

CONEXIÓN ROSCADA PARA LA EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE UN POZO DE HIDROCARBUROS

CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a una conexión roscada para exploración y producción de un pozo de hidrocarburos y que comprende un miembro de acoplamiento, un primer miembro tubular y un segundo miembro tubular. Dicha conexión roscada que comprende un miembro de acoplamiento para acoplar el primer y segundo miembros tubulares de extremo a extremo también se denomina conexión “roscada y acoplada”.

En la conexión roscada conocida, el miembro de acoplamiento tiene un diámetro exterior de acoplamiento COD, una primera parte de caja con primeras roscas internas y una segunda parte de caja con segundas roscas internas. La primera parte de caja y la segunda parte de caja tienen un espesor radial A de parte de caja ubicado entre las primeras roscas internas y las segundas roscas internas. El primer miembro tubular tiene una primera parte de tubo sin rosca, y una primera parte de pasador con primeras roscas externas. El segundo miembro tubular tiene una segunda parte de tubo sin rosca, y una segunda parte de pasador con segundas roscas externas. La primera parte del tubo sin rosca y la segunda parte del tubo sin rosca tienen un diámetro exterior de tubo TOD y un espesor de pared radial del tubo W. El diámetro exterior de acoplamiento COD es mayor que el diámetro exterior del tubo TOD. Las primeras roscas internas, las segundas roscas internas, las primeras roscas externas y las segundas roscas externas tienen roscas de cuña de cola de milano. Las primeras roscas internas y las primeras roscas externas están

configuradas para formar un primer sello primario interno en la conformación final. Las segundas roscas internas y las segundas roscas externas están configuradas para formar un segundo sello primario interno en la conformación final.

Los sellos primarios internos primero y segundo forman en la conformación final la primera línea de defensa contra la presión interna en la conexión roscada.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En algunas situaciones, la conexión roscada conocida tiene un diámetro exterior demasiado grande para su uso en la exploración y/o producción de pozos de hidrocarburos específicos de menor diámetro, como los llamados pozos de hidrocarburos de perfil delgado, a veces denominados pozos de agujero delgado o terminaciones de agujero delgado.

SÍNTESIS DE LA INVENCION

La invención tiene el objeto de proporcionar una conexión roscada mejorada, o al menos alternativa, que pueda usarse en dichos pozos de hidrocarburos específicos de menor diámetro.

Este objeto se alcanza mediante una conexión roscada para la exploración y producción de un pozo de hidrocarburos y que comprende;

- un miembro de acoplamiento que tiene un diámetro exterior de acoplamiento COD y que comprende

una primera parte de caja que comprende primeras roscas internas,

una segunda parte de caja que comprende segundas roscas internas, y

una parte de borde que comprende un borde interno que se extiende radialmente, en donde

la parte del borde está ubicada entre la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja y tiene un espesor radial B de la parte del borde y una longitud axial de la parte del borde C, y

la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja tienen un espesor radial A de la parte de la caja ubicado entre el borde interno y, respectivamente, las primeras roscas internas y las segundas roscas internas,

- un primer miembro tubular que comprende una primera parte de tubo sin rosca, y una primera parte de pasador que comprende primeras roscas externas, y

- un segundo miembro tubular que comprende una segunda parte de tubo sin rosca, y una segunda parte de pasador que comprende segundas roscas externas, en donde

- la primera parte de tubo sin rosca y la segunda parte de tubo sin rosca tienen un diámetro exterior de tubo TOD y un espesor de pared de tubo radial W,

- el primer miembro tubular y el segundo miembro tubular tienen un diámetro interno de tubo TID,

- las primeras roscas internas, las segundas roscas internas, las primeras roscas externas y las segundas roscas externas tienen roscas de cuña de cola de milano,

- las primeras roscas internas y las primeras roscas externas están configuradas para formar un primer sello primario interno en la conformación final,
- las segundas roscas internas y las segundas roscas externas están configuradas para formar un segundo sello primario interno en la conformación final, y
- la conexión roscada cumple:

$$COD > TOD$$

$$B = \text{aproximadamente } ((COD - TID)/2)$$

$$C > 0, \text{ y}$$

$$A < W.$$

COD > TOD indica que el diámetro externo de acoplamiento COD del miembro de acoplamiento es mayor que el diámetro externo del tubo TOD de la primera parte del tubo sin rosca del primer miembro tubular y la segunda parte del tubo sin rosca del segundo miembro tubular.

Cuando se compara con la conexión roscada conocida, la parte del borde se ha agregado entre la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja. El espesor de la parte del borde B de la parte del borde se mide en dirección radial con respecto a un eje longitudinal de la conexión roscada y la longitud de la parte del borde C se mide en dirección axial.

$B = (COD - TID)/2$ indica que la parte del borde se extiende desde el diámetro exterior del acoplamiento COD del miembro de acoplamiento hasta el diámetro interno del tubo TID del primer miembro tubular y el segundo miembro tubular. Esto facilita el flujo de fluido a través de la conexión roscada. Que B es

“aproximadamente” el valor de $(COD - TID)/2$ es expresar que B puede diferir del valor de $(COD - TID)/2$ en la medida en que la diferencia no interfiera con la función del borde y el funcionamiento de la conexión. La diferencia puede ser, por ejemplo, el resultado de las tolerancias de la máquina.

$C > 0$ indica que la parte del borde con una longitud de parte del borde axial C se ha agregado a la conexión roscada.

Una conexión roscada de acuerdo con la invención que comprende un miembro de acoplamiento para acoplar un primer y un segundo miembro tubular de extremo a extremo también se denomina conexión “roscada y acoplada”.

El funcionamiento del primer y segundo sellos primarios internos puede verse afectado cuando las presiones internas de los fluidos que fluyen a través de la conexión roscada son demasiado altas y separan las primeras roscas internas de las primeras roscas externas y las segundas roscas internas de las segundas roscas externas.

Para soportar estas altas presiones internas, el miembro de acoplamiento de la conexión roscada conocida tiene un espesor de parte de caja radial relativamente grande A medido entre las primeras roscas internas y las segundas roscas internas del miembro de acoplamiento. En la conexión roscada conocida, el espesor de la parte de la caja radial A es mayor que el espesor de la pared del tubo radial W de la primera parte del tubo sin rosca del primer miembro tubular y la segunda parte del tubo sin rosca del segundo miembro tubular. Esto da como resultado un diámetro externo de acoplamiento relativamente grande.

La separación de las primeras roscas internas de las primeras roscas externas y las segundas roscas internas de las segundas roscas externas es causada por la deformación radial creada por las presiones internas de los fluidos que fluyen a través de la conexión roscada. La invención se basa en la idea de que dicha deformación radial está asociada con las tensiones circunferenciales en la conexión roscada y que estas tensiones circunferenciales se pueden reducir mediante la adición de la parte del borde de la conexión roscada de acuerdo con la invención.

Esto significa que, al agregar la parte del borde a la conexión roscada conocida, el espesor de la parte radial de la caja A del miembro de acoplamiento se puede reducir mientras se asegura que el primer sello primario interno entre las primeras roscas internas y las primeras roscas externas y el segundo sello primario interno se mantiene entre las segundas roscas internas y las segundas roscas externas. Como resultado, el espesor de la parte radial de la caja A de las partes primera y segunda de la caja del miembro de acoplamiento de la conexión roscada de acuerdo con la invención es menor que el espesor de la pared del tubo radial W de la primera y segunda partes del tubo sin rosca del primer y segundo miembros tubulares. Esto se indica con $A < W$.

El espesor reducido de la parte radial de la caja A se puede lograr eliminando material en la superficie de acoplamiento exterior del miembro de acoplamiento mientras se mantienen sin cambios las roscas internas primera y segunda del miembro de acoplamiento y los miembros tubulares. De esta manera, el diámetro externo de acoplamiento COD se reduce y la conexión roscada se puede usar en dichos pozos de hidrocarburos más pequeños específicos, incluso si se usan miembros tubulares estandarizados.

En una forma de realización de la conexión roscada, la longitud de la parte del borde axial C de la parte del borde cumple con: $C \leq 31,75 \text{ mm}$ (1,25 pulgadas), preferentemente $C \leq 27,94 \text{ mm}$ (1,1 pulgadas), más preferentemente $C \leq 25,4 \text{ mm}$ (1,0 pulgadas).

En una forma de realización de la conexión roscada, la longitud de la parte del borde axial C de la parte del borde cumple con: $C \geq 6,35 \text{ mm}$ (0,25 pulgadas), preferentemente $C \geq 10,16 \text{ mm}$ (0,4 pulgadas), más preferentemente $C \geq 12,7 \text{ mm}$ (0,5 pulgadas).

En una forma de realización de la conexión roscada, la longitud de la parte del borde axial C de la parte del borde cumple con: $20,32 \text{ mm}$ (0,8 pulgadas) $\leq C \leq 27,94 \text{ mm}$ (1,1 pulgadas), preferentemente $C = 25,4 \text{ mm}$ (1,0 pulgadas)

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada cumple con: $A \leq 0,9 W$, preferentemente $A \leq 0,8 W$. Esto indica que el espesor de la parte de la caja radial A es menor o igual al 90%, preferentemente el 80%, del espesor de la pared del tubo radial W .

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada cumple con: $A \geq 0,7 W$. Esto indica que el espesor de la parte de la caja radial A es mayor o igual al 70% del espesor de la pared del tubo radial W .

En una forma de realización de la conexión roscada, el espesor de la parte radial de la caja A está ubicado en la sección transversal crítica de la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja.

En una forma de realización de la conexión roscada, el diámetro exterior del tubo TOD de la primera y segunda partes del tubo sin rosca de los miembros tubulares primero y segundo cumple con: $114,3 \text{ mm (4,5 pulgadas)} \leq \text{TOD} \leq 244,5 \text{ mm (9 5/8 pulgadas)}$, preferentemente $114,3 \text{ mm (4,5 pulgadas)} \leq \text{TOD} \leq 193,7 \text{ mm (7,625 pulgadas)}$, más preferentemente $114,3 \text{ mm (4,5 pulgadas)} \leq \text{TOD} \leq 139,7 \text{ mm (5,5 pulgadas)}$.

En una forma de realización de la conexión roscada, el espesor de la pared del tubo radial W de la primera y segunda partes del tubo sin rosca del primer y segundo miembros tubulares cumple con: $6,3 \text{ mm (0.250 pulgadas)} \leq W \leq 12,7 \text{ mm (0.500 pulgadas)}$, preferentemente $7,3 \text{ mm (0,290 pulgadas)} \leq W \leq 11,1 \text{ mm (0,437 pulgadas)}$.

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada comprende las características que en una primera dirección desde el borde interno y hacia el primer sello primario interno, las primeras roscas internas y las primeras roscas externas comienzan a tener un contacto completo en una primera posición inicial del sello, en una segunda dirección opuesta desde el borde interno y hacia el segundo sello primario interno, las segundas roscas internas y las segundas roscas externas comienzan a tener contacto total en una segunda posición inicial del sello, la primera posición inicial del sello está ubicada en un eje distancia de sellado D desde la segunda posición inicial del sellado, y $D > C$.

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada cumple con:

$3,6 \text{ mm (0,142 pulgadas)} \leq (D - C)/2 \leq 9,9 \text{ mm (0,392 pulgadas)}$. Esto indica que las primeras y segundas posiciones iniciales del sello están ubicadas a una distancia axial de la parte del borde de más de o igual a 3,6 mm (0,142 pulgadas) y menor o igual a 9,9 mm (0,392 pulgadas). De preferencia, la conexión roscada cumple con: $5 \text{ mm (0,2 pulgadas)} \leq (D - C)/2 \leq 7,7 \text{ mm (0,3 pulgadas)}$, más preferentemente $(D - C)/2$ es 6,1 mm (0,242 pulgadas).

En una forma de realización de la conexión roscada, el borde interno que se extiende radialmente está ubicado entre la primera parte del pasador y la segunda parte del pasador.

En una forma de realización de la conexión roscada, el primer miembro tubular (más específicamente, la primera parte del pasador) comprende una primera punta del pasador, el segundo miembro tubular (más específicamente, la segunda parte del pasador) comprende una segunda punta del pasador, y en la conformación final - la primera punta de pasador y la segunda punta de pasador se encuentran a una distancia del borde interior.

En una forma de realización de la conexión roscada, el borde interno que se extiende radialmente está ubicado entre la primera punta del pasador y la segunda punta del pasador.

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada está en la conformación final libre de cualquier sello interno adicional (además del primer sello primario interno y el segundo sello primario interno).

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada está en la conformación final libre de cualquier sello secundario adicional o sello de metal a metal (además del primer sello primario interno y el segundo sello primario interno y el acoplamiento de roscas completas).

En una forma de realización de la conexión roscada, las primeras roscas internas y las primeras roscas externas juntas forman un primer paso de rosca, y las segundas roscas internas y las segundas roscas externas juntas forman un segundo paso de rosca.

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada está libre de cualquier paso de rosca adicional (además del primer paso de rosca y el segundo paso de rosca). El primer paso de rosca y el segundo paso de rosca son pasos de una sola rosca.

En una forma de realización de la conexión roscada, el primer paso de rosca y los segundos pasos de rosca son pasos de rosca cónicos.

En una forma de realización de la conexión roscada:

- la conexión roscada define un eje longitudinal,
- las primeras roscas internas tienen un ángulo constante de conicidad de las primeras roscas internas α_1 con respecto al eje longitudinal,
- las primeras roscas externas tienen un ángulo constante de conicidad de las primeras roscas externas β_1 con respecto al eje longitudinal,

- el ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 y el ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 son iguales entre sí,
- las segundas roscas internas tienen un ángulo constante de conicidad de segundas roscas internas α_2 con respecto al eje longitudinal,
- las segundas roscas externas tienen un ángulo constante de conicidad de segundas roscas externas β_2 con respecto al eje longitudinal, y
- el ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 y el ángulo de conicidad de segundas roscas externas β_2 son iguales entre sí.

En una forma de realización de la conexión roscada, el ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 , el ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 , el ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 , y el ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 tienen una conicidad diametral de entre y que incluye 0,36 y 0,86 mm/revolución (0,014 y 0,034 pulgadas/revolución), preferentemente entre 0,51 y 0,71 mm/revolución (0,020 y 0,028 pulgadas/revolución).

En una forma de realización de la conexión roscada, las primeras roscas internas y las primeras roscas externas están configuradas para tener una primera interferencia de rosca radial en la conformación final, y las segundas roscas internas y las segundas roscas externas están configuradas para tener una segunda interferencia de rosca radial en la conformación final.

En una forma de realización de la conexión roscada:

- la conexión roscada define un eje longitudinal,
- las primeras roscas internas tienen un ángulo constante de conicidad de las primeras roscas internas α_1 con respecto al eje longitudinal,
- las primeras roscas externas tienen un ángulo constante de conicidad de las primeras roscas externas β_1 con respecto al eje longitudinal,
- el ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 es mayor que el ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 ,
- las segundas roscas internas tienen un ángulo de conicidad de las segundas roscas externas α_2 con respecto al eje longitudinal,
- las segundas roscas externas tienen un ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 con respecto al eje longitudinal, y
- el ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 es mayor que el ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 .

En una forma de realización de la conexión roscada, el ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 y el ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 tienen una conicidad interna diametral de entre 0,41 y 0,91 mm/revolución (0,016 y 0,036 pulgadas/revolución), preferentemente entre 0,56 y 0,76 mm/revolución (0,022 y 0,030 pulgadas/revolución), y el ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 y el ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 tienen una conicidad externa diametral de entre y que incluye 0,36 y

0,86 mm/revolución (0,014 y 0,034 pulgadas/revolución), preferentemente de entre y que incluye 0,51 y 0,71 mm/revolución (0,020 y 0,028 pulgadas/revolución).

En una forma de realización de la conexión roscada:

- las primeras roscas internas y las primeras roscas externas están configuradas para tener una primera interferencia de rosca radial en la conformación final,
- la primera interferencia del rosca radial entre las primeras roscas internas y las primeras roscas externas disminuye en una primera dirección desde el borde interno y hacia el primer sello primario interno,
- las segundas roscas internas y las segundas roscas externas están configuradas para tener una segunda interferencia de rosca radial en la conformación final, y
- la interferencia de la segunda rosca radial entre las segundas roscas internas y las segundas roscas externas disminuye en una segunda dirección opuesta desde el borde interno y hacia el segundo sello primario interno.

La parte “primera dirección desde el borde interno y hacia el primer sello primario interno” indica la dirección de la primera dirección. No indica que la primera dirección comience en el borde interno y/o termine en el primer sello primario interno. La parte “segunda dirección desde el borde interno y hacia el segundo sello primario interno” indica la dirección de la segunda dirección. No indica que la segunda dirección comience en el borde interno y/o termine en el segundo sello primario interno.

En una forma de realización de la conexión roscada:

- la primera interferencia de rosca radial entre las primeras roscas internas y las primeras roscas externas disminuye en la primera dirección hasta que se alcanza un primer valor de interferencia de rosca radial cero, y

- la segunda interferencia de rosca radial entre las segundas roscas internas y las segundas roscas externas disminuye en la segunda dirección hasta que se alcanza un segundo valor de interferencia de rosca radial cero.

En una forma de realización de la conexión roscada:

- las primeras roscas internas y las primeras roscas externas están, en la primera dirección y más allá de una ubicación de primera rosca donde se alcanza el primer valor de interferencia de rosca radial de cero, libres de un primer espacio libre de rosca radial entre las primeras roscas internas y las primeras roscas externas, y

- las segundas roscas internas y las segundas roscas externas están en la segunda dirección y más allá de una segunda ubicación de rosca, donde se alcanza el segundo valor de interferencia de rosca radial de cero, libres de un segundo espacio libre de rosca radial entre las segundas roscas internas y las segundas roscas externas.

En una forma de realización de la conexión roscada:

- las primeras roscas internas y las primeras roscas externas tienen, en la primera dirección y más allá de una primera ubicación de rosca donde se alcanza el primer valor de interferencia de rosca radial de cero, un primer espacio libre de rosca radial entre las primeras roscas internas y las primeras roscas externas, y

- las segundas roscas internas y las segundas roscas externas tienen, en la segunda dirección y más allá de una segunda ubicación de rosca donde se alcanza el segundo valor de interferencia de rosca radial de cero, un segundo espacio libre de rosca radial entre las segundas roscas internas y las segundas roscas externas.

En una forma de realización de la conexión roscada, el miembro de acoplamiento comprende una primera ranura de alivio ubicada entre las primeras roscas internas y el borde interno y una segunda ranura de alivio ubicada entre las segundas roscas internas y el borde interno. Más específicamente, la primera ranura de alivio está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal ubicado entre las primeras roscas internas y el borde interno y la segunda ranura de alivio está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal ubicado entre las segundas roscas internas y el borde interno. Las ranuras de alivio primera y segunda son utilizadas durante el proceso de producción del miembro de acoplamiento por las herramientas de torno para alejarse de las roscas internas primera y segunda y fuera del miembro de acoplamiento sin dañar el borde interno que se extiende radialmente después de las formar las roscas internas primera y segunda.

En una forma de realización de la conexión roscada, el espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja está ubicado en la primera ranura de alivio y en la segunda ranura de alivio, respectivamente.

En una forma de realización de la conexión roscada, el diámetro exterior de acoplamiento COD es la dimensión diametral más grande de la conexión roscada.

En una forma de realización de la conexión roscada, la parte del borde tiene un diámetro interno de borde RID y la conexión roscada cumple con: $RID =$

aproximadamente TID. Esto indica que la parte del borde, más específicamente el borde interno, está al ras o casi al ras con el primer y segundo miembros tubulares. Que el RID sea aproximadamente el valor de TID significa que RID puede diferir de TID en la medida en que la diferencia no interfiera con la función del borde y el funcionamiento de la conexión. La diferencia entre TID y RID puede ser, por ejemplo, el resultado de tolerancias de la máquina. En una forma de realización preferida, $RID = TID \pm 0,127 \text{ mm}$ (0,050 pulgadas). En una forma de realización más preferida, $RID = TID$.

En una forma de realización de la conexión roscada, la parte del borde tiene un diámetro exterior de borde ROD y la conexión roscada cumple con: $B = (ROD - RID)/2$. Esto indica que el espesor de la parte radial del borde B se extiende desde el diámetro externo del borde ROD hasta el diámetro interno del borde RID.

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada cumple con: $DQO = ROD$. Esto indica que el diámetro externo de acoplamiento COD y el diámetro externo del borde ROD son iguales entre sí.

En una forma de realización de la conexión roscada, la primera parte de la caja tiene un diámetro exterior FBOD de la primera caja, la segunda parte de la caja tiene un diámetro exterior SBOD de la segunda caja, y la conexión roscada cumple con: $COD = FBOD = SBOD$. Esto indica que el diámetro externo de acoplamiento COD, el diámetro externo de la primera caja FBOD y el diámetro externo de la segunda caja SBOD son iguales entre sí.

En una forma de realización de la conexión roscada, la conexión roscada define un eje longitudinal.

En una forma de realización de la conexión roscada, el espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal ubicado entre el borde interno y las primeras roscas internas y las segundas roscas internas, respectivamente.

En una forma de realización de la conexión roscada, el espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja se mide en dirección radial con respecto al eje longitudinal.

En una forma de realización de la conexión roscada, el miembro de acoplamiento comprende una superficie de acoplamiento exterior que define el diámetro exterior de acoplamiento COD y el espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja se mide desde la superficie de acoplamiento exterior.

En una forma de realización de la conexión roscada, la superficie de acoplamiento externa forma un límite de espesor externo del espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja y la segunda parte de la caja.

En una forma de realización de la conexión roscada, la primera parte del pasador del primer miembro tubular está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal ubicado entre el borde interno y la primera parte del tubo sin rosca, y la segunda parte del pasador del segundo miembro tubular está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal ubicado entre el borde interno y la segunda parte del tubo sin rosca.

En una forma de realización de la conexión roscada, la parte de borde y el borde interno rodean completamente el eje longitudinal.

En una forma de realización de la conexión roscada, la parte del borde comprende una superficie interna del borde que está casi al ras, preferentemente al ras, con una superficie interna del primer tubo del primer miembro tubular y una superficie interna del segundo tubo del segundo miembro tubular.

Será evidente para el experto en la técnica que la conexión roscada de acuerdo con la invención puede comprender una combinación de las características de cualquiera de las formas de realización definidas anteriormente de la conexión roscada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Las formas de realización de la conexión roscada de acuerdo con la invención se describirán solo a modo de ejemplo, en el que la referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos en los que los símbolos de referencia correspondientes indican partes correspondientes, y en los que:

la Figura 1A muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de una forma de realización de la conexión roscada de acuerdo con la invención,

la Figura 1B muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de la conexión roscada de la Figura 1A,

la Figura 2 muestra esquemáticamente una vista ampliada de la parte II de la Figura 1,

la Figura 3 muestra esquemáticamente una vista ampliada de la parte III de la Figura 2,

la Figura 4 contiene el gráfico 1 que muestra las tensiones circunferenciales en diferentes formas de realización de una conexión roscada (b–n) que tiene la construcción de la Figura 1 y en una conexión roscada (a) sin parte de borde,

la Figura 5 contiene el gráfico 2 que muestra las tensiones circunferenciales en la primera posición inicial del sello de las conexiones roscadas (a–n) del gráfico 1,

la Figura 6 contiene el gráfico 3 que muestra las tensiones circunferenciales en la primera posición inicial del sello de las formas de realización alternativas a 'n' de las conexiones roscadas del gráfico 2,

la Figura 7 muestra esquemáticamente una representación de los ángulos cónicos de la conexión roscada de la Figura 1,

la Figura 8 muestra esquemáticamente una representación de los ángulos cónicos de una primera forma de realización alternativa de la conexión roscada de acuerdo con la invención, y

la Figura 9 muestra esquemáticamente una representación de los ángulos cónicos de una segunda realización alternativa de la conexión roscada de acuerdo con la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La Figura 1A muestra una vista en perspectiva de una forma de realización de la conexión roscada 1 de acuerdo con la invención en la conformación final 20. La conexión roscada 1 para exploración y producción de un pozo de hidrocarburos comprende un miembro de acoplamiento 2, un primer miembro tubular 9 y un

segundo miembro tubular 13. Partes del miembro de acoplamiento 2, el primer miembro tubular 9 y el segundo miembro tubular 13 están recortados para mostrar más detalles de la conexión roscada 1. La Figura 1B muestra una vista en sección transversal de la conexión roscada de la Figura 1A. La Figura 2 muestra una vista ampliada de la parte II de la Figura 1A. La Figura 3 muestra una vista ampliada de la parte III de la Figura 2.

La conexión roscada 1 define un eje longitudinal 31. El miembro de acoplamiento 2 tiene un diámetro externo de acoplamiento COD definido por una superficie de acoplamiento externa 35, una primera parte de caja 3 que comprende primeras roscas internas 4, una segunda parte de caja 5 que comprende segundas roscas internas 6, y una parte de borde 7 que comprende un borde interno que se extiende radialmente 8. La primera parte de caja 3 tiene una primera longitud de caja FBL. La segunda parte de la caja 5 tiene una segunda longitud de caja SBL. La parte del borde 7 está ubicada entre la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5 y tiene un espesor de la parte del borde radial B y una longitud de la parte del borde axial C. La primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5 tienen un espesor de la parte de la caja radial A ubicado entre, respectivamente, el borde interior 8 y las primeras roscas internas 4 y las segundas roscas internas 6. Esto significa que la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5 tienen un espesor de la parte de la caja radial A. El espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja 3 está ubicado entre las primeras roscas internas 4 y el borde interno 8. El espesor de la parte de la caja radial A de la segunda parte interna de la caja 5 está ubicado entre las segundas roscas internas 6 y el borde interno 8.

Más específicamente, el espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5 está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal 31 ubicado entre el borde interno 8 y las primeras roscas internas 4 y las segundas roscas internas 6, respectivamente. El espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5 se mide en dirección radial con respecto al eje longitudinal 31. El espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5 se mide desde la superficie de acoplamiento exterior 35. La superficie de acoplamiento exterior 35 forma un límite de espesor exterior 36 del espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5.

En particular, se observa que el miembro de acoplamiento 2 que incluye la parte de borde 7 con el borde interior 8 gira alrededor del eje longitudinal 31. Como tal, la parte de borde 7 que comprende el borde interior 8 está situada a una distancia axial de las primeras roscas internas 4 y de las segundas roscas internas 6. En consecuencia, el espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5 está entre el borde interno 8 y las primeras roscas internas 4 y las segundas roscas internas 6.

El primer miembro tubular 9 comprende una primera parte 10 de tubo no roscado, y una primera parte 11 de pasador que comprende primeras roscas externas 12.

El segundo miembro tubular 13 comprende una segunda parte de tubo sin rosca 14, y una segunda parte de pasador 15 que comprende segundas roscas externas 16.

La primera parte de pasador 11 del primer miembro tubular 9 está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal 31 ubicado entre el borde interior 8 y la primera parte

de tubo no roscado 10, y la segunda parte de pasador 15 del segundo miembro tubular 13 está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal 31 ubicado entre el borde interior 8 y la segunda parte 14 del tubo sin rosca.

La primera parte de tubo sin rosca 10 y la segunda parte de tubo sin rosca 14 tienen un diámetro exterior de tubo TOD y un espesor de pared de tubo radial W.

El primer miembro tubular 9 y el segundo miembro tubular 13 tienen un diámetro interno de tubo TID.

Las primeras roscas internas 4, las segundas roscas internas 6, las primeras roscas externas 12 y las segundas roscas externas 16 tienen roscas de cuña de cola de milano 17.

Las roscas de cuña de cola de milano 17 se caracterizan por roscas que tienen un ángulo de flanco negativo para sus flancos de emboque y flancos de carga. Las roscas de cuña de cola de milano 17 aumentan de ancho en direcciones opuestas en la parte de pasador y la parte de caja correspondiente. La velocidad a la que las roscas de cuña de cola de milano 17 cambian de ancho está definida por una variable comúnmente conocida como “relación de cuña”. La relación de cuña (aunque técnicamente no es una relación) se refiere a la diferencia entre el cable del flanco de emboque y el cable del flanco de carga, lo que hace que las roscas 17 de cola de milano varíen en ancho a lo largo de la conexión roscada. Un “tramo” de un subproceso se refiere a la distancia diferencial entre un componente de un subproceso en subprocesos consecutivos. Como tal, el “tramo del flanco de emboque” es la distancia entre los flancos de emboque de pasos de rosca consecutivos a lo largo de la longitud axial de la conexión tubular roscada.

Las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 están configuradas para formar un primer sello primario interno 19 en la conformación final 20. Las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 están configuradas para formar un segundo sello primario interno 18 en la conformación final 20.

El término “conformación” se refiere a enganchar la primera y segunda partes del pasador 11, 15 en la primera y segunda partes de la caja 3, 5 y enroscar dichas partes juntas aplicando un torque. La conformación final 20 se refiere a la situación en la que la conformación se ha completado enroscando las partes 11, 15 y 1 y 2 del pasador primero y segundo, las partes 3, 5 de la caja primera y segunda juntas hasta una cantidad deseada de torque, o hasta que la primera y la segunda parte del pasador 11, 15 alcanzan una posición específica con respecto a la primera y segunda parte de caja 3, 5.

El primer sello primario interno 19 está formado por el contacto completo entre las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12, y el segundo sello primario interno 18 está formado por el contacto total entre las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16.

El primer y el segundo sello primario interno 18, 19 forman en la conformación final 20 la primera línea de defensa contra la presión interna en la conexión roscada 1.

La conexión roscada 1 cumple con:

$$COD > TOD$$

$$B = (COD - TID)/2$$

$$C > 0, \text{ y}$$

$$A < W.$$

COD > TOD indica que el diámetro exterior de acoplamiento COD del miembro de acoplamiento 2 es mayor que el diámetro exterior del tubo TOD de la primera parte 10 del tubo sin rosca y la segunda parte 14 del tubo sin rosca.

En comparación con la conexión roscada conocida, la parte del borde 7 se ha agregado entre la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5. La parte del borde 7 tiene las mismas dimensiones exteriores que la primera y la segunda parte de la caja 3, 5 y tiene un borde interno 8 que se extiende internamente en una dirección radial hacia el eje longitudinal 31 y está ubicado entre la primera parte de pasador 11 del primer miembro tubular 9 y la segunda parte de pasador 15 del segundo miembro tubular 13. La parte de borde 7 rodea completamente el eje longitudinal 31 y tiene un espesor de parte del borde B medido en dirección radial y una longitud de parte del borde C medida en dirección axial. El borde interior 8 es un borde circunferencial que rodea el eje longitudinal 31.

$B = (COD - TID)/2$ indica que el borde interno 8 se extiende desde el diámetro externo de acoplamiento COD del miembro de acoplamiento hasta el diámetro interno TID del tubo. Esto facilita el flujo de fluido a través de la conexión roscada 1.

La parte de borde 7 comprende una superficie interior de borde 34 que está al ras con una superficie interior de primer tubo 32 del primer miembro tubular 9 y una superficie interior de segundo tubo 33 del segundo miembro tubular 13.

$C > 0$ indica que la parte de borde 7 con una longitud de parte de borde axial C se ha agregado a la conexión roscada.

La longitud de la parte del borde axial C puede cumplir con: $C \leq 31,75$ mm (1,25 pulgadas), preferentemente $C \leq 27,94$ mm (1,1 pulgadas), más preferentemente $C \leq 25,4$ mm (1,0 pulgadas).

La longitud de la parte del borde axial C puede cumplir con: $C \geq 6,35$ mm (0,25 pulgadas), preferentemente $C \geq 10,16$ mm (0,4 pulgadas), más preferentemente $C \geq 12,7$ mm (0,5 pulgadas).

La longitud de la parte del borde axial C puede cumplir con: 20,32 mm (0,8 pulgadas) $\leq C \leq 27,94$ mm (1,1 pulgadas), preferentemente $C = 25,4$ mm (1,0 pulgadas).

$A < W$ indica que el espesor de la parte de la caja radial A de la primera y segunda parte de la caja 3, 5 es más pequeño que el espesor de la pared del tubo radial W de la primera y segunda parte del tubo sin rosca 10, 14 del primer y segundo miembros tubulares 9, 13.

Para soportar altas presiones internas, las conexiones roscadas conocidas 1 típicamente tienen un espesor de parte de caja radial A que es mayor que el espesor de parte de tubo radial W. Esto da como resultado un gran diámetro exterior de acoplamiento COD.

La parte de borde 7 de la conexión roscada 1 de acuerdo con la invención permite que el espesor de la parte radial de la caja A pueda reducirse mientras se asegura que el primer y segundo sellos primarios internos 18, 19 se mantengan cuando se someten a altas presiones internas. Como resultado, la conexión roscada 1 con un diámetro exterior COD de acoplamiento más pequeño se puede proporcionar debido a que la conexión roscada 1 se puede usar en pozos de hidrocarburos de menor

diámetro, como los llamados pozos de hidrocarburos de perfil delgado, a veces denominados agujeros delgados pozos o terminaciones de agujeros delgados.

La dimensión diametral más grande de este tipo de conexión roscada 1 está típicamente formada por el diámetro externo de acoplamiento COD del miembro de acoplamiento 2. Para este tipo de conexión roscada 1 para exploración y producción de un pozo de hidrocarburos, se usan típicamente miembros tubulares con un diámetro externo de tubo estandarizado TOD para el primer y segundo miembros tubulares 9, 13. Para reducir la dimensión diametral más grande de la conexión roscada 1 se requiere reducir el espesor de la parte de la caja radial A del miembro de acoplamiento 2.

El espesor de la parte de la caja radial A y el espesor de pared del tubo radial W pueden cumplir con: $A \leq 0,9 W$, preferentemente $A \leq 0,8 W$.

El espesor de la parte de la caja radial A y el espesor de pared del tubo radial W pueden cumplir con: $A \geq 0,7 W$.

El espesor de la parte de la caja radial A se encuentra en la sección transversal crítica de la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5.

El diámetro exterior del tubo TOD puede cumplir con: 114,3 mm (4.5 pulgadas) $\leq$ TOD $\leq$ 244,5 mm (9 5/8 pulgadas), preferentemente 114,3 mm (4.5 pulgadas) $\leq$ TOD $\leq$ 193,7 mm (7.625 pulgadas), más preferentemente 114,3 mm (4,5 pulgadas) $\leq$ TOD $\leq$ 139,7 mm (5,5 pulgadas).

El espesor de la pared del tubo radial W puede cumplir con: 6,3 mm (0,250 pulgadas) $\leq W \leq$ 12,7 mm (0,500 pulgadas), preferentemente 7,3 mm (0,290 pulgadas) $\leq W \leq$ 11,1 mm (0,437 pulgadas).

En una primera dirección 21 desde el borde interno 8 y hacia el primer sello primario interno 19, las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 comienzan a tener contacto completo en una primera posición inicial del sello 22. En una segunda dirección opuesta 23 desde el borde interno 8 y hacia el segundo sello primario interno 18, las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 comienzan a tener contacto total en una segunda posición inicial del sello 24. La primera posición inicial del sello 22 está ubicada a una distancia de sello axial D desde la segunda posición inicial de sellado 24. La distancia de sellado axial D es mayor que la longitud de la parte del borde axial C. En otras palabras, la distancia de sellado axial D y la longitud de la parte del borde axial C cumplen con: $D > C$.

La parte “primera dirección 21 desde el borde interno 8 y hacia el primer sello primario interno 19” indica la dirección de la primera dirección 21. No indica que la primera dirección 21 comience en el borde interno 8 y/o termine en el primer sello primario interno 19. La parte “segunda dirección 23 desde el borde interno 8 y hacia el segundo sello primario interno 18” indica la dirección de la segunda dirección 23. No indica que la segunda dirección 23 comience en el borde interno 8 y/o termina en el segundo sello primario interno 18.

La longitud de la parte del borde axial C y la distancia de sellado axial D pueden cumplir con: 3,6 mm (0,142 pulgadas) $\leq (D - C)/2 \leq$ 9,9 mm (0,392 pulgadas),

preferentemente $5 \text{ mm (0,2 pulgadas)} \leq (D - C)/2 \leq 7,7 \text{ mm (0,3 pulgadas)}$, más preferentemente $(DC)/2$ es $6,1 \text{ mm (0,242 pulgadas)}$.

El borde interno 8 que se extiende radialmente se encuentra entre la primera parte 11 de pasador y la segunda parte 15 de pasador.

El primer miembro tubular 9 (más específicamente, la primera parte del pasador 11) comprende una primera punta del pasador 25, el segundo miembro tubular 13 (más específicamente, la segunda parte del pasador 15) comprende una segunda punta del pasador 26, y en la conformación final 20, la primera punta del pasador 25 y la segunda punta del pasador 26 están situadas a una distancia del borde interior 8 (véase la Figura 3).

El borde interno 8 que se extiende radialmente está situado entre la primera punta del pasador 26 y la segunda punta del pasador 26.

En la conformación final 20, la conexión roscada 1 está libre de cualquier sello interno adicional además del primer sello primario interno 19 y el segundo sello primario interno 18.

Las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 juntas forman un primer paso de rosca 27. Las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 juntas forman un segundo paso de rosca 28. La conexión roscada 1 está libre de cualquier paso de rosca adicional. Esto significa que no hay más pasos de rosca además del primer paso de rosca 27 y el segundo paso de rosca 28. El primer paso de rosca 27 y el segundo paso de rosca 28 son pasos de rosca cónicos.

El miembro de acoplamiento 2 comprende una primera ranura de alivio 29 ubicada entre las primeras roscas internas 4 y el borde interno 8 y una segunda ranura de alivio 30 ubicada entre las segundas roscas internas 6 y el borde interno 8. Más específicamente, la primera ranura de alivio 29 es en dirección axial a lo largo del eje longitudinal 31 ubicado entre las primeras roscas internas 4 y el borde interno 8 y la segunda ranura de alivio 30 está en dirección axial a lo largo del eje longitudinal 31 ubicado entre las segundas roscas internas 6 y el borde interno 8. El espesor de la parte de la caja radial A de la primera parte de la caja 3 y la segunda parte de la caja 5 se encuentra en la primera ranura de alivio 29 y en la segunda ranura de alivio 20, respectivamente.

En la forma de realización mostrada, la parte de borde 7 tiene un diámetro interno de borde RID que es igual al diámetro interno de tubo TID. En otras palabras, el diámetro interno del tubo TID y el diámetro interno del borde RID cumplen con: $TID = RID$. En otras formas de realización, puede haber un diámetro interno del tubo de diferencia TID y el diámetro interno del borde RID, por ejemplo en el orden de $\pm 0,127 \text{ mm}$ (0,050 pulgadas).

La parte 7 del borde tiene un diámetro externo de borde ROD y el espesor de la parte radial del borde B es igual a la diferencia entre el diámetro externo del borde ROD y el diámetro interno del borde RID dividido por dos. En otras palabras, el espesor parcial del borde radial B, el diámetro externo del borde ROD y el diámetro interno del borde RID cumplen con: $B = (ROD - RID)/2$.

El diámetro externo de acoplamiento COD es igual al diámetro externo del borde ROD. En otras palabras, el diámetro externo de acoplamiento COD y el diámetro externo del borde ROD cumplen con: $DQO = ROD$.

La primera parte de la caja 3 tiene un diámetro externo FBOD de la primera caja, la segunda parte de la caja 5 tiene un diámetro externo SBOD de la segunda caja, que son iguales al diámetro externo COD del acoplamiento. En otras palabras, el diámetro externo de acoplamiento COD, el diámetro externo de la primera caja FBOD y el diámetro externo de la segunda caja SBOD cumplen con: $COD = FBOD = SBOD$.

La Figura 4 contiene el gráfico 1 que muestra las tensiones circunferenciales en diferentes formas de realización de una conexión roscada (b–n) que tiene la construcción de la Figura 1 y en una conexión roscada (a) sin la parte de borde 7.

Para todas las conexiones roscadas a–n, el diámetro exterior del tubo TOD es 139,7 mm (5,5 pulgadas), el diámetro interno del tubo TID es 121,3 mm (4,776 pulgadas), el espesor de la pared del tubo radial W es 9,2 mm (0,361 pulg.), el diámetro exterior de acoplamiento COD es de 148,6 mm (5,852 pulg.) y el espesor de la parte radial de la caja A es de 6,9 mm (0,271 pulg.)

El gráfico 1 muestra las tensiones circunferenciales en las conexiones roscadas a–n sobre su longitud normalizada para una presión interna de 555 bar (8050 PSI). La longitud de las conexiones roscadas a–n se normaliza de 0 a 1. La longitud de la normalización implica la distancia entre el extremo distal de las primeras roscas formadas completas y el extremo distal de las segundas roscas formadas completas. El final de las roscas formadas completas es donde las roscas formadas

completas pasan a roscas incompletas. El extremo proximal de las roscas formadas completas es el extremo cerrado al borde, mientras que el extremo distal de las roscas formadas completas es el extremo más alejado del borde.

Las líneas verticales a–n indican las respectivas posiciones iniciales del primer y segundo sello 22, 24 de las conexiones roscadas a–n.

La conexión roscada a no es parte de la invención porque no tiene una parte de borde 7 que comprende un borde interno 8 que se extiende radialmente.

Las conexiones roscadas b–n tienen la misma construcción que la conexión roscada a con la diferencia de que se ha agregado una parte de borde 7 que comprende un borde interno 8 que se extiende radialmente entre la primera y la segunda parte de caja 3, 5.

Las conexiones roscadas b–n difieren entre sí en que tienen una longitud de parte de borde axial diferente C. La longitud de parte de borde axial C de las conexiones roscadas b–n se indica en la tabla 1.

Todas las conexiones roscadas b–n tienen un espesor radial de parte B de 13,64 mm (0,537 pulgadas).

Conexión roscada	Longitud de parte de borde axial C	Tensión Circunferencial en la primera posición inicial del sello
a	0,00 mm (0,00 pulg.)	5426,2 Bar (78700 PSI)
b	2,54 mm (0,10 pulg.)	5157,3 Bar (74800 PSI)
c	5,08 mm (0,20 pulg.)	4805,6 Bar (69700 PSI)
d	6,35 mm (0,25 pulg.)	4660,9 Bar (67600 PSI)
e	7,62 mm (0,30 pulg.)	4591,9 Bar (66600 PSI)
f	10,16 mm (0,40 pulg.)	4378,17 Bar (63500 PSI)
g	12,7 mm (0,50 pulg.)	4205,8 Bar (61000 PSI)
h	15,24 mm (0,60 pulg.)	4067,9 Bar (59000 PSI)
i	20,32 mm (0,80 pulg.)	3930,0 Bar (57000 PSI)
j	25,4 mm (1,0 pulg.)	3743,9 Bar (54300 PSI)
k	27,94 mm (1,10 pulg.)	3737,0 Bar (54200 PSI)
l	31,75 mm (1,25 pulg.)	3688,7 Bar (53500 PSI)
m	38,1 mm (1,50 pulg.)	3716,3 Bar (53900 PSI)
n	43,18 mm (1,70 pulg.)	3688,7 Bar (53500 PSI)

Tabla 1

Las diferentes posiciones de la primera y segunda posiciones iniciales de sellado 22, 24 indicadas en el gráfico 1 por las líneas verticales a–n están causadas por la diferente longitud de la parte axial del borde C de las partes 7 del borde de las conexiones roscadas b–n.

Las partes de borde 7 de las conexiones roscadas b–n se agregan entre la primera y segunda parte de caja 3, 5 de la conexión roscada a. En comparación con la conexión roscada a, la longitud de las conexiones roscadas b–n aumenta (en dirección axial) con una cantidad igual a la longitud de la parte axial de su borde C.

La Figura 5 contiene el gráfico 2 que muestra las tensiones circunferenciales en la primera posición inicial del sello 22 de las conexiones roscadas (a) de la Figura 4.

Dichas tensiones circunferenciales también se indican en la tabla 1. El gráfico 1 indica que las tensiones circunferenciales en las segundas posiciones iniciales del sello 24 son las mismas que en las primeras posiciones iniciales del sello 22.

Si la deformación radial (y la tensión circunferencial asociada) en la primera y segunda posición inicial del sello 22, 24 es demasiado alta, el primer y el segundo sello primario interno 18, 19 se verán afectados debido a la separación de las primeras roscas internas 4 de las primeras roscas externas 12, la primera posición inicial 22 del sello y de las segundas roscas internas 6 desde las segundas roscas externas 16 en la segunda posición inicial del sello 24. Una vez que se produce la separación en la primera y segunda posición inicial 22, 24 del sello debido a la deformación radial causada por la presión interna, el resto de las primeras roscas internas 4 se separarán más fácilmente del resto de las primeras roscas externas 12 y el resto de las segundas roscas internas 6 se separarán más fácilmente del resto de las segundas roscas externas 16.

La comparación de la conexión roscada a (sin la parte 7 del borde) con las conexiones roscadas b–n (con la parte 7 del borde) en los gráficos 1 y 2 revela que las partes 7 del borde reducen las tensiones circunferenciales en las conexiones roscadas b–n.

Especialmente el grado de tensión circunferencial en la primera y segunda posición inicial del sello 22, 24 es relevante, porque las tensiones circunferenciales demasiado altas (y las deformaciones radiales asociadas) en dicha primera y segunda posición inicial del sello 22, 24 perjudicarán el primer y el segundo sello primario interno 18, 19. Más allá de la primera y segunda posición

inicial del sello 22, 24, las tensiones circunferenciales (y las deformaciones radiales asociadas) son mucho menos relevantes, porque la presión interna no va más allá de la primera y segunda posición inicial del sello 22, 24 cuando los primeros y segundos sellos primarios internos 18, 19 se mantienen. Las mayores tensiones circunferenciales más allá de la primera y segunda posiciones iniciales de sellado 22, 24 pueden reducirse mediante las formas de realización alternativas de la conexión roscada de acuerdo con la invención mostrada en las Figuras 8 y 9.

Los gráficos 1 y 2 también revelan que la dimensión de la longitud de la parte del borde axial C tiene un efecto sobre el grado de reducción de las tensiones circunferenciales en las conexiones roscadas b–n, y en particular en sus primeras y segundas posiciones iniciales de sellado 22, 24. Al principio, la reducción de las tensiones circunferenciales en la primera y segunda posiciones iniciales de sellado 22, 24 aumenta cuando aumenta la longitud de la parte del borde axial C, pero dicha reducción adicional se desvanece cuando la longitud de la parte del borde axial C aumenta aún más.

Una longitud de parte de borde axial demasiado grande C tiene la desventaja de que la longitud total del miembro de acoplamiento 2 (suma de la primera longitud de caja FBL de la primera parte de caja 3, la longitud de parte de borde C de la parte de borde 7 y la segunda caja la longitud SBL de la segunda caja, parte 5) aumenta sin tener un beneficio adicional en términos de reducción de las tensiones circunferenciales en la primera y segunda posición inicial del sello 22, 24. Además, agregar más a la longitud total del acoplamiento aumentará el costo en material. Aún más, cuando excede cierta longitud total, puede limitar el uso de ciertos equipos

de campo para hacer la conexión. Una longitud de parte de borde axial demasiado pequeña C tiene la desventaja de que el borde interior 8 puede dañarse fácilmente.

La Figura 6 contiene el gráfico 3 que muestra las tensiones circunferenciales en la primera posición inicial del sello 22 de formas de realización alternativas a'–n' de las conexiones roscadas a–n del gráfico 2.

Para todas las conexiones roscadas a'–n', el diámetro exterior del tubo TOD es 114,3 mm (4,5 pulgadas), el diámetro interno del tubo TID es 99,6 mm (3,920 pulgadas), el espesor de la pared del tubo radial W es 7,4 mm (0,290 pulg.), el diámetro exterior de acoplamiento COD es 122 mm (4,803 pulg.) y el espesor de la parte de la caja radial A es 5,4 mm (0,213 pulg.).

Nuevamente, la conexión roscada a' no es parte de la invención porque no tiene una parte de borde 7 que comprende un borde interno 8 que se extiende radialmente.

De nuevo, las conexiones roscadas b'–n' difieren entre sí en que tienen una longitud de parte de borde axial C. La longitud de la parte de borde axial C de las conexiones roscadas b'–n' se indica en la tabla 2. Todas las conexiones roscadas b'–n' tienen un espesor radial B de 11,2 mm (0,442 pulgadas).

Las tensiones circunferenciales en la primera posición inicial del sello 22 de las conexiones roscadas a'–n' para una presión interna de 555 bar (8050 PSI) también se indican en la tabla 2. Las tensiones circunferenciales en las posiciones iniciales del segundo sello 24 son las mismas como en las primeras posiciones iniciales del sello 22.

Conexión roscada	Longitud de parte de borde axial C	Tensión circunferencial en la primera posición inicial del sello
a'	0,00 mm (0,00 pulg.)	5191,8 Bar (75300 PSI)
b'	2,54 mm (0,10 pulg.)	4726,4 Bar (68550 PSI)
c'	5,08 mm (0,20 pulg.)	4429,9 Bar (64250 PSI)
d'	6,35 mm (0,25 pulg.)	4309,2 Bar (62500 PSI)
e'	7,62 mm (0,30 pulg.)	4267,9 Bar (61900 PSI)
f'	10,16 mm (0,40 pulg.)	4088,6 Bar (59300 PSI)
g'	12,7 mm (0,50 pulg.)	3957,6 Bar (57400 PSI)
h'	15,24 mm (0,60 pulg.)	3881,7 Bar (56300 PSI)
i'	20,32 mm (0,80 pulg.)	3792,1 Bar (55000 PSI)
j'	25,4 mm (1,0 pulg.)	3668,0 Bar (53200 PSI)
k'	27,94 mm (1,10 pulg.)	3681,8 Bar (53400 PSI)
l'	31,75 mm (1,25 pulg.)	3688,7 Bar (53500 PSI)
m'	38,1 mm (1,50 pulg.)	3778,3 Bar (54800 PSI)
n'	43,18 mm (1,70 pulg.)	3757,6 Bar (54500 PSI)

Tabla 2

Los mismos efectos que se describen en relación con los gráficos 1 y 2 de las conexiones roscadas a–n se revelan en el gráfico 3 de las conexiones roscadas a'–n'.

La Figura 7 muestra los ángulos cónicos de la conexión roscada 1 de la Figura 1 en la conformación final 20. Se utiliza una vista similar a la Figura 2 para proporcionar una representación del primer diámetro de paso de pasador PPD_1 de las primeras roscas externas 12 de la primera parte de pasador 11, el primer diámetro de paso de caja BPD_1 de las primeras roscas internas 4 de la primera parte de caja 3, el segundo diámetro de paso de pasador PPD_2 de las segundas roscas externas 16

de la segunda parte de pasador 15, y el segundo diámetro de paso de la caja BPD₂ de las segundas roscas internas 6 de la segunda parte de la caja 5.

La línea I muestra la varianza del primer diámetro de paso del pasador PPD₁ a lo largo del eje longitudinal 31. La línea II muestra la varianza del primer diámetro de paso de la caja BPD₁ a lo largo del eje longitudinal 31. La línea III muestra la varianza del segundo paso del pasador diámetro PPD₂ a lo largo del eje longitudinal 31. La línea IV muestra la varianza del segundo diámetro de paso de caja BPD₂ a lo largo del eje longitudinal 31.

El ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 es el ángulo entre la línea I del primer diámetro de paso del pasador PPD₁ y el eje longitudinal 31. El ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 es el ángulo entre la línea II del primer diámetro de paso de la caja BPD₁ y el eje longitudinal 31. El ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 es el ángulo entre la línea III del primer diámetro de paso del pasador PPD₂ y el eje longitudinal 31. El ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 es el ángulo entre la línea IV del segundo diámetro de paso de caja BPD₂ y el eje longitudinal 31.

La Figura 7 muestra que las primeras roscas internas 4 tienen un ángulo constante de las primeras roscas internas α_1 con respecto al eje longitudinal 31. Las primeras roscas externas 12 tienen un primer ángulo constante de las roscas internas β_1 con respecto al eje longitudinal 31. Las segundas roscas internas 6 tienen un ángulo constante de conicidad de las segundas roscas internas α_2 con respecto al eje longitudinal 31. Las segundas roscas externas 16 tienen un ángulo constante de conicidad de las segundas roscas externas β_2 con respecto al eje longitudinal 31.

El ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 y el ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 son iguales entre sí. El ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 y el ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 son iguales entre sí.

Las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 tienen una primera interferencia de rosca radial 37. Las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 tienen una segunda interferencia de rosca radial 38.

El ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 , el ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 , el ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 y el ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 tienen un cono diametral de entre 0,36 y 0,86 mm./revolución (0,014 y 0,034 pulgadas/revolución), preferentemente de entre 0,51 y 0,71 mm/revolución (0,020 y 0,028 pulgadas/revolución).

Para determinar el ángulo de inclinación de las primeras roscas internas α_1 , se puede medir en la primera parte de la caja 3 el cono diametral, que es la varianza del diámetro de paso de la primera caja BPD₁ de las primeras roscas internas 4 por revolución a lo largo de las primeras roscas internas 4, y el paso, que es el desplazamiento en dirección axial por revolución a lo largo de las primeras roscas internas 4. Posteriormente, el ángulo de inclinación puede calcularse de acuerdo con:

$$\tan (\text{ángulo de conicidad}) = \frac{0,5 \cdot (\text{cono diametral})}{(\text{inclinación})}$$

Esto se aplica de manera similar al ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 , el ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 y el ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 .

La Figura 8 muestra los ángulos cónicos de una primera realización alternativa de la conexión roscada 1 de acuerdo con la invención. Esta primera forma de realización alternativa solo difiere de la conexión roscada de la Figura 7 en que el ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 es mayor que el ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 , y el ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 es mayor que el ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 .

El ángulo de conicidad de las primeras roscas internas α_1 y el ángulo de conicidad de las segundas roscas internas α_2 tienen una conicidad interna diametral de entre 0,41 y 0,91 mm/revolución (0,016 y 0,036 pulgadas/revolución), preferentemente de entre e incluyendo 0,56 y 0,76 mm/revolución (0,022 y 0,030 pulgadas/revolución), y el ángulo de conicidad de las primeras roscas externas β_1 y el ángulo de conicidad de las segundas roscas externas β_2 tienen una conicidad externa diametral de entre y que incluye 0,36 y 0,86 mm/revolución (0,014 y 0,034 pulgadas/revolución), preferentemente de entre 0,51 y 0,71 mm/revolución, inclusive (0,020 y 0,028 pulgadas/revolución).

Las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 están configurados para tener una primera interferencia de rosca radial 37 en la conformación final 20. La primera interferencia de rosca radial 37 entre las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 disminuye en un primer dirección 21 desde el borde

interno 8 y hacia el primer sello primario interno 18 (ver Figura 1A). Las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 están configurados para tener una segunda interferencia de rosca radial 38 en la conformación final 20, y la segunda interferencia de rosca radial 38 entre las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 disminuye en una segunda dirección opuesta 23 desde el borde interno 8 y hacia la segunda junta primaria interna 19 (ver Figura 1A). La disminución de la interferencia de la primera rosca radial 37 y la disminución de la segunda interferencia de la rosca radial 38 reducen las tensiones circunferenciales más altas que se producen más allá de la primera y segunda posición inicial del sello 22, 24 cuando se ven en la primera y segunda dirección 21, 23, respectivamente (ver también gráfico de la Figura 4).

Más específicamente, la primera interferencia de rosca radial 37 entre las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 disminuye en la primera dirección 21 hasta que se alcanza un primer valor de interferencia de rosca radial cero, y la segunda interferencia de rosca radial 38 entre las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 disminuyen en la segunda dirección 23 hasta que se alcanza un segundo valor de interferencia de rosca radial cero. Las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 están, en la primera dirección 21 y más allá de una primera ubicación de rosca 39 donde se alcanza el primer valor de interferencia de rosca radial de cero, libres de un primer espacio libre de rosca radial (ver 41 de la Figura 9) entre las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12. Las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 están, en la segunda dirección 23 y más allá de una segunda ubicación de rosca 40 donde se alcanza el segundo valor de interferencia de rosca radial cero,

libres de un segundo espacio libre del rosca radial (ver 42 de la Figura 9) entre las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16.

En otra forma de realización alternativa de la conexión roscada, la primera interferencia de rosca radial 37 entre las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 disminuye en la primera dirección 21 hasta que se alcanza un primer valor de interferencia de rosca radial mayor que cero, y la segunda interferencia de rosca radial 38 entre las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 disminuye en la segunda dirección 23 hasta que se alcanza un segundo valor de interferencia del rosca radial mayor que cero.

La Figura 9 muestra los ángulos cónicos de una segunda forma de realización alternativa de la conexión roscada de acuerdo con la invención. Esta segunda forma de realización alternativa solo difiere de la conexión roscada de la Figura 8 en que las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12 tienen, en la primera dirección 21 y más allá de una primera ubicación de rosca 39, donde se alcanzó el primer valor de interferencia de rosca radial 37 de cero, un primer espacio libre de rosca radial 41 entre las primeras roscas internas 4 y las primeras roscas externas 12, y las segundas roscas internas 6 y las segundas roscas externas 16 tienen, en la segunda dirección 23 y más allá de una segunda ubicación de rosca 40 donde se alcanzó el segundo valor de interferencia de rosca radial de cero, un segundo espacio libre de rosca radial 42 entre las segundas roscas internas 6 y las primeras roscas externas 16.

Según se requiera, se describen formas de realización detalladas de la presente invención en el presente documento; sin embargo, debe entenderse que las formas

de realización descritas son meramente ilustrativas de la invención, que puede realizarse de diversas formas. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos descritos aquí no deben interpretarse como limitativos, sino simplemente como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la técnica a emplear de manera diversa la presente invención en prácticamente cualquier estructura adecuadamente detallada. Además, los términos y frases usados aquí no pretenden ser limitantes, sino más bien, proporcionar una descripción comprensible de la invención.

Los términos “un” o “una”, como se usan en este documento, se definen como uno o más de uno. El término pluralidad, como se usa en el presente documento, se define como dos o más de dos. El término otro, como se usa en el presente documento, se define como al menos un segundo o más. Las expresiones “que incluyen” y/o “que tienen”, como se usan en este documento, se definen como que comprenden (es decir, lenguaje abierto, sin excluir otros elementos o pasos). Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance de las reivindicaciones o de la invención.

Será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones a la conexión roscada sin apartarse del alcance definido por las reivindicaciones.