

CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE MANIPULACIÓN DE GAS EN EL FONDO DE POZO

CAMPO TÉCNICO

[0001] Las formas de realización de ejemplo divulgadas en la presente se refieren a la producción de petróleo y gas de un pozo y, más particularmente, a aparatos y métodos para analizar y evaluar los sistemas de manipulación de fluidos multifase en el fondo de pozo utilizados en tal producción de petróleo y gas.

ANTECEDENTES

[0002] En la industria del petróleo y gas, los fluidos de una formación subterránea contienen por lo general una mezcla multifase de petróleo, gas, agua y otros líquidos. La producción del petróleo y gas implica bombear la mezcla multifase hacia arriba por el pozo, separar las diferentes fases y transportarlas a través de tuberías para el procesamiento corriente abajo. La separación se realiza mediante un sistema de manipulación de fluidos multifase que comprende diversos equipos de manipulación de fluidos, tales como separadores de gas, bombas, válvulas y similares, colocados estratégicamente en ciertos puntos tanto en el fondo de pozo como en la superficie. Es importante comprender los efectos del equipo de manipulación de fluidos sobre el régimen de flujo del fluido, incluida la velocidad de flujo, si el flujo es laminar o turbulento y similares, para poder diseñar sistemas de manipulación de fluidos multifase eficaces.

[0003] Las técnicas existentes para evaluar los efectos del equipo de manipulación de fluidos multifase implican por lo general poner al equipo en un bucle de prueba bifásico. El bucle de prueba bifásico está diseñado para evaluar el equipo de manipulación de gas en el fondo de pozo y, por lo tanto, se suele construir a partir de revestimiento de acero o metal. Los diversos sensores e instrumentos se colocan en el bucle de prueba para monitorear el flujo de fluido a través del equipo de manipulación de gas y, por lo tanto, para comprender las características de flujo y rendimiento de este. Estos sensores e instrumentos permiten que las personas del oficio de nivel medio realicen suposiciones informadas sobre la eficacia y/o el impedimento del equipo con respecto a los regímenes de flujo. Si bien estas suposiciones son suficientes en muchos casos, existe una alta probabilidad de error debido a la complejidad de las diferencias de densidad del fluido multifase, las interacciones de las fases múltiples y cómo el equipo individual afecta realmente el régimen de flujo a

velocidades diferentes.

[0004] Por lo tanto, existe una necesidad de mejoras en el análisis y evaluación de los sistemas de manipulación de fluidos multifase en el fondo de pozo utilizados en la producción de petróleo y gas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0005] Para una comprensión más completa de las formas de realización divulgadas de ejemplo, y para ventajas adicionales de estas, a continuación se hará referencia a la siguiente descripción tomada en conjunto con los dibujos adjuntos, en los que:

[0006] Las Figuras 1A-1D son diagramas esquemáticos que muestran un aparato para analizar el flujo de fluido a través de los sistemas de manipulación de fluidos en el fondo de pozo de acuerdo con las formas de realización de la presente divulgación;

[0007] La Figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un sitio de pozo de ejemplo que utiliza los sistemas de manipulación de fluidos en el fondo de pozo evaluados de acuerdo con las formas de realización de la divulgación; y

[0008] La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un método para analizar el flujo de fluido a través de sistemas de manipulación de fluidos en el fondo de pozo de acuerdo con las formas de realización de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DE FORMAS DE REALIZACIÓN DE EJEMPLO

[0009] El siguiente análisis se presenta para que una persona del oficio de nivel medio sintetice y utilice las formas de realización de ejemplo divulgadas. Diversas modificaciones serán fácilmente evidentes para las personas del oficio de nivel medio, y los principios generales descritos en la presente se pueden aplicar a formas de realización y aplicaciones distintas de aquellas detalladas a continuación sin apartarse del espíritu y alcance de las formas de realización divulgadas como se definen en la presente. En consecuencia, no se pretende que las formas de realización divulgadas estén limitadas a las formas de realización particulares que se muestran, sino que se les debe otorgar el alcance más amplio coherente con los principios y las características divulgados en la presente.

[0010] Las formas de realización de la presente divulgación proporcionan un aparato y método para evaluar los sistemas de manipulación de fluidos multifase (por ejemplo, bifásico) que permiten al personal de prueba observar visualmente el equipo de manipulación de fluidos en este. El aparato está construido de carcasas y/o revestimientos hechos parcial o completamente de un material transparente. El material transparente, que puede incluir un material translúcido (es decir, claro y

trasluciente) en este, permite ventajosamente la observación visual sin ayuda del régimen de flujo del fluido que fluye a través del equipo de manipulación de fluidos. Esto elimina la mayoría de las suposiciones que por lo general se necesitan hacer sobre qué tan bien funciona el equipo. En algunas formas de realización, los mismos sensores e instrumentos usados por lo general en bucles de prueba de acero o metal se pueden incorporar dentro de las carcasas transparentes también. La capacidad de observar claramente los regímenes de flujo sin asistencia permite un estudio preciso de los efectos individuales del equipo, la formación e interacciones de vórtices, los efectos de velocidades diferentes de flujo de fluido, la optimización de vías de flujo, una nueva mezcla y los regímenes de flujo externos a un sistema, la creación de bolsón y otros parámetros conocidos por las personas del oficio de nivel medio. En resumen, las formas de realización de la presente divulgación permiten la recreación de prácticamente todos los aspectos de un pozo de petróleo operativo en un entorno de prueba que se puede observar visualmente.

[0011] Además del uso de diversas carcasas transparentes y otros componentes, las formas de realización de la divulgación también proporcionan una disposición de componentes que permiten una flexibilidad mejorada en la separación y control de los flujos de petróleo y gas.

[0012] Con respecto a la Figura 1A, se muestra un aparato 100 para observar visualmente y determinar las características del flujo de fluido a través del equipo de manipulación de petróleo y gas de acuerdo con las formas de realización de la divulgación. El aparato 100 incluye un tanque de retención de fluido 101. El tanque de retención de fluido 101 proporciona el fluido fuente para el aparato 100 que puede utilizarse con fines de prueba. Cerca del fondo del tanque de retención de fluido 101 hay una salida (no etiquetada explícitamente) que está conectada a una bomba de refuerzo 102. La bomba de refuerzo 102 bombea el fluido fuente desde el tanque de retención 101 a través de un medidor de flujo 103 y hacia una tubería de suministro del sistema 104. La tubería de suministro del sistema 104 transporta el fluido fuente a una tubería de subida de prueba 105.

[0013] La tubería de subida de prueba 105 simula un tubo o revestimiento en un pozo o una tubería en el análisis de un sistema de manipulación de fluidos. Para modelar el tubo, el revestimiento o la tubería, la tubería de subida de prueba 105 se asemeja o adopta la forma de una carcasa cilíndrica hueca en general que tiene un espesor uniforme generalmente, lo que define una vía de flujo recto a través de esta. De acuerdo con las formas de realización de la divulgación, la carcasa

cilíndrica/tubería de subida de prueba 105 se construye parcial o completamente a partir de un material transparente. El material adecuado que puede utilizarse para la tubería de subida de prueba 105 incluye plexiglás, Lucite y otros plásticos transparentes conocidos por las personas del oficio de nivel medio, así como materiales de vidrio. El término "transparente" se usa en la presente también para abarcar los materiales translúcidos.

[0014] La tubería de subida de prueba 105 aloja diversos equipos de manipulación de fluidos, tales como bombas y separadores de flujo de fluido, que es conveniente que estén caracterizados en relación con el flujo de fluidos a través de un sistema de manipulación de fluidos. En la forma de realización que se muestra, la tubería de subida de prueba 105 se proporciona con un separador de gas mecánico 106. El separador de gas mecánico 106 puede ser un separador de dos etapas que crea un vórtice dentro del fluido que se suministra desde el tanque de retención 101 a través de la tubería de suministro del sistema 104. La tubería de subida de prueba 105 también se proporciona con un separador de gas 107 ubicado entre el separador de gas mecánico 106 y una bomba multietapa corriente arriba 109. La bomba 109 puede tener una cantidad adecuada de etapas de bomba, tales como una bomba de dos etapas, como se muestra en la forma de realización de ejemplo. En algunas formas de realización, un accionamiento del motor 110 acoplado a la tubería de subida de prueba 105 acciona o proporciona de otro modo energía a la bomba 109 y otro equipo de manipulación de fluidos en la tubería de subida de prueba 105.

[0015] El separador de gas 107 funciona para eliminar o separar el gas del fluido en la tubería de subida de prueba 105 para evitar que el gas entre en la bomba multietapa corriente arriba 109. Se considera que el separador de gas 107 funciona adecuadamente si ningún gas del flujo de fluido entra en la bomba 109. Existen varios diseños diferentes de separador de gas y se pueden evaluar en la tubería de subida de prueba 105. En el presente ejemplo, el separador de gas 107 usa un diseño donde el gas sale en un anillo (no mostrado explícitamente) entre una pared interna de la tubería de subida de prueba 105 y el separador de gas 107. En formas de realización preferidas, uno o más separadores de gas 107, bomba multietapa 109 y separador de gas mecánico 106 también tienen una carcasa exterior que se construye parcial o completamente de un material transparente para permitir la observación visual de estos.

[0016] Una línea de suministro de primera cámara 111 está conectada a la tubería de subida de prueba 105 en o cerca del anillo donde el gas sale del separador de gas

107. La línea de suministro de primera cámara 111 transporta el gas separado junto con cualquier fluido en el anillo a una serie de cuatro cámaras, etiquetadas A, B, C y D, respectivamente. Por lo tanto, la línea de suministro de primera cámara 111 representa o simula una vía de descarga de gas para el gas separado de un fluido multifase por el separador de gas 107. Una línea de suministro de segunda cámara 116 está conectada a la tubería de subida de prueba 105 corriente arriba de la bomba 109. La línea de suministro de segunda cámara 116 transporta el fluido que fluye a través de la bomba 109 junto con cualquier gas no separado a las cámaras A, B, C y D. En el presente ejemplo, la línea de suministro 116 representa una vía de cabezal de pozo desde la salida de la bomba multietapa 109 como se dispondría en operaciones de producción reales. En formas de realización preferidas, cada una de las líneas de suministro de primera y segunda cámara 111 y 116 y las cámaras A, B, C y D están construidas parcial o completamente de un material transparente.

[0017] Se puede bombear el fluido desde el tanque de retención 101 a través de la tubería de subida de prueba 105, las líneas de suministro de primera y segunda cámara 111 y 116 y en una o más de las cámaras A, B, C y D, respectivamente. Las cámaras A, B, C y D se proporcionan con cuatro válvulas de cámara 113a-113d colocadas en las líneas de suministro de primera y segunda cámara 111 y 116 como se muestra. Estas válvulas de cámara 113a-113d se pueden abrir y cerrar individualmente en conjunto entre sí para controlar el suministro del fluido dentro de una o más de las cámaras A, B, C y D. La altura del nivel del fluido en cada una de las cámaras A, B, C y D se puede controlar según se desee durante la operación del aparato 100 al ajustar la velocidad de flujo de la bomba de refuerzo 102.

[0018] También se proporciona a cada una de las cámaras A, B, C y D una salida (no etiquetada explícitamente) que se conecta a una línea de retorno 117 para el fluido que regresa al tanque de retención 101. Los medidores de flujo de fluido 114a-114d montados a las salidas del fluido miden la velocidad de flujo del líquido que fluye a través de cada una de las cámaras individuales A, B, C y D, respectivamente, a medida que el fluido de cada cámara regresa a través de la línea de retorno 117 de vuelta al tanque de retención 101.

[0019] También se proporciona a cada cámara A, B, C y D una salida de gas (no etiquetada explícitamente) cerca de la parte superior de cada cámara. Posteriormente, el gas transportado por la primera línea de suministro 111 o la segunda línea de suministro 116, o ambas, a las cámaras A, B, C y D sale de cada cámara A, B, C y D a través de las salidas. El gas que sale pasa a través de un medidor de flujo de gas

respectivo 115a-115d que mide la velocidad de flujo de gas del gas que sale de cada cámara A, B, C y D.

[0020] El aparato 100 también se proporciona con una válvula de aislamiento 118 entre las dos cámaras medias B y C. La válvula de aislamiento 118 se puede operar para aislar y dividir las cuatro cámaras A, B, C y D en dos pares, un par compuesto por la primera y segunda cámara A y B, y otro par compuesto por la tercera y cuarta cámara C y D. Esto permite operar las cámaras como conjuntos de pares, como se describirá adicionalmente en la presente. Además, el aparato 100 se proporciona con la línea de suministro de gas 119 que permite que el gas se inyecte en la tubería de subida de prueba 105. Una válvula 120 permite que un operador controle la velocidad de inyección a la que el gas se inyecta dentro de la tubería de subida de prueba 105. Se proporciona un medidor de flujo de gas 121 para permitir que se mida la velocidad de flujo del gas que fluye a través de la línea de suministro de gas 119.

[0021] Se apreciará que la cantidad de cámaras A, B, C y D es ajustable para una aplicación particular. Por lo tanto, las cámaras se pueden remover o agregar según sea necesario de manera tal que se pueden usar menos de cuatro (por ejemplo, tres, dos, etc.) cámaras o más de cuatro (por ejemplo, cinco, seis, etc.) cámaras con la tubería de subida de prueba 105 en algunas formas de realización, con válvulas de cámara, válvulas de aislamiento, medidores de flujo de fluido, medidores de flujo de gas y similares correspondientes, colocados según sea adecuado para la aplicación particular, dentro del alcance de la presente divulgación.

[0022] Las formas de realización de la presente divulgación también proporcionan métodos para usar el aparato 100 para analizar las características de rendimiento de los separadores de gas específicos y otro equipo de manipulación de fluidos en la tubería de subida de prueba 105. Generalmente, los métodos comienzan cuando se activa la bomba de refuerzo 102 y el fluido se transporta desde el tanque de retención 101 a través de la línea de suministro del sistema 104 hacia la tubería de subida de prueba 105. Esto se puede observar en la Figura 1B. La velocidad de flujo desde el tanque de retención 101 se mide mediante el medidor de flujo 103. Las válvulas de cámara 113a y 113b se abren mientras la válvula de aislamiento 118 se cierra. La bomba 109 y el separador de gas mecánico 106 están inactivos en este momento. El fluido del tanque de retención 101 fluye a través de la tubería de subida de prueba 105, a través del separador de gas 107, hacia la línea de suministro de primera cámara 111 y hacia las cámaras A y B. Posteriormente, el fluido sale de las cámaras A y B a través de medidores de flujo de fluido 114a y 114b, y regresa a través de la línea

de retorno 117 al tanque de retención 101, lo que forma un bucle de flujo como se indica en la Figura 1B. Se puede mantener la altura del líquido en las cámaras A y B al controlar la velocidad de flujo a través de la línea de suministro del sistema 104.

[0023] Luego, se abren las válvulas de cámara 113d y 113c para prepararlas para la activación de la bomba 109. Una vez que se abren las válvulas 113d y 113c, se activan el separador de gas mecánico 106 y la bomba 109. El separador de gas mecánico 106 crea un vórtice en el flujo de fluido a través de la tubería de subida de prueba 105. De acuerdo con las formas de realización de la divulgación, la tubería de subida de prueba 105 se hace a partir de un material transparente, tal como plexiglás, para que se pueda observar visualmente el vórtice creado por el separador de gas mecánico 106, así como también las otras características de flujo del flujo de fluido a través de los otros componentes en la tubería de subida de prueba 105. La observación visual puede ser particularmente útil para comprender el régimen de flujo, que puede verse afectado por factores tal como la emulsificación del gas en el fluido, o por cambios en la temperatura o presión, que podrían requerir observación visual durante un período de tiempo. Además, poder localizar visualmente el vórtice en la tubería de subida de prueba 105 permite que un sensor de presión (no mostrado explícitamente) se inserte en la tubería de subida de prueba 105 para obtener los datos sobre el propio vórtice. Uno o más orificios herméticos 108 se pueden formar en ubicaciones seleccionadas de manera longitudinal y/o circunferencial a lo largo de la tubería de subida de prueba 105 para insertar el sensor de presión y otros sensores dentro de la tubería de subida de prueba 105.

[0024] Con respecto a la Figura 1C, cuando se activa la bomba 109, el fluido comienza a fluir dentro de la línea de suministro de segunda cámara 116. Como se menciona, esta línea de suministro 116 simula una vía de cabezal de pozo desde la salida de la bomba multietapa 109 como se dispondría en operaciones de producción reales. El flujo desde la línea de suministro de segunda cámara 116 se divide entre las cámaras C y D, con la válvula 118 aún cerrada en este momento. El fluido en las cámaras C y D sale a través de los medidores de flujo 114c y 114d y regresa al tanque de retención 101 a través de la línea de retorno 117, lo que forma entonces un segundo bucle de flujo del sistema. En este punto, se puede llevar a cabo visualmente el análisis de las características de rendimiento de ciertos equipos de manipulación de fluidos, tal como la bomba 109. El análisis puede determinar, por ejemplo, qué tan eficazmente opera la bomba 109 en las condiciones determinadas, tales como temperatura y presión, al comparar la cantidad de flujo a través de la bomba 109 con

la cantidad de flujo a través del canal de flujo 110. Además, debido a que la tubería de subida de prueba 105 está hecha preferentemente de un material transparente, se puede observar el régimen de flujo real durante la prueba.

[0025] Aun con referencia a la Figura 1C, se puede agregar el gas al fluido para crear un flujo bifásico para analizar las características del separador de gas 107 y otro equipo en el sistema. La válvula de inyección 120, acoplada a un suministro de gas (no mostrado explícitamente), se abre lentamente para permitir el gas en la línea de suministro de gas 119 y en la tubería de subida de prueba 105. Un medidor de flujo de inyección 121 se acopla a la línea de suministro de gas 119 para medir la velocidad de flujo del gas que fluye a través de la válvula de inyección 120. El separador de gas mecánico 106, un separador de dos etapas en este ejemplo, crea un vórtice 122 dentro de la tubería de subida de prueba 105 que se puede observar y analizar a través del material transparente usado para construir la tubería de subida de prueba 105. El vórtice ayuda a mezclar el gas inyectado con el fluido para crear un fluido bifásico. Posteriormente, el fluido bifásico se separa mediante el separador de gas 107. Luego, el gas separador se desvía en la línea de suministro de primera cámara 111 mediante el separador de gas 107. El gas en la línea de suministro de primera cámara 111 se transporta dentro de las cámaras A y B. Posteriormente, el gas sale de las cámaras A y B a través de los medidores de flujo 115a y 115b, que miden las velocidades de flujo de gas. Las velocidades de flujo de gas medidas en los medidores de flujo 115a y 115b, en teoría, deberían coincidir con la velocidad de flujo medida en el medidor de flujo de inyección 121.

[0026] Con respecto a la Figura 1D, la velocidad de flujo de gas a través de la línea de suministro de gas 119 puede aumentarse gradualmente al abrir además la válvula de inyección 120. El aumento en el gas agranda el vórtice 122. Para comprender los parámetros de rendimiento del sistema de manipulación de gas, tales como los límites de falla de este, se puede aumentar el flujo de gas hasta que el separador de gas 107 se sobrecarga y no logra separar adecuadamente todo el gas de la corriente de fluido. En este punto, el gas también comienza a desplazarse a través de la bomba 109 en una corriente de gas 123 dentro de la línea de suministro de segunda cámara 116. Luego, este gas se desplaza en las cámaras C y D y después hacia afuera a través de los medidores de flujo 115c y 115d, que miden las velocidades de flujo de gas que los atraviesan. Luego, se puede medir la cantidad de gas que fluye a través de la bomba 109 y la línea de suministro de segunda cámara 116 en condiciones de sobrecarga y se puede comparar con la cantidad de gas que fluye a través de la línea de suministro

de primera cámara 111 para su análisis.

[0027] Si bien las mediciones cuantitativas son, por supuesto, importantes en las formas de realización de la divulgación, la tubería de subida de prueba 105 así como las cámaras A, B, C y D, también se pueden hacer líneas de suministro de primera y segunda cámara 111 y 116 y/u otros componentes del aparato 100 a partir de un plástico transparente u otro material que permite la observación visual en tiempo real del régimen de flujo bifásico, lo cual permite un estudio más preciso del equipamiento interno a prueba y permite una mejor comprensión de cómo operan los componentes internos del sistema.

[0028] Con respecto a la Figura 2, se muestra un diagrama esquemático de un sitio de pozo de ejemplo 200 en el que se pueden usar separadores de gas que se evaluaron de acuerdo con las formas de realización de la presente divulgación. Como se puede ver, se ha perforado un pozo 202 en una formación subterránea 204 en el sitio de pozo 200 y se ha bajado la tubería 206 dentro del pozo 202. La tubería 206 se extiende desde un cabezal de pozo 208 instalado en la superficie 210 para facilitar la producción del fluido de pozo a partir de la formación subterránea 204. La producción en este ejemplo se acciona principalmente mediante una bomba semisumergible eléctrica (ESP) 212.

[0029] El rendimiento de la ESP 212 puede degradarse significativamente por la presencia de gas en el fluido de pozo. Por lo tanto, se han proporcionado un separador de gas superior 214 y un separador inferior 216 en la tubería 206 para realizar la separación de gas. Tales separadores de gas 214 y 216 son conocidos en la técnica y, por lo tanto, se describen solo en general en la presente. En general, el separador de gas superior 214 incluye uno o más puertos de salida de gas 218 y un motor de fluidos 220, y el separador inferior 216 también incluye uno o más puertos de salida 222 y un motor de fluidos 224. Los puertos de entrada 226 en el separador de gas inferior 216 permiten que entre el fluido de pozo para la separación de gas. Se ha descubierto que el uso de los separadores de gas superior e inferior 214 y 216 en tándem como se muestra en la Figura 2 mejora en gran medida la eliminación de gas de los fluidos de pozo en comparación con un único separador.

[0030] Debido a que se han evaluado y analizado los separadores de gas 214 y 216 con las formas de realización de la divulgación, los operadores de pozo pueden estar confiados de que se llevarán a cabo la eficacia y las propiedades de diseño de salida del separador, y/o cualquier recirculación de fluido desde la salida del separador hasta la entrada del separador y las condiciones que crean dicha recirculación, según

lo previsto en el fondo de pozo. Un sello de motor 228 evita que el fluido de pozo contamine un motor de accionamiento 230 que acciona los separadores de gas 214 y 216 y otro equipo.

[0031] A continuación en la Figura 3, hay un método 300 que puede utilizarse para analizar visualmente y evaluar el equipo de manipulación de fluidos de acuerdo con las formas de realización de la presente divulgación. Generalmente, el método 300 comienza en el bloque 302 donde se suministra un líquido fuente desde un tanque de retención hasta la tubería de subida de prueba a la velocidad de flujo seleccionada. Como se mencionó, la tubería de subida de prueba, preferentemente, está construida, parcial o completamente, de un material transparente o translúcido. En el bloque 304, el gas se inyecta dentro de la tubería de subida de prueba desde una línea de suministro de gas a la primera velocidad de inyección. En el bloque 306, el gas y el líquido fuente se mezclan en la tubería de subida de prueba para crear un fluido multifase. En algunas formas de realización, la mezcla se puede realizar mediante un separador de gas mecánico que genera un vórtice en la tubería de subida de prueba. En el bloque 308, se aumenta la inyección de gas dentro de la tubería de subida de prueba desde la primera velocidad de flujo hasta una segunda velocidad de flujo.

[0032] Mientras se está inyectando el gas, un separador de gas colocado corriente arriba del separador de gas mecánico intenta separar el gas del fluido multifase en el bloque 310. Cuando el gas se inyecta a la primera velocidad de inyección, el separador de gas puede separar sustancialmente (por ejemplo, dentro de 10 por ciento) todo el gas del fluido. Sin embargo, cuando se aumenta la velocidad de inyección de gas a la segunda velocidad de inyección, el separador de gas ya no puede separar sustancialmente todo el gas del fluido.

[0033] En el bloque 312, el gas que se separó del separador de gas se transporta junto con cualquier líquido a un conjunto de primeras cámaras. El transporte puede realizarse con una línea de suministro de primera cámara que acopla la tubería de subida de prueba al conjunto de las primeras cámaras. En el bloque 314, una bomba multietapa bombea cualquier gas que no se separó del separador de gas junto con el líquido a un conjunto de segundas cámaras. Este transporte puede realizarse con una línea de suministro de segunda cámara que acopla la tubería de subida de prueba al conjunto de segundas cámaras. En el bloque 316, las velocidades de flujo de líquido y gas como los conjuntos de las primeras y segundas cámaras, se miden, por ejemplo, con medidores de flujo de líquido y gas acoplados con salidas de líquido y gas como los conjuntos de las primeras y segundas cámaras. En el bloque 318, las velocidades

de flujo de líquido y gas medidas en el conjunto de las primeras cámaras se comparan con las velocidades de flujo de líquido y gas medidas en el conjunto de las segundas cámaras para el análisis de las características y el rendimiento del separador de gas.

[0034] En algunas formas de realización, además de la tubería de subida de prueba, las líneas de suministro de primera y segunda cámara y/o los conjuntos de las primeras y segundas cámaras también se pueden construir a partir de un material transparente o translúcido. También, el separador de gas y la bomba multietapa pueden tener carcasas externas compuestas de un material transparente o translúcido.

[0035] En consecuencia, como se indica en la presente, las formas de realización de la presente divulgación se pueden implementar de varias maneras. Por ejemplo, en un aspecto, las formas de realización de la presente divulgación se refieren a un aparato para caracterizar los sistemas de manipulación de fluidos en el fondo de pozo. El aparato comprende, entre otras cosas, una carcasa cilíndrica hueca dispuesta para recibir selectivamente un fluido multifase que contiene un gas y un líquido en este, en donde la carcasa cilíndrica hueca está construida al menos parcialmente de un material transparente o translúcido. El aparato también comprende un separador de gas colocado dentro de la carcasa cilíndrica hueca en una ubicación específica, y una bomba multietapa colocada corriente arriba del separador de gas en una ubicación especificada dentro de la carcasa cilíndrica hueca. El aparato comprende adicionalmente una línea de suministro de primera cámara acoplada a la carcasa cilíndrica hueca entre el separador de gas y la bomba multietapa y dispuesta para transportar el gas separado por el separador de gas y cualquier líquido fuera de la carcasa cilíndrica hueca, y una línea de suministro de segunda cámara acoplada a la carcasa cilíndrica hueca corriente arriba de la bomba multietapa y dispuesta para transportar el líquido y cualquier gas no separado por el separador de gas de la bomba multietapa lejos de la carcasa cilíndrica hueca. El aparato comprende además al menos una primera cámara acoplada a la línea de suministro de primera cámara y dispuesta para recibir el gas y cualquier líquido transportado por la línea de suministro de primera cámara, y al menos una segunda cámara acoplada a la línea de suministro de segunda cámara y dispuesta para recibir el líquido y cualquier gas transportado por la línea de suministro de segunda cámara. Un medidor de flujo de líquido se acopla a cada una de la al menos una primera y segunda cámara, en donde cada medidor de flujo de líquido está dispuesto para medir una velocidad de flujo de líquido en la al menos una primera y segunda cámara, respectivamente, y se acopla un medidor de

flujo de gas a cada una de la al menos una primera y segunda cámara, en donde cada medidor de flujo de gas está dispuesto para medir una velocidad de flujo de gas de la al menos una primera y segunda cámara, respectivamente.

[0036] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, el aparato comprende además un separador mecánico colocado corriente abajo del separador de gas dentro de la carcasa cilíndrica hueca, en donde el separador mecánico está dispuesto para inducir un vórtice en la carcasa cilíndrica hueca; y/o una línea de suministro de gas acoplada a la carcasa cilíndrica hueca y dispuesta para inyectar selectivamente gas dentro de la carcasa cilíndrica hueca.

[0037] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, el aparato comprende además un tanque de retención y una línea de suministro de líquido que acopla el tanque de retención a la carcasa cilíndrica hueca, en donde la línea de suministro líquido está dispuesta para suministrar selectivamente líquido desde el tanque de retención hacia la carcasa cilíndrica hueca; y, opcionalmente, una línea de retorno acoplada a cada medidor de flujo de líquido, en donde la línea de retorno está dispuesta para regresar el líquido que sale de la al menos una primera y segunda cámara al tanque de retención.

[0038] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, una pluralidad de válvulas de cámara se acopla a las líneas de suministro de primera y segunda cámara, en donde cada válvula de cámara se puede operar individualmente en conjunto entre sí para controlar selectivamente el flujo de fluido en la al menos una primera y segunda cámara; y/o una válvula de aislamiento se acopla a la línea de suministro de primera cámara y se puede operar para aislar selectivamente la al menos una primera cámara de la al menos una segunda cámara.

[0039] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, la carcasa cilíndrica hueca tiene uno o más orificios herméticos formados en esta, en donde el uno o más orificios herméticos permiten que un sensor se inserte en la carcasa cilíndrica hueca.

[0040] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, cada una de la al menos una primera y segunda cámara incluye una salida de gas y cada medidor de flujo de gas se acopla a una salida de gas respectiva; y/o cada una de la al menos una primera y segunda cámara incluye una salida de líquido y cada medidor de flujo de líquido se acopla a una salida de líquido respectiva.

[0041] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, la línea de suministro de primera cámara y la al menos una primera cámara

forman un primer bucle de prueba cerrado junto con la línea de retorno, el tanque de retención, la línea de suministro de líquido y la carcasa cilíndrica hueca; y/o la línea de suministro de segunda cámara y la al menos una segunda cámara forman un segundo bucle de prueba cerrado junto con la línea de retorno, el tanque de retención, la línea de suministro de líquido y la carcasa cilíndrica hueca.

[0042] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, el separador de gas tiene una carcasa externa transparente o translúcida, y/o la bomba multietapa tiene una carcasa externa transparente o translúcida.

[0043] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, la línea de suministro de primera cámara, la línea de suministro de segunda cámara, la al menos una primera cámara y/o la al menos una segunda cámara se construyen a partir de un material transparente o translúcido.

[0044] En general, en otro aspecto, las formas de realización de la presente divulgación se refieren a un método para evaluar el equipo de manipulación de fluidos utilizado en la producción de petróleo y gas. El método comprende, entre otras cosas, proporcionar un líquido a una carcasa cilíndrica hueca a una velocidad de flujo de suministro seleccionada a partir de una línea de suministro de líquido, en donde la carcasa cilíndrica hueca está construida al menos parcialmente de un material transparente o translúcido. El método también comprende inyectar un gas dentro de la carcasa cilíndrica hueca a una primera velocidad de inyección desde una línea de suministro de gas, mezclar el gas y el líquido para crear un fluido multifase y aumentar la inyección de gas dentro de la carcasa cilíndrica hueca desde la primera velocidad de inyección hasta una segunda velocidad de inyección. Además, el método comprende separar el gas en un separador de gas colocado dentro de la carcasa cilíndrica hueca, en donde el separador de gas separa todo el gas inyectado a la primera velocidad de inyección del fluido multifase, y en donde el separador de gas no logra separar todo el gas inyectado a la segunda velocidad de inyección del fluido multifase. El método comprende adicionalmente transportar el gas separado por el separador de gas y cualquier líquido a al menos una primera cámara a través de una línea de suministro de primera cámara acoplada a la carcasa cilíndrica hueca, y transportar el líquido y cualquier gas no separado por el separador de gas desde una bomba multietapa hasta al menos una segunda cámara a través de una línea de suministro de segunda cámara acoplada a la carcasa cilíndrica hueca. Una velocidad de flujo de líquido y una velocidad de flujo de gas se miden en la al menos una primera y segunda cámara, y se comparan la velocidad de flujo de líquido y la velocidad de

flujo de gas en la al menos una primera cámara con la velocidad de flujo de líquido y la velocidad de flujo de gas en la al menos una segunda cámara.

[0045] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, el método comprende además insertar un sensor dentro de la carcasa cilíndrica hueca a través de uno o más orificios herméticos formados en esta.

[0046] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, la mezcla de gas y el líquido para crear un fluido multifase se realiza con un separador mecánico colocado corriente abajo del separador de gas dentro de la carcasa cilíndrica hueca, en donde el separador mecánico está dispuesto para inducir un vórtice en la carcasa cilíndrica hueca.

[0047] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, el líquido se suministra a la carcasa cilíndrica hueca desde un tanque de retención, en donde la retención está dispuesta para recibir líquido de la al menos primera y segunda cámara a través de una línea de retorno; la línea de suministro de primera cámara y la al menos una primera cámara forman un primer bucle de prueba cerrado junto con la línea de retorno, el tanque de retención, la línea de suministro de líquido y la carcasa cilíndrica hueca; y/o la línea de suministro de segunda cámara y la al menos una segunda cámara forman un segundo bucle de prueba cerrado junto con la línea de retorno, el tanque de retención, la línea de suministro de líquido y la carcasa cilíndrica hueca;

[0048] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, el separador de gas tiene una carcasa externa transparente o translúcida, y/o la bomba multietapa tiene una carcasa externa transparente o translúcida.

[0049] De acuerdo con cualquiera de una o más de las formas de realización anteriores, la línea de suministro de primera cámara, la línea de suministro de segunda cámara, la al menos una primera cámara y/o la al menos una segunda cámara se construyen a partir de un material transparente o translúcido.

[0050] Además, aunque se ha hecho referencia a las direcciones hacia arriba del pozo y hacia el fondo de pozo, se apreciará que esto se refiere a la dirección de bajada de la herramienta, y la herramienta es útil en las aplicaciones de revestimientos horizontales, y el uso de las expresiones hacia arriba del pozo y hacia el fondo de pozo no pretenden ser limitativas en cuanto a la posición del ensamblaje de tapón dentro de la formación en el fondo de pozo.

[0051] Si bien la divulgación se describió con referencia a una o más formas de realización particulares, las personas del oficio de nivel medio reconocerán que se

pueden hacer muchos cambios a esta sin apartarse del espíritu y alcance de la descripción. Se contempla que cada una de estas formas de realización y variaciones evidentes de estas se incluyen dentro del espíritu y alcance de la divulgación reivindicada, la cual se establece en las siguientes reivindicaciones.