

BOQUILLA PARA INYECCIÓN DE VAPOR Y OBSTRUCCIÓN DE VAPOR

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES ANTERIORES

La presente descripción reivindica la prioridad según el Convenio de París a la solicitud de Estados Unidos No. 62/717,576, presentada el 10 de agosto de 2018. El contenido de esta solicitud anterior se incorpora en la presente descripción como referencia en su totalidad.

CAMPO DE LA DESCRIPCIÓN

La presente descripción se refiere a boquillas, o dispositivos de control de flujo, usados para controlar el flujo de fluidos dentro y/o fuera de un miembro tubular, en particular un miembro tubular usado para producir hidrocarburos a partir de un yacimiento subterráneo. En un ejemplo particular, los dispositivos de control de flujo descritos ayudan a inyectar vapor desde los tubos, como los tubos de inyección, a los yacimientos y/o a controlar, u obstruir, el flujo de vapor de las formaciones subterráneas en los tubos, como las tuberías de producción.

ANTECEDENTES

Generalmente, se accede a los yacimientos de hidrocarburos subterráneos mediante una o más perforaciones que se perforan en el yacimiento para acceder a los materiales de hidrocarburos contenidos en el mismo. Estos materiales (o simplemente "hidrocarburos") se llevan luego a la superficie a través de un tubo, específicamente, tubería de producción, que se proporciona dentro de las perforaciones.

Los pozos perforados en los yacimientos pueden ser verticales u horizontales o en cualquier ángulo entre ellos. En algunos casos, cuando los hidrocarburos comprenden materiales relativamente viscosos, como petróleo pesado y similares, se puede inyectar vapor, gas u otros fluidos, típicamente de menor densidad, en una o más secciones del yacimiento para estimular el flujo de los hidrocarburos en el tubería de producción proporcionada en el pozo. El Drenaje por Gravedad Asistido por Vapor, "SAGD", es un ejemplo de un proceso que se usa para estimular el flujo de petróleo viscoso. En una operación SAGD, una serie de pares de perforaciones, cada una de las cuales que comprende típicamente una perforación horizontal, se perforan en un yacimiento. Cada uno de los pares de perforaciones comprende una perforación de inyección de vapor y una perforación de producción, con la perforación de inyección de vapor colocada verticalmente sobre la perforación de producción. En

funcionamiento, se inyecta vapor en la perforación de inyección para calentar y reducir la viscosidad de los materiales de hidrocarburos circundantes, en particular el material de petróleo pesado viscoso. Después del tratamiento con vapor, el material de hidrocarburo, ahora movilizado después de ser calentado, drena a la perforación de producción ubicada debajo de la perforación de inyección por gravedad. Posteriormente, los hidrocarburos se bombean a la superficie a través de la tubería de producción.

La Estimulación Cíclica con Vapor, "CSS", es otro método de producción de hidrocarburos en el que se usa vapor para mejorar la movilidad de los materiales de hidrocarburos viscosos. En un proceso CSS, se usa una sola perforación para inyectar primero vapor en el yacimiento a través de un tubo, generalmente tubería de producción. Después de la etapa de inyección de vapor, se permite que el calor del vapor sea absorbido en el yacimiento, una etapa denominada "cierre" o "remojo", durante la cual se reduce la viscosidad del material de hidrocarburo. Después de la etapa de cierre, los hidrocarburos se llevan a la superficie, como se describió anteriormente, en una etapa de producción.

El tubo usado en los pozos comprende típicamente varios segmentos, o tubulares, que están conectados entre sí. También se pueden proporcionar varias herramientas a lo largo del tubo y colocarlas en línea con los tubulares adyacentes. El tubo, para la inyección de vapor y/o la producción de hidrocarburos, generalmente incluye una serie de aberturas o puertos a lo largo de su longitud. Los puertos proporcionan un medio para la inyección de vapor y/u otros agentes reductores de la viscosidad, y/o para la entrada de materiales de hidrocarburos desde el yacimiento al interior de la tubería y, por lo tanto, a la tubería de producción. Los segmentos del tubo que tienen puertos también se proporcionan frecuentemente con uno o más dispositivos de filtrado, tales como tamices de arena, que sirven para prevenir o mitigar la entrada de arena y otros restos sólidos en la perforación a la tubería.

Uno de los problemas conocidos en la técnica implica la introducción preferencial de vapor en la tubería de producción sobre el material de hidrocarburo deseado. Esto generalmente ocurre cuando el vapor, u otro material de baja densidad que se encuentra en los yacimientos, es más móvil que el material de hidrocarburo debido a su menor densidad. Además, este problema surge en una o más ubicaciones discretas a lo largo de la tubería de producción. Para abordar el problema mencionado anteriormente, a menudo se toman medidas para intentar limitar o regular la producción de vapor en la tubería de producción y, de esta manera, aumentar la tasa de producción general de materiales de hidrocarburos al aumentar la proporción entre

hidrocarburos y vapor de los materiales traídos a la superficie. Como también se conoce en la técnica, debido a la longitud del tubo que se usa en una perforación de hidrocarburos típica (que puede estar en el intervalo de varios miles de metros), a menudo se deben tomar medidas para asegurar que la inyección de vapor y/u otros dichos materiales, cuando se necesitan, se consiguen generalmente de manera uniforme a lo largo de la tubería para evitar la estimulación preferencial de una o más regiones del yacimiento.

Se han propuesto varias boquillas, o dispositivos de control de flujo, para controlar el flujo de vapor que sale y entra en los tubos, como las tuberías de producción. En algunos casos, se proporciona un dispositivo como un limitador de flujo o una boquilla similar en una "tubería de base" del tubo para impedir la entrada de vapor, etc. durante la fase de producción y para acelerar el flujo de vapor en las secciones deseadas durante una fase de inyección de vapor. En las siguientes referencias se describen ejemplos de tales dispositivos de control de flujo: Los documentos US 9,518,455; 9,638,000; US 9,027,642; US 7,419,002; US 8,689,883; y, US 9,249,649, y US 8,496,059.

Otras boquillas de control de flujo se describen en los números de solicitud pendientes del solicitante PCT/CA2019/050636 y PCT/CA2019/050942, cuyo contenido completo se incorpora en la presente descripción como referencia.

Existe la necesidad de unos medios de control de flujo mejorados para controlar o limitar la introducción de vapor en la tubería de producción y que también puedan servir para controlar el flujo de vapor desde la tubería de producción a un yacimiento.

RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN

En un aspecto, se proporciona una boquilla para controlar el flujo dentro o fuera de una tubería, el conducto tiene al menos un puerto a lo largo de su longitud, la boquilla que está adaptada para ubicarse en el exterior del conducto y adyacente a una de las al menos un puerto, la boquilla que comprende una primera y segunda aberturas y un paso de fluido que se extiende entre ellas, de manera que se controla el flujo de fluido entre la primera y la segunda aberturas.

En un aspecto, se proporciona una boquilla A para controlar el flujo de entrada y/o salida de una tubería, la tubería que tiene al menos un puerto a lo largo de su longitud, la boquilla que está adaptada para ubicarse en el exterior del conducto y en comunicación de fluido con uno de los al menos un puerto, la boquilla que comprende:

- un cuerpo que tiene una primera abertura, una segunda abertura y un paso de transporte de fluido que se extiende entre la primera y la segunda aberturas;
- la primera abertura que tiene un diámetro d_1 y la segunda abertura que tiene un diámetro d_4 ;
- en donde, en una primera dirección que se extiende desde la primera abertura hasta la segunda abertura, el conducto comprende:
 - una región convergente adyacente a y aguas abajo de la primera abertura, la región convergente que tiene un área de sección transversal decreciente que se extiende en la primera dirección;
 - una garganta aguas abajo de la región convergente, la garganta que tiene un diámetro d_2 ;
 - una primera región divergente aguas abajo de la garganta, la primera región divergente que tiene un área de sección transversal creciente que se extiende en la primera dirección;
 - una región de área de sección transversal generalmente constante aguas abajo de la primera región divergente, la región de área de sección transversal generalmente constante que tiene un diámetro d_3 ;
 - una segunda región divergente aguas abajo de la región de área de sección transversal generalmente constante, la segunda región divergente adyacente a la segunda abertura.

En otro aspecto, se proporciona un aparato para controlar el flujo de fluido dentro o fuera de un yacimiento subterráneo, el aparato que comprende:

- una tubería que tiene al menos un puerto a lo largo de su longitud;
- al menos una boquilla adaptada para ubicarse en el exterior de la tubería y en comunicación de fluido con uno de los al menos un puerto; y,
- al menos un retenedor para retener la al menos una boquilla en la tubería;
- en donde la boquilla comprende:
 - un cuerpo que tiene una primera abertura, una segunda abertura y un paso de transporte de fluido que se extiende entre la primera y la segunda aberturas;
 - la primera abertura que tiene un diámetro d_1 y el segundo diámetro que tiene un diámetro d_4 ;

- en donde, en una primera dirección que se extiende desde la primera abertura hasta la segunda abertura, el conducto comprende:
- una región convergente adyacente a y aguas abajo de la primera abertura, la región convergente que tiene un área de sección transversal decreciente que se extiende en la primera dirección;
- una garganta aguas abajo de la región convergente, la garganta que tiene un diámetro d_2 ;
- una primera región divergente aguas abajo de la garganta, la primera región divergente que tiene un área de sección transversal creciente que se extiende en la primera dirección;
- una región de área de sección transversal generalmente constante aguas abajo de la primera región divergente, la región de área de sección transversal generalmente constante que tiene un diámetro d_3 ;
- una segunda región divergente aguas abajo de la región de área de sección transversal generalmente constante, la segunda región divergente adyacente a la segunda abertura.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Las características de ciertas modalidades se harán más evidentes en la siguiente descripción detallada en la que se hace referencia a las figuras adjuntas en donde:

La Figura 1 es una vista lateral en sección transversal de una boquilla de control de flujo de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.

La Figura 2 es una vista lateral en sección transversal de una boquilla de control de flujo de acuerdo con un aspecto de la presente descripción, en combinación con una tubería.

La Figura 3 es una vista en perspectiva lateral de la boquilla de la Figura 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Como se usa en la presente descripción, los términos "boquilla" o "inserto de boquilla" se entenderá que significa un dispositivo que controla el flujo de un fluido que fluye a través del mismo. En un ejemplo, la boquilla descrita en la presente descripción sirve para controlar el flujo de un fluido a través de un puerto en una tubería en al menos una dirección. La boquilla

también puede denominarse "inserto de boquilla" ya que dicho dispositivo se inserta a menudo en una ranura o similar proporcionada en una tubería de base.

Los términos "regular", "limitar", "regular" y "obstruir" pueden usarse en la presente descripción. Se debe entender que estos términos están destinados a describir un ajuste del flujo de un fluido que pasa a través de las boquillas descritas en la presente descripción. Como se analiza en la presente descripción, las presentes boquillas están diseñadas para obstruir el flujo de un fluido de baja viscosidad, en particular vapor, que fluye desde un yacimiento a una tubería.

Más particularmente, como se usa en la presente descripción y como entenderán los expertos en la técnica, se considera que el flujo de un fluido está "obstruido" por una restricción cuando una disminución adicional en la presión aguas abajo no da como resultado un aumento en la velocidad del fluido que fluye a través de la restricción. Es decir, la velocidad del fluido es limitada. En consecuencia, y suponiendo que todas las demás variables permanezcan sin cambios, el caudal másico del fluido también está limitado. El flujo obstruido también se conoce como "flujo crítico".

El término "hidrocarburos" se refiere a compuestos de hidrocarburos que se encuentran en yacimientos subterráneos. Los ejemplos de hidrocarburos incluyen petróleo y gas.

El término "pozo" se refiere a un agujero perforado en una formación subterránea, tal como una formación que contiene hidrocarburos.

El término "fluidos de pozo" se refiere a hidrocarburos y otros materiales contenidos en un yacimiento que pueden entrar en un pozo. La presente descripción no se limita a ningún fluido de pozo en particular.

Los términos "tubería", "tubería de base" o "tubular", que pueden usarse indistintamente, se refieren cada uno a una sección de tubería u otro miembro tubular similar. Dicho miembro tubular generalmente está provisto de uno o más puertos o ranuras a lo largo de su longitud para permitir el flujo de fluidos a través de él.

El término "producción" se refiere al proceso de producción de fluidos de pozo, en particular, el proceso de transportar, generalmente mediante bombeo, fluidos de pozo desde un yacimiento subterráneo a la superficie.

El término "tubería de producción" se refiere a una serie de tuberías, o tubulares, conectados entre sí y que se extienden a través de un pozo desde la superficie hacia el yacimiento.

Los términos "tamiz", "tamiz de arena", "tamiz de alambre" o "tamiz de envoltura de alambre", como se usan en la presente descripción, se refieren a dispositivos de filtrado o tamizado conocidos que se usan para inhibir o prevenir que la arena u otro material sólido del yacimiento fluya hacia la tubería. Tales tamices pueden incluir tamices de envoltura de alambre, tamices perforados con precisión, tamices de malla metálica o cualquier otro tamiz que se proporcione en una tubería de base para filtrar fluidos y crear un canal de flujo anular. La presente descripción no se limita a ningún tamiz particular descrito en la presente descripción.

Los términos "comprende", "comprenden", "comprendido" o "que comprende" pueden usarse en la presente descripción. Como se usa en la presente (que incluye la descripción y/o las reivindicaciones), estos términos deben interpretarse como que describen la presencia de las características, números enteros, etapas o componentes declarados, pero no como que excluyen la presencia de una o más características, números enteros, etapas, componentes o un grupo de los mismos como resultará evidente para las personas expertas en la técnica relevante.

En la presente descripción, pueden usarse los términos "superior", "inferior", "frontal" y "trasero". Se debe entender que el uso de tales términos es puramente con el propósito de facilitar la descripción de las modalidades descritas en la presente descripción. Estos términos no pretenden limitar la orientación o ubicación de los elementos o estructuras descritos de ninguna manera.

La presente descripción se refiere a un dispositivo de control de flujo, en particular una boquilla, que sirve para controlar o regular el flujo de fluidos entre un yacimiento y una tubería base, o sección de tubería de producción. Como se analizó anteriormente, en un aspecto, tal regulación a menudo se requiere para producir preferentemente materiales de hidrocarburos sobre fluidos no deseados, tales como vapor. En tales casos, las boquillas descritas en la presente descripción controlan, o limitan, el flujo de fluidos desde el yacimiento hacia la perforación (en otras palabras, la tubería de producción colocada en el pozo), de manera que se permite que los materiales de hidrocarburos entren preferentemente en el tubo. Como también se analizó anteriormente, donde está presente vapor (u otro material móvil menos denso), generalmente se produce en ese lugar en lugar de los materiales de hidrocarburos deseados, tales como petróleo pesado. El vapor, al ser más móvil que el petróleo pesado, viaja

preferentemente hacia y dentro de la tubería de producción y, por lo tanto, es deseable la regulación de la producción de vapor. La regulación del flujo de fluido también es deseable en situaciones en las que se inyecta vapor y/u otros fluidos (denominados colectivamente en la presente descripción "vapor") en el yacimiento a través de la tubería de producción. En tales casos, las boquillas se usan para distribuir preferentemente de manera uniforme el vapor inyectado a lo largo de la perforación para evitar la producción preferencial sólo en unas pocas zonas donde la inyección de vapor está menos obstaculizada. En otras palabras, para la etapa de inyección, las boquillas dan como resultado preferentemente una tasa de inyección de vapor uniforme a lo largo de la perforación.

Generalmente, las boquillas descritas en la presente descripción están adaptadas para cumplir preferentemente una función doble. Primero, en un aspecto, durante una etapa de inyección de vapor, las boquillas sirven para lograr un flujo de vapor crítico u obstruido y, de esta manera, regulan y distribuyen uniformemente la masa de vapor a lo largo de la perforación. En segundo lugar, en una etapa de producción, las boquillas sirven para obstruir el flujo de vapor desde el yacimiento hacia la perforación (o tubería de producción). Se debe señalar, si bien las boquillas descritas en la presente descripción están diseñadas para realizar las dos funciones mencionadas anteriormente, no es obligatorio que se usen para ambas funciones. Es decir, las boquillas descritas en la presente descripción pueden usarse en uno o ambas perforaciones de un proceso SAGD y, por lo tanto, usarse solo para inyección de vapor o solo para producción de hidrocarburos. Por supuesto, en un proceso CSS, por ejemplo, la boquilla, instalada en el tubo, realizaría ambas funciones.

Las Figuras 1 y 3 ilustran un aspecto de una boquilla de acuerdo con la presente descripción. Como se conoce en la técnica, y como se muestra en la Figura 3, las boquillas como la que se muestra en la Figura 1 son generalmente estructuras cilíndricas que tienen un diámetro exterior generalmente constante. La Figura 1 ilustra, en sección transversal, el perfil del lumen de la estructura cilíndrica. También se entenderá que la boquilla mostrada en las Figuras 1 y 3 no están dibujadas a escala. Como se muestra, la boquilla 10 comprende un cuerpo generalmente cilíndrico que tiene una primera abertura 12 y una segunda abertura 14 y un paso 13 que se extiende a través de ellas. La primera abertura 12 está conectada de forma fluida al interior de la tubería de producción, o perforación, que se muestra con referencia al elemento 16. La segunda abertura 14 está conectada de forma fluida al yacimiento, mostrado con referencia al elemento 18. El flujo de fluido a través de la boquilla 10 se produce en cualquier dirección.

Es decir, durante la etapa de inyección, el vapor fluye desde la tubería de producción al yacimiento y, por lo tanto, desde la primera abertura 12 a la segunda abertura 14. Durante la etapa de producción, los fluidos del yacimiento (es decir, hidrocarburos, vapor, etc.) fluyen desde el yacimiento hasta la perforación y, por lo tanto, desde la segunda abertura 14 a la primera abertura 12. En ambos casos, los respectivos fluidos fluyen a través del paso 13.

De acuerdo con el aspecto ilustrado en la Figura 1, el paso 13 que se extiende entre la primera abertura 12 y la segunda abertura 14 comprende preferentemente tres regiones: (A) una región convergente y divergente, adyacente a la primera abertura 12, y que incluye una región de garganta o, simplemente, una garganta; (B) una región de área de sección transversal generalmente constante; y (C) una segunda región divergente, adyacente a la segunda abertura 14. Estas regiones se analizan más adelante.

Cuando se usa la boquilla 10 en la etapa de inyección de vapor, el vapor (que, como se describió anteriormente, puede incluir otros aditivos) de la perforación o la tubería de producción 16 ingresa a la primera abertura 12 de la boquilla, región adyacente A. El vapor inyectado fluye hacia la dirección de la flecha 15, a través del conducto 13 en una dirección desde la primera abertura 12 a la segunda abertura 14. Como se muestra, en el curso de tal flujo, el vapor encuentra una zona convergente 20, en donde el área de sección transversal del conducto 13 se estrecha en la dirección desde la primera abertura 12 a la segunda abertura 14. A medida que el vapor fluye a través de la zona convergente 20, se debe entender que su velocidad aumenta mientras que su presión disminuye. Siguiendo la zona convergente 20, el fluido pasa a través de la garganta 22, que comprende la región del área de sección transversal más pequeña en el conducto 13. Cuando la presión de entrada en la primera abertura 12 es superior a un valor umbral (como entenderían los expertos en la técnica), la velocidad del vapor que fluye se acerca a la velocidad sónica local, es decir, Mach 1, a medida que pasa a través de la garganta 22. Al seguir la garganta 22, el fluido entra en una zona divergente 24, en donde el área de sección transversal del conducto 13 se expande en la dirección desde la primera abertura 12 a la segunda abertura 14. Como se entenderá, si la presión de entrada es igual o superior al valor umbral mencionado anteriormente, que lleva a que la velocidad del vapor que fluye a través de la garganta 22 alcance Mach 1, la velocidad del vapor que pasa a través de la zona divergente 24 se acelerará aún más. Este efecto ocurre porque, para un fluido compresible como el vapor, cuando el área de flujo de sección transversal aumenta, su densidad disminuye más rápidamente que el aumento de velocidad, por lo que el área debe aumentar para mantener un

caudal másico constante. Por tanto, la zona divergente 24 sirve para formar una onda de choque normal a la dirección del flujo, que a su vez desacelera la velocidad del vapor de velocidades supersónicas a subsónicas, al tiempo que permite recuperar la mayor parte de la presión total.

La región de un área de sección transversal generalmente constante, la región B, se extiende una distancia, cuyo propósito se analiza más adelante. Como se entenderá, la frase "área de sección transversal generalmente constante" pretende significar que la sección transversal de esta región es generalmente la misma a lo largo de su longitud. Se debe entender que el área de sección transversal real estará sujeta a tolerancias aceptables. Como tal, el área de sección transversal a lo largo de la longitud de la región B podría variar ligeramente, por ejemplo en +/- aproximadamente 1% a +/- aproximadamente 10%.

A medida que el flujo de vapor continúa a través del conducto 13 y se acerca a la segunda abertura 14, entra en la región divergente C, que comprende una zona divergente adicional 26, en donde el área de sección transversal del paso 13 se expande desde la región B hasta la segunda abertura. 14. A medida que el vapor entra en la región divergente C, después de salir de la región B de sección transversal constante, el vapor se desacelerará más, de esta manera como resultado una mayor recuperación de presión.

Como se muestra en la Figura 1, la primera abertura 12 tiene una dimensión, preferentemente de un radio, d_1 . De manera similar, la garganta 22 tiene una dimensión d_2 , la región B tiene una dimensión d_3 y la segunda abertura 14 tiene una dimensión d_4 . En un aspecto, y como se ilustra en la Figura 1, d_2 es la dimensión más pequeña de la boquilla 10, que representa la zona del área de sección transversal más pequeña del conducto 13. La dimensión de la segunda abertura 14 representa el área de sección transversal más grande del conducto 13. Las otras dimensiones tienen preferentemente las siguientes relaciones: $d_2 < d_3 < d_1$ and d_4 . En un aspecto, como se muestra en la Figura 1, $d_2 < d_3 < d_1 < d_4$. Como se entenderá, las dimensiones específicas de las secciones del conducto dependerán de las características del fluido y del yacimiento.

Como se entenderá, durante la etapa de producción cuando se invierte el flujo de fluidos en la perforación 16, el flujo de fluido a través de la boquilla 10 también se invertirá. Es decir, fluidos de producción, que incluirían hidrocarburos y, en algunos casos, vapor, fluirán desde el yacimiento 18 hacia la segunda abertura 14 y, en la dirección indicada por la flecha 17, a través del conducto 13. Los fluidos de producción luego saldrían por la primera abertura 12 y

finalmente entrarían a la perforación, o tubería de producción 16. Por tanto, como se entenderá, tales fluidos de producción encontrarían las mismas características del conducto 13 que se analizaron anteriormente, pero en orden inverso. Así, por ejemplo, los fluidos de producción del yacimiento 18 que fluyen a través de la boquilla 10 en la dirección 17 se encontrarían primero con la región C, que sirve como zona de restricción para los fluidos de producción que entran. Como se entenderá, la velocidad del fluido de producción que fluye a través de la región C aumenta mientras que su presión disminuye.

El fluido de producción entra entonces en la región B, que es la región de área de sección transversal generalmente constante, en donde se mantiene la presión reducida del fluido que sale de la región C. En la región B, se permite que el componente de vapor del fluido se separe de la mezcla de fluido, dando como resultado fases de vapor y líquido más discretas. Idealmente, durante el tiempo de residencia en la región B, el vapor se separa total o principalmente de la fase líquida y alcanzará un estado de equilibrio con el contenido de agua. Este efecto es más agudo en el caso de que el fluido de producción caliente ingrese a la boquilla 10. Una vez extraído del resto del fluido y en una fase separada, se debe entender que el vapor tendrá una mayor velocidad a medida que viaja a través de la boquilla. Se cree que este aumento de velocidad sirve como portador de la fase líquida del fluido. Como se entenderá, el aumento de velocidad que se logra mediante la boquilla descrita en la presente descripción sirve para aumentar aún más la caída de presión del fluido, en donde, de acuerdo con el principio de Bernoulli, dicha caída de presión es proporcional al cuadrado de la velocidad del flujo. En otras palabras, un aumento en la velocidad del fluido da como resultado un aumento exponencial en la caída de presión del fluido que fluye en la región B.

Después de pasar por la región B, el fluido de producción, que fluye en la dirección de la flecha 17, entra posteriormente en la región A, que incluye la región convergente formada por la garganta 22. Como se entenderá, esta región convergente acelera el flujo de fluido dando como resultado una caída de presión adicional. Esta reducción de la presión sería también preferentemente suficiente para dar como resultado que se produzca un destello del vapor, particularmente en el caso en el que el fluido de producción sea un fluido caliente. La región A también sirve como zona de expansión antes de que el fluido salga a través de la primera abertura 12 de la boquilla 10. La expansión del fluido de producción da como resultado una reducción de la velocidad del fluido y un aumento de la presión del fluido, es decir, la recuperación de la presión.

A continuación se proporciona una descripción adicional de los efectos de la boquilla 10 sobre el flujo de fluidos en cualquiera de las direcciones 15 y 17. Sin embargo, se entenderá que la boquilla 10 descrita en la presente descripción generalmente realiza dos funciones principales. En primer lugar, durante la etapa de inyección, la boquilla 10 sirve para inyectar vapor desde la perforación 16 al yacimiento en condiciones de flujo obstruidas o críticas. Como se analizó anteriormente, y como se entendería, bajo tales condiciones, la velocidad del vapor está limitada a la velocidad sónica local (en particular, Mach 1) en la ubicación de la garganta 22 independientemente de la diferencia de presión existente en lados opuestos de la misma. Como resultado, el caudal másico del vapor inyectado a través de la garganta 22 también está limitado, independientemente de la diferencia de presión a través de la boquilla. De esta manera, y seleccionando las dimensiones del conducto 13, en particular la dimensión d_2 , la boquilla 10 está diseñada para inyectar vapor a un caudal másico especificado y generalmente uniforme una vez que se alcanza una presión aguas arriba. Por tanto, al disponerse múltiples boquillas a lo largo de su longitud, se puede lograr una distribución uniforme del vapor inyectado a lo largo de la perforación 16 ya que todas las boquillas tendrán un caudal másico común a través de ella.

En segundo lugar, durante la etapa de producción, la boquilla 10 sirve para obstruir el vapor presente en los fluidos de producción. De esta forma, se limita o evita la producción preferencial de vapor sobre los hidrocarburos más pesados.

En la presente descripción, se hace referencia a la boquilla que realiza cada una de las dos funciones aquí descritas. Sin embargo, se entenderá que la descripción pretende indicar que la boquilla descrita actualmente es capaz de realizar ambas funciones. En ciertos casos, el operador de la perforación o tubo en la que se usa la(s) boquilla(s) puede decidir limitar la función de la perforación a solo una de inyección o producción. En tales casos, las boquillas usadas en dicha perforación solo realizarán una de esas funciones. Dicho uso unilateral está incluido en la presente descripción.

Ahora se analizarán más detalles de la función de las regiones, A, B y C, en términos de las etapas de inyección y producción.

Región A

Durante la etapa de inyección de vapor, cuando el fluido (específicamente, el vapor inyectado y los aditivos opcionales) fluye en la dirección de la flecha 15, la región A sirve para acelerar

la velocidad del vapor (que puede ser seco o húmedo) a velocidad sónica o supersónica. Como se analizó anteriormente, como resultado, se logra un flujo de fluido obstruido o crítico.

Durante la etapa de producción, cuando el fluido (específicamente, el hidrocarburo y/o la emulsión de hidrocarburo y vapor) fluye en la dirección de la flecha 17, la región A sirve para desacelerar la velocidad del fluido y recuperar la mayor parte de la presión. En particular, como se muestra, la región A proporciona una zona de expansión donde la velocidad del fluido disminuye y su presión aumenta.

Región B

Como se analizó anteriormente, la región B comprende una región de área de sección transversal generalmente constante. Durante la etapa de inyección de vapor, la geometría de la región B da como resultado la formación de una onda de choque normal fuerte de modo que el flujo de fluido en la dirección de la flecha 15 se desacelera a través de la onda de choque, de esta manera da como resultado la recuperación de la presión del fluido.

Durante la etapa de producción, se permite que el fluido que sale de la región C (que se analiza más adelante) permanezca a una presión reducida, de esta manera resulta en la separación del vapor del fluido, en donde el vapor idealmente alcanza un estado de equilibrio con el agua líquida. Este efecto se encuentra particularmente en el caso de que el fluido de producción sea un fluido caliente. Como se explicó anteriormente, el caudal volumétrico, o velocidad, de la mezcla será mayor a través de la región B debido a la existencia y separación del vapor. Como resultado, se generará una mayor caída de presión a través de la región B en vista de que la caída de presión es proporcional al cuadrado de la velocidad del fluido.

Región C

Durante la etapa de inyección de vapor, la región C sirve para reducir la velocidad del fluido antes de salir por la boquilla 10. Como resultado, la presión del vapor se recupera sustancialmente.

Durante la fase de producción, el flujo de la emulsión de hidrocarburo/vapor (es decir, líquido/vapor) se acelera a medida que fluye en la dirección de la flecha 17. Como resultado, se reduce la presión del fluido. La caída de presión resultante, particularmente en el caso de un fluido caliente, dará como resultado que la intermitencia del fluido, particularmente vapor, se produzca en la garganta 22.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente una tubería que se proporciona de una boquilla como se describe en la presente descripción. Como se muestra, la tubería 100 comprende un cuerpo tubular alargado que tiene varios puertos 102 a lo largo de su longitud. Los puertos 102 permiten la comunicación de fluido entre el exterior de la tubería y su interior, o lumen, 103 (que se muestra generalmente como 16 en la Figura 1). Como es común, las tuberías usadas para la producción (es decir, las tuberías de producción) incluyen típicamente un tamiz 104, como un tamiz de envoltura de alambre o similar, para tamizar los fluidos que entran en el conducto. El tamiz 104 sirve para evitar o filtrar arena u otros restos de partículas del pozo que ingresan a la tubería. El tamiz 104 se proporciona sobre la superficie de la tubería 100 y se retiene en su lugar mediante un collar 106 o cualquier otro dispositivo de retención, retenedor o mecanismo de este tipo. Se debe entender que la presente descripción no se limita a ningún tipo de tamiz 104 o dispositivo de retención de tamiz, retenedor o mecanismo 106. La presente descripción tampoco se limita a ningún número de puertos 102. Además, se apreciará que aunque se muestra la presencia de un tamiz 104, el uso de la boquilla descrita actualmente no se basa en la presencia de dicho tamiz. Por tanto, la boquilla descrita actualmente se puede usar en una tubería 100 incluso en ausencia de cualquier tamiz 104. Como se entenderá, en los casos en los que no se use tamiz, se usará un dispositivo de retención, como una abrazadera 106 o similar, para asegurar la boquilla 10 a la tubería 100. Alternativamente, la boquilla 10 puede fijarse a la tubería de cualquier otra manera conocida por los expertos en la técnica.

Como se muestra en la Figura 2, una boquilla de acuerdo con la presente descripción se muestra generalmente con 10. Se debe entender que la ilustración de la boquilla 10 es esquemática y no pretende limitar la estructura de la boquilla a ninguna forma o estructura particular. Por tanto, la boquilla 10 de la Figura 2 puede consistir en la boquilla descrita anteriormente y como se muestra en la Figura 1 o cualquier otra configuración de boquilla de acuerdo con la presente descripción.

Como se muestra en la Figura 2, la boquilla 10 se coloca en la superficie exterior de la tubería 100 y se ubica próxima al puerto 102. Se debe entender que la boquilla 10 se puede colocar sobre la tubería 100 de varias formas. Por ejemplo, en un aspecto, la superficie exterior de la tubería 100 puede estar provista de una ranura en la que puede ubicarse la boquilla 10. La boquilla 10 puede soldarse o fijarse de otro modo a la tubería 100 o retenerse en su lugar con el dispositivo de retención 106 como se analizó anteriormente.

Al ensamblar el aparato, la tubería 100 está provista de la boquilla 10 y, cuando sea necesario, el tamiz 104 y el dispositivo de retención 106 asociado. Luego, la tubería 100 se inserta en un pozo.

Como se analizó anteriormente, la boquilla 10 está diseñada para usarse tanto en la etapa de inyección como en la de producción. Durante la etapa de inyección, se inyecta vapor (y cualquier otro aditivo necesario) desde la superficie y se deja fluir a través del interior 103 de la tubería 100. A continuación, el vapor sale del puerto 102 y entra en la primera abertura 12 de la boquilla 10. Después de fluir a través del conducto 13 de la boquilla 10, el vapor sale a través de la segunda abertura 14 y luego al yacimiento a través de las aberturas en el tamiz 104 (si está presente).

Durante la etapa de producción, los fluidos del pozo, como se muestra en 108, pasan a través del tamiz 104 (si está presente) y se desvían a la boquilla 10. El fluido de producción entra en la segunda abertura 14 de la boquilla 10 y fluye a través del conducto 103 como se describió anteriormente, y sale finalmente a través de la primera abertura 12.

Como entenderán los expertos en la técnica, las boquillas descritas en la presente descripción están diseñadas para ser incluidas como parte de un aparato asociado con el tubo, un ejemplo del cual se ilustra en la Figura 2. Es decir, las boquillas se adaptan para fijarse a los tubos, en la cercanía de uno o más puertos proporcionados en los tubos. Las boquillas se mantienen en posición por cualquier medio, tal como collares o similares comúnmente asociados con los dispositivos de control de arena, tales como tamices de envoltura de alambre, etc. En otro aspecto, las presentes boquillas pueden ubicarse dentro de ranuras o aberturas cortadas en la pared de la tubería o tubo. Se debe entender que los medios y el método de sujeción de la boquilla a la tubería no se limitan a las descripciones específicas proporcionadas en la presente descripción y que se puede usar cualquier otro medio o método, si se conserva la funcionalidad descrita en la presente descripción.

También se entenderá que puede proporcionarse un desviador entre la abertura de la boquilla 12 y el puerto 102 para dirigir los fluidos hacia adentro o hacia afuera del puerto. En otro aspecto, dicho desviador puede ser un componente integral de la boquilla.

Como se entenderá, aunque la presente descripción se dirige en un aspecto a la obstrucción del flujo de entrada de vapor, las boquillas descritas actualmente también se pueden usar para

obstruir el flujo de otros fluidos "no deseados", como agua y gas u otros fluidos que se inyectan en la formación, como modificadores de viscosidad, disolventes, etc.

Aunque la descripción anterior incluye referencia a ciertas modalidades específicas, para los expertos en la técnica serán evidentes diversas modificaciones de las mismas. Cualquier ejemplo proporcionado en la presente descripción se incluye únicamente con el propósito de ilustración y no pretende ser limitante de ninguna manera. En particular, cualquier dimensión o cantidad específica a las que se hace referencia en la presente descripción está destinada únicamente a ilustrar uno o más aspectos específicos, no está destinada a limitar la descripción de ninguna manera. Los dibujos proporcionados en la presente descripción tienen únicamente el propósito de ilustrar varios aspectos de la descripción y no están destinados a ser dibujados a escala ni a ser limitantes de ninguna manera. El alcance de las reivindicaciones adjuntas no debería estar limitado por las modalidades preferidas expuestas en la descripción anterior, sino que debería recibir la interpretación más amplia coherente con la presente descripción en su conjunto. Las descripciones de toda la técnica anterior enumeradas en la presente descripción se incorporan en la presente descripción como referencia en su totalidad.