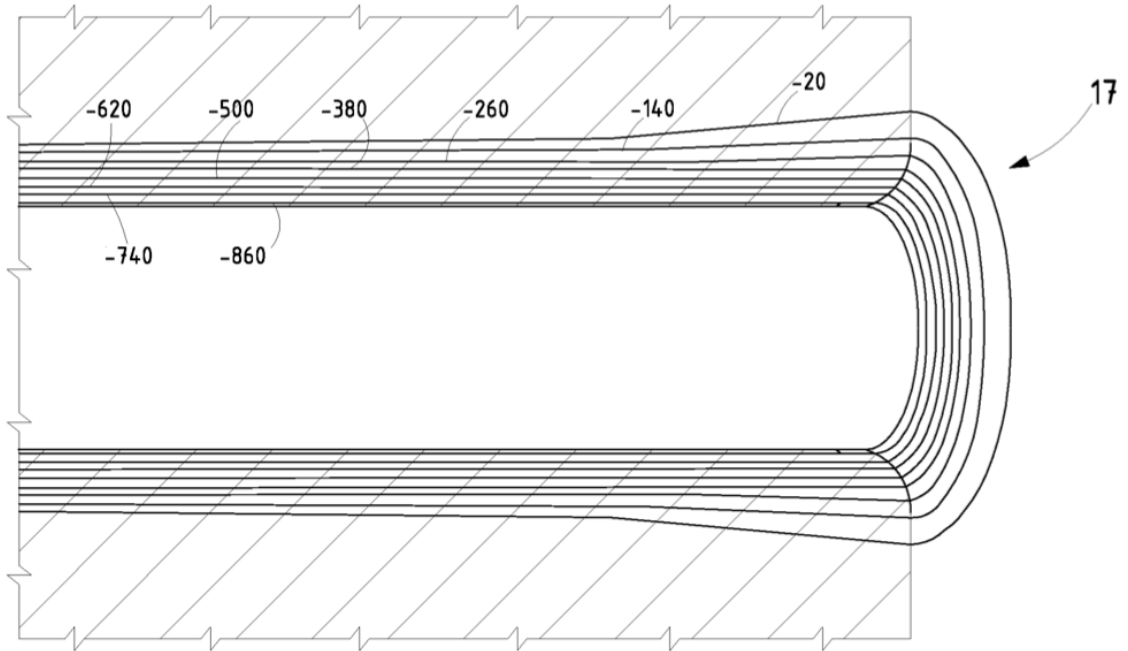


Fig.9B

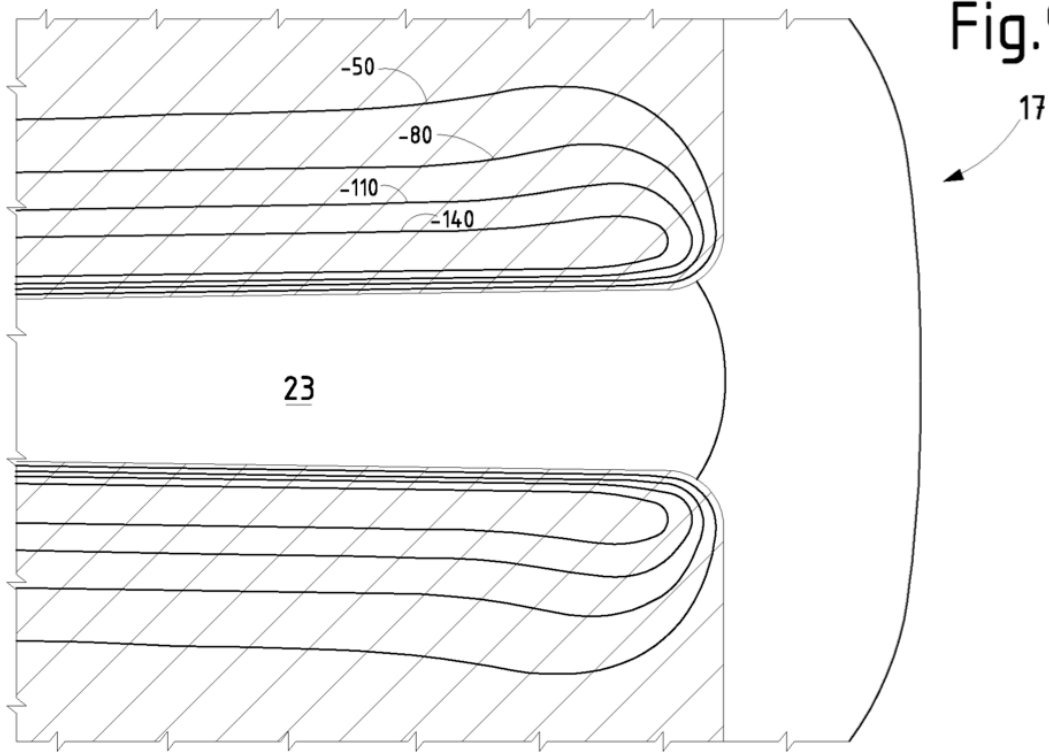


Fig.9c

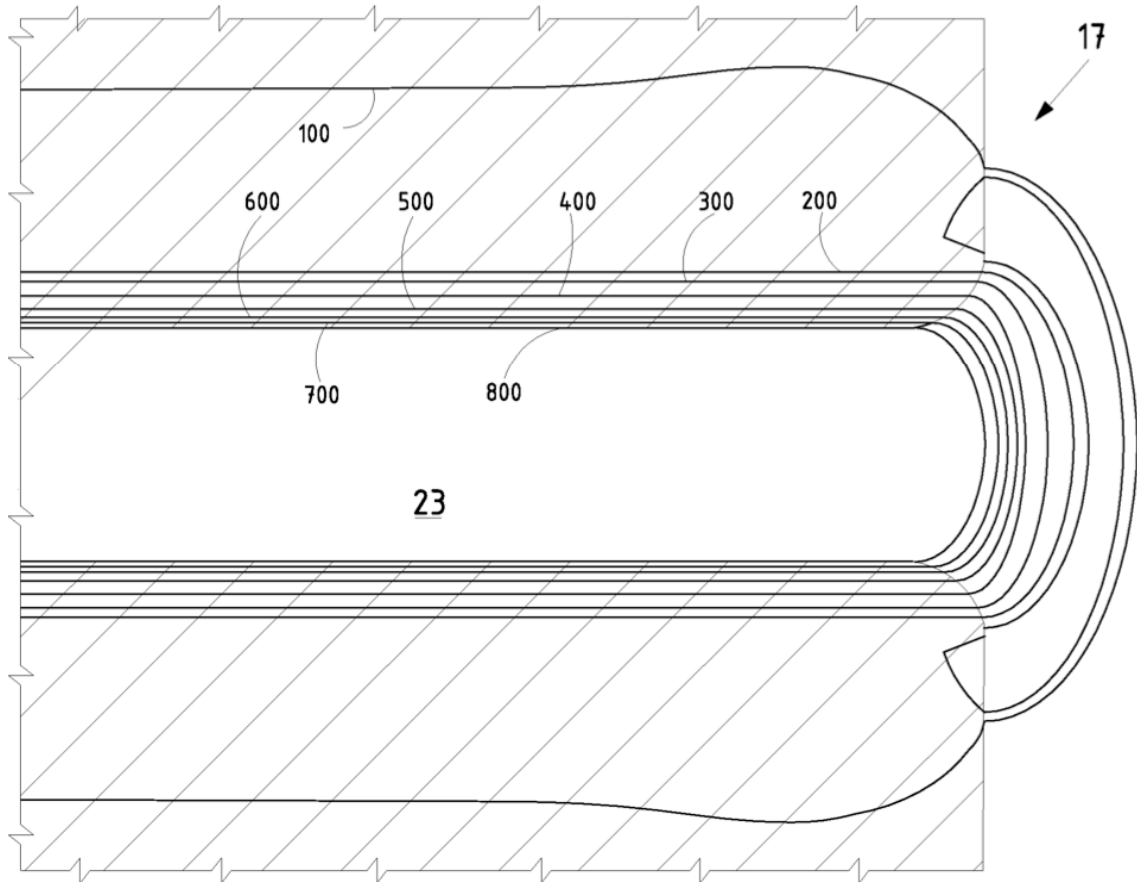


Fig.10A

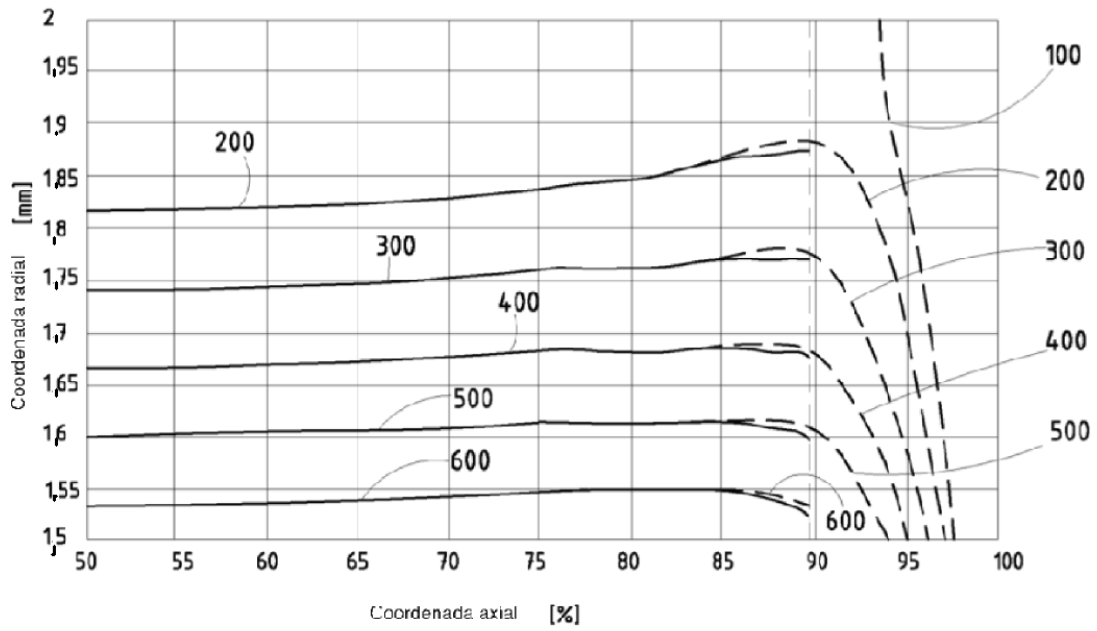


Fig.10B

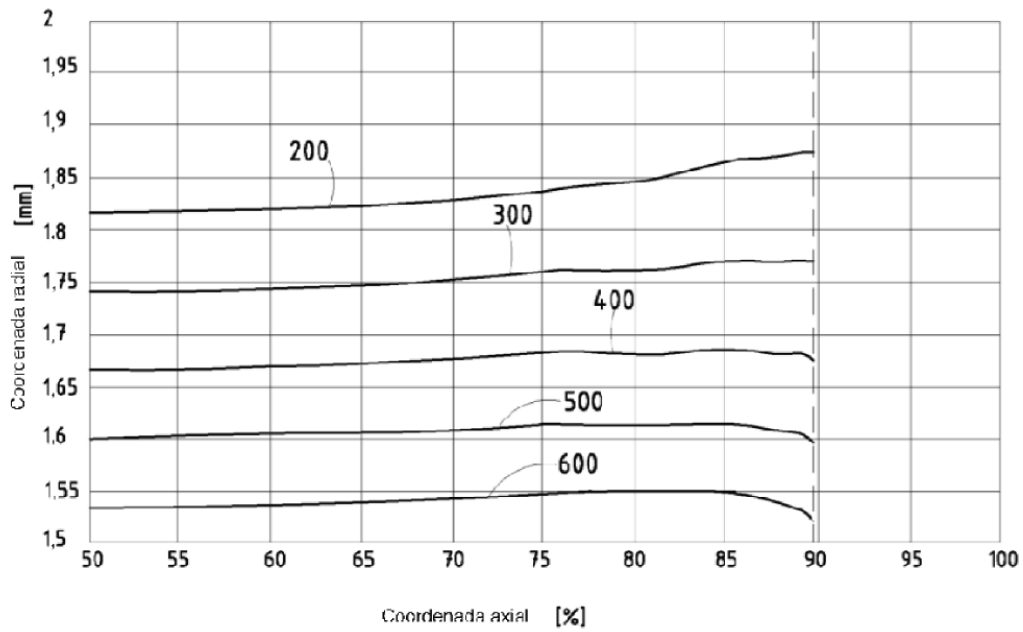


Fig.11A

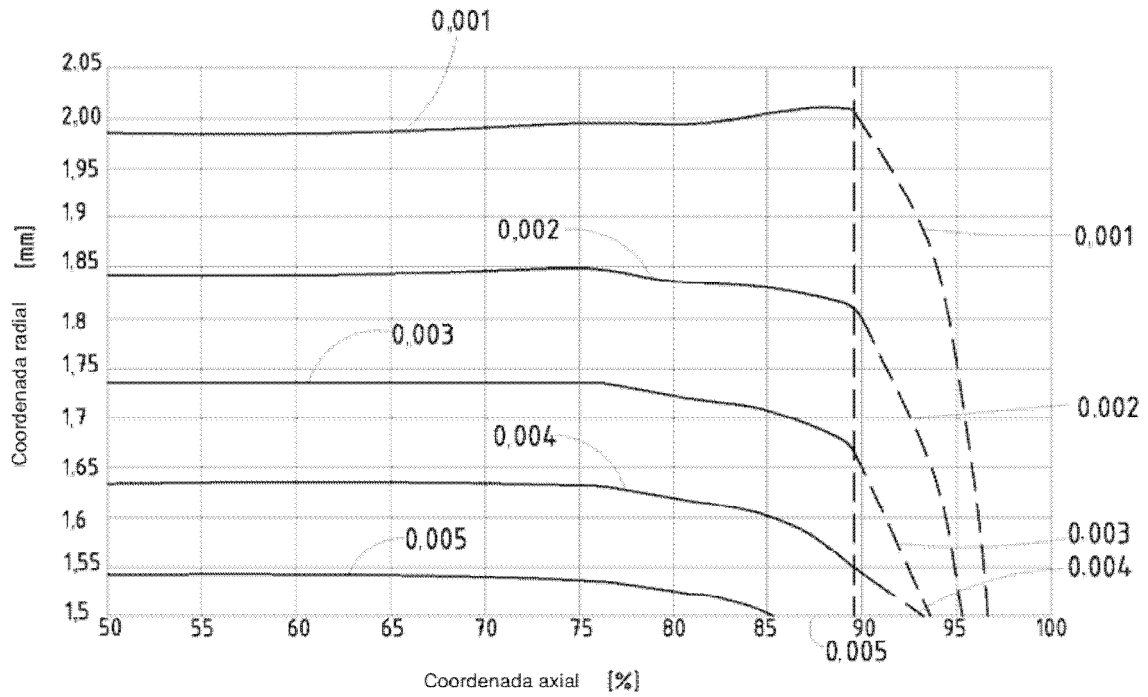


Fig.11B

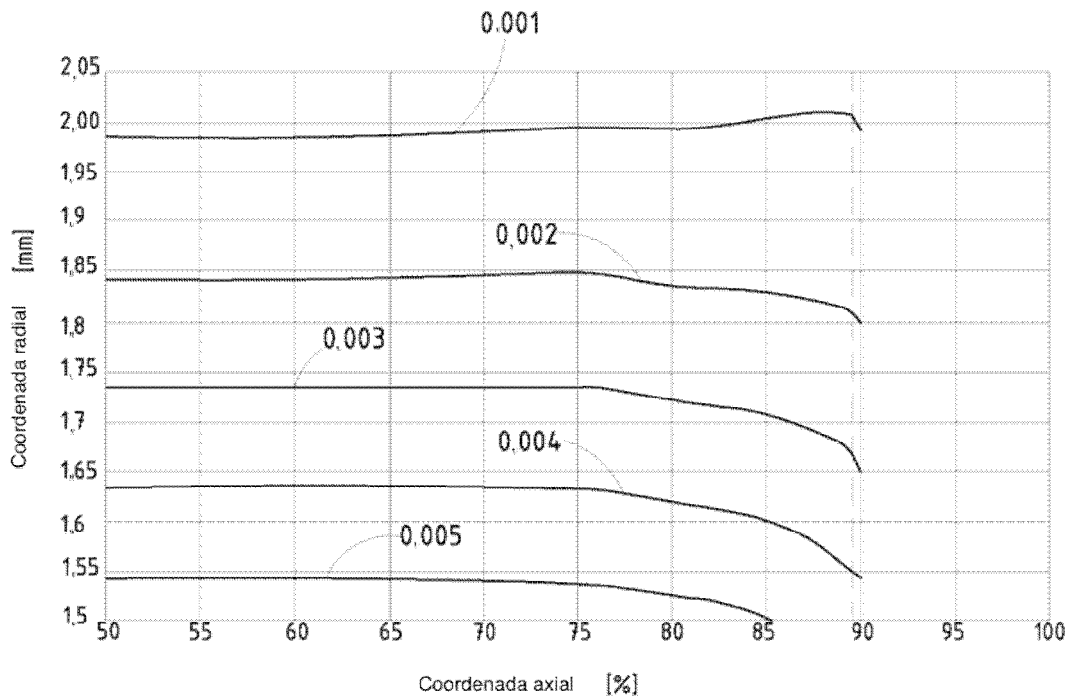


Fig.12A

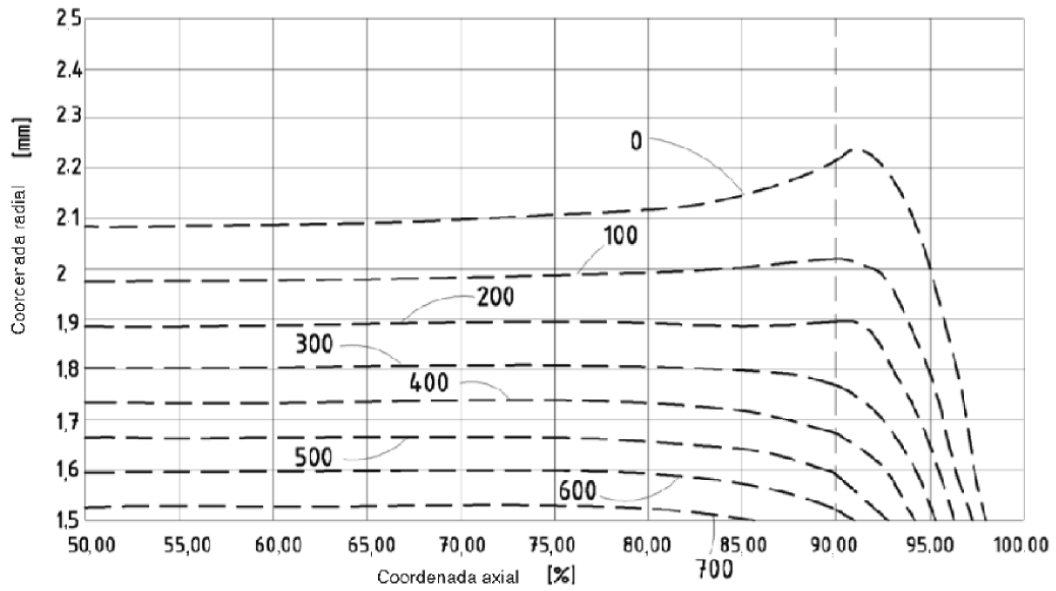


Fig.12B

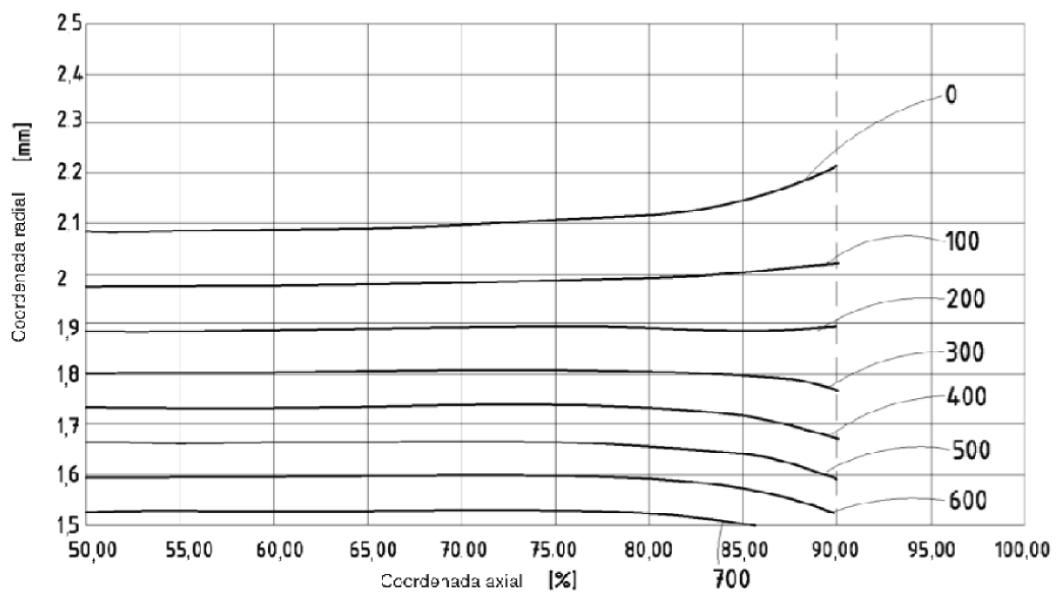


Fig.13A

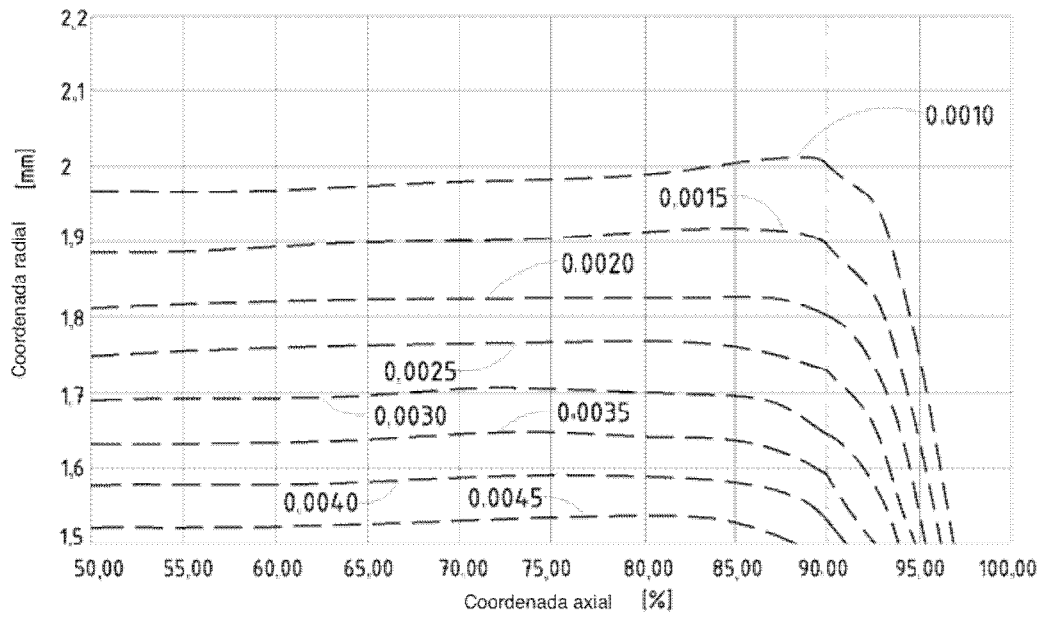


Fig.13B

