

SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE POZO MULTIFUNCIONAL

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a una herramienta de fondo de pozo para una sarta de perforación para perforar pozos de petróleo, gas y agua, concretamente un sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional de una sola pieza donde dicho sistema combina el escariado durante la perforación, acondicionamiento de pozo, proporcionando un efecto de enlucido, estabilización mejorada y limpieza de recortes de un agujero perforado.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

A medida que la tecnología ha avanzado en la industria de la perforación direccional, ha facilitado la perforación de trayectorias de pozos más profundas y complejas, más rápido que nunca.

Los problemas de calidad del pozo, ya sea relacionados con la geometría, la limpieza del agujero o las formaciones, podrían llevar a que el diámetro de derivación del pozo sea más pequeño, lo que genera mayor fricción, puntos estrechos, mayor torque giratorio superior, lo que lleva a una reducción del peso real y del torque en la barrena, niveles elevados de vibraciones de perforación e incluso desgaste innecesario y prematuro de los componentes del montaje de fondo del pozo (BHA).

En general, la ampliación de un sondeo se puede realizar como una operación separada para ampliar un sondeo existente o se puede realizar en la misma operación que perforar el sondeo. El agujero inicial o piloto se perfora con la broca; se puede colocar un escariador a una distancia por encima de la broca para agrandar y/o acondicionar el sondeo. Si un escariador tiene un diámetro exterior fijo, la acción de los elementos de recortes comienza en la superficie del pozo y termina con un diámetro igual o mayor que el diámetro de la broca. Alternativamente, se podría utilizar un escariador construido con cortadores expandibles. Si el sondeo requiere una ligera ampliación y/o enderezamiento debido a la formación de patas de perro, se puede construir un escariador excéntrico; se utiliza un escariador con este conjunto de características para agrandar o enderezar el sondeo en una fracción de pulgada.

Con el aumento de las profundidades medidas y los desplazamientos horizontales en los pozos de alcance extendido, el transporte de recortes y la buena limpieza del agujero siguen siendo un desafío importante. La limpieza de agujeros es la capacidad que tiene el fluido de perforación, también conocido como lodo, de transportar los recortes producidos durante las operaciones de perforación hasta la superficie y

suspender los recortes. Desde hace muchos años se reconoce que la retirada de los recortes del pozo durante la perforación de pozos horizontales plantea problemas especiales.

A medida que los recortes producidos durante el proceso de perforación son transportados a la superficie, se ha descubierto que algunos de los recortes caen del lodo de perforación en secciones del pozo inclinadas a horizontales, luego se depositan en el lado bajo del pozo debido a la gravedad y se forma una acumulación de sólidos a lo largo del lado inferior del sondeo. Esto y el hecho de que la sarta de perforación también se encuentra en el lado bajo del pozo reduce la eficiencia del proceso de perforación. No lograr una limpieza suficiente del pozo puede causar graves problemas de perforación, incluyendo energía y tiempo excesivos requeridos para salir del agujero, alto torque rotatorio, tubería atascada, obstrucción del agujero, densidad de circulación equivalente excesiva, ruptura de la formación, velocidades lentas de penetración y dificultad para ejecutar revestimientos y registros. Estas acumulaciones de lecho de recortes pueden resultar en que la sarta de perforación se atasque dentro del agujero, lo que a su vez resulta en un costo de perforación importante. Aunque la prevención de la sarta atascada es mucho más económica, el profesional de perforación a menudo opta por procedimientos de liberación tales como "lavado y escariado", en donde el fluido de perforación circula y la sarta de perforación se hace girar a medida que se introduce la broca en el pozo, y "escariado hacia atrás", en donde el fluido de perforación circula y la sarta de perforación gira a medida que se retira la broca del pozo. A menudo se realizan otras operaciones, tales como "viajes de limpieza" o "bombeo fuera del agujero", para intentar controlar la cantidad de recortes acumulados en el pozo. Todas estas operaciones requieren tiempo y pueden aumentar significativamente el costo de perforar un pozo direccional. Por lo tanto, es necesario superar esos problemas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención de acuerdo con la reivindicación 1 se logra por un sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional de construcción de una sola pieza que tiene un cuerpo tubular que se extiende a lo largo de un eje longitudinal X, dicho sistema comprende

- una etapa de escariador excéntrico trasero,
- una etapa de escariador excéntrico delantero, y
- un agitador de recortes de perforación que se coloca entre dichas etapas de escariador excéntrico trasero y delantero,

en donde dicho agitador de recortes de perforación comprende

- una pluralidad de primeras palas de estabilización que se extienden radialmente hacia afuera desde una superficie exterior del cuerpo tubular,
- una pluralidad de segundas palas de estabilización que se extienden radialmente hacia afuera desde la superficie exterior del cuerpo tubular,
- una pluralidad de palas de estabilización centrales que se extienden radialmente hacia afuera desde la superficie exterior del cuerpo tubular y dispuestas axialmente entre la pluralidad de primeras palas de estabilización y la pluralidad de segundas palas de estabilización, y
- una pluralidad de acanaladuras hidrodinámicas que se extienden en una dirección longitudinal y se extienden radialmente hacia dentro desde la superficie exterior del cuerpo tubular,

donde cada pala de estabilización de la pluralidad de primeras, segundas y centrales palas de estabilización está dispuesta a lo largo de una circunferencia coaxial con el cuerpo tubular a 90 grados de separación entre sí y donde la pluralidad de palas de estabilización centrales están desplazadas 45 grados con respecto a la pluralidad anterior de primeras palas de estabilización y la siguiente pluralidad de segundas palas de estabilización, dichas acanaladuras están colocadas circunferencialmente entre las palas de estabilización centrales.

El sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional de la presente invención está diseñado para mejorar la eficiencia de la perforación eliminando secciones de desalineación paralela, asientos clave, micro patas de perro y lechos de recortes amargos que pueden llevar a problemas de limpieza y empaquetamiento. Esto se logra optimizando la colocación de las etapas de escariador excéntrico a lo largo del cuerpo tubular, cuyas etapas de escariador excéntrico tienen una estructura de recorte híbrida helicoidal de bajo torque, combinada con un acelerador de flujo y un agitador de recortes de perforación.

Dicho sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional aumenta marginalmente el diámetro de derivación del pozo a través de etapas de escariador excéntrico personalizables únicas, un acelerador de fluido de perforación, un agitador de lecho de recortes y un estabilizador, todo combinado dentro de un diseño de una sola pieza.

Dicho sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional combina el agrandamiento del agujero durante la perforación, también conocido como escariado durante la perforación, y la limpieza del agujero en pozos verticales, desviados,

horizontales y de alcance extendido.

Otras mejoras incluyen alisar el pozo eliminando de patas de perro, reduciendo los valores de arrastre, mejorando el rendimiento de disparo, mejorando la limpieza del agujero y mejorando los procesos de instalación de revestimiento y cemento.

Ventajosamente, el sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional es de construcción de una sola pieza, es decir, fresado, moldeado o mecanizado a partir de una sola pieza de material, que tiene un cuerpo tubular con radio " r " y longitud l , que define un eje largo " X " que se extiende en una dirección longitudinal.

Ventajosamente, el sistema de acondicionamiento de pozo tiene un diseño de escariador excéntrico, donde la etapa de escariador excéntrico delantero y la etapa de escariador excéntrico trasero están desplazadas radialmente del eje longitudinal " X " del cuerpo tubular.

Ventajosamente, las etapas de escariador excéntrico delantero y trasero tienen cada una un conjunto de palas de recorte que tienen una estructura de recorte, es decir, insertos cortadores compactos de diamante policristalino (PDC) y/o insertos de carburo de tungsteno (TCI) adaptados para realizar la mayor parte del agrandamiento y/o acondicionamiento del sondeo y un conjunto de palas de derivación adaptadas para estabilizar dinámicamente el sistema de acondicionamiento de pozo durante el escariado rotacional minimizando las vibraciones y proporcionando un efecto de enlucido en el pozo.

Ventajosamente, el sistema de acondicionamiento de pozo tiene un agitador de recortes de perforación que está colocado entre las dos etapas de escariador excéntrico, donde dicho agitador de recortes de perforación comprende una pluralidad de palas de estabilización y acanaladuras hidrodinámicas. Las palas de estabilización están adaptadas para aumentar la velocidad del fluido de perforación donde la geometría especial de dichas palas de estabilización crea presión y turbulencia en el lado bajo de un pozo horizontal cuya presión y turbulencia se dirigen a la concentración segmentada de recortes, y como el sistema de acondicionamiento de pozo gira, crea un efecto abrasivo en los lechos de recortes. Dichas palas de estabilización también estabilizan el sistema de acondicionamiento de pozo en el sondeo. A medida que el sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional se traduce en una rotación contraria en el fondo del pozo, las palas de estabilización agitan los lechos de recortes en el lado inferior del pozo empujando los recortes hacia el fluido de perforación en circulación donde se transportan corriente abajo. La agitación de los

lechos de recortes lleva a condiciones de flujo más limpias y uniformes. La presión de soporte adicional creada contra la pared del pozo y el aumento en la velocidad anular combinados con la geometría de las palas de estabilización conducen a una torta de filtración más suave al tiempo que se minimiza el riesgo de empaquetamiento durante la operación de perforación.

En general, en aplicaciones de perforación, con base en la forma de la pala, las palas pueden ser palas helicoidales o palas rectas. Todas las palas, es decir, las palas de recorte, derivación y estabilización de la presente invención son rectas y paralelas al eje longitudinal X del cuerpo tubular. El área de superficie de las palas rectas es menor que la de una helicoidal y, por lo tanto, las palas rectas tienen la ventaja de una menor resistencia a la fricción, lo que disminuye la posibilidad de que la sarta de perforación se atasque y también mejora el transporte de recortes, el reflujo y la formación de bolas de la broca.

Todas estas características de la presente invención funcionan en sinergia para lograr todos los efectos técnicos mencionados anteriormente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Fig. 1 es una vista esquemática de una modalidad del sistema de acondicionamiento de pozo de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 1A representa una vista en sección transversal (sección A-A) de la etapa de escariador excéntrico trasero 3A que muestra la pala de recorte 5A y la pala de derivación 6A de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 1B representa una vista en sección transversal (sección B-B) del agitador de recortes de perforación 4 que muestra las palas de estabilización centrales 9 y también las acanaladuras hidrodinámicas 7 de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 1C representa una vista en sección transversal (sección C-C) del agitador de recortes de perforación 4, que muestra las palas de estabilización 8 de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 1D representa una vista en sección transversal (sección D-D) de la etapa de escariador excéntrico delantero 3B, que muestra las palas de derivación 6B y las palas de recorte 5B;

Las Figs. 2A-2F representan detalles de las palas de recorte y derivación de la etapa de escariador excéntrico de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 3 es una vista ampliada de la disposición de escariador delantero y trasero de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 4 representa las etapas de escariador delantero y trasero, y el

agitador de recortes de perforación de acuerdo con la invención reivindicada, mostrando además los bordes giratorios delantero y trasero de las palas, y las caras en ángulo de las palas de derivación en el talón y punta, y las conos de las palas de 3 etapas;

La Fig. 5 representa el detalle del conjunto de palas de la etapa de escariador excéntrico delantero de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 6 representa el detalle del conjunto de palas de la etapa de escariador excéntrico trasero de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 7 representa una vista de extremo de los detalles del conjunto de palas de las etapas de escariador excéntrico trasero 1A y delantero 1B de acuerdo con la invención reivindicada;

La Fig. 8 representa una vista frontal del sistema de acondicionamiento de pozo, que muestra además los bordes de pala trasero y delantero de la pala de derivación de acuerdo con la invención reivindicada;

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Como se realiza y se describe ampliamente, las descripciones en la presente proporcionan modalidades detalladas de la invención. Sin embargo, las modalidades descritas son simplemente ejemplos de la invención que pueden realizarse de formas diversas y alternativas. Por lo tanto, no existe la intención de que los detalles estructurales y funcionales específicos deban ser limitantes, sino más bien la intención es que proporcionen una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la técnica a emplear de diversas formas la presente invención.

En la Fig. 1 se muestra un sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional de una sola pieza 1De acuerdo con la invención. Dicho sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional tiene un cuerpo tubular 2 con radio "r" y longitud "l", que se extiende a lo largo de un eje longitudinal X, donde dicho cuerpo tubular está virtualmente dividido en diversas secciones a lo largo de dicho eje longitudinal "X", es decir,

sección I - definida como sección trasera 2A;

sección II - definida como una etapa de escariador excéntrico trasero 3A;

sección III - definida como un agitador de recortes de perforación 4;

sección IV - definida como una etapa de escariador excéntrico delantero 3B,

sección V - definida como una sección delantera 2B.

Entre dos secciones consecutivas cualesquiera en la dirección

longitudinal del cuerpo tubular hay un elemento troncocónico 13 con una inclinación de 15-20 grados con respecto al eje longitudinal X. El elemento troncocónico se estrecha desde la sección I hacia la sección II, y desde la sección V hacia la sección IV, y desde la sección III hacia la sección II y IV respectivamente. Esto proporciona un paso más eficiente del fluido a lo largo de las longitudes de las palas.

El sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional 1, también referido en la presente como "herramienta", comprende una primera etapa de escariador excéntrico delantero, también referida como "etapa de escariador excéntrico delantero" o "primera etapa de escariador excéntrico", y una segunda etapa de escariador excéntrico trasero, también referida como "etapa de escariador excéntrico trasero" o "segunda etapa de escariador excéntrico", y un agitador de recortes de perforación que se coloca entre dichas primera y segunda etapas de escariador excéntrico, donde dicho agitador comprende una pluralidad de palas de estabilización que tienen una superficie curva a lo largo el eje longitudinal X del sistema de acondicionamiento de pozo multifuncional. Dichas palas de estabilización aumentan la velocidad de los recortes de perforación desde el conjunto de palas de recorte delanteras a traseras.

El sistema de acondicionamiento de pozo se manufactura a partir de una sola pieza de acero, tal como acero de alta resistencia al cromo-molibdeno, donde dicho acero tiene características mecánicas que pueden corresponder con otros componentes de la sarta de perforación que se conectan a dicho sistema. Las etapas de escariador excéntrico delantero y trasero y el agitador se fresan, moldean o mecanizan a partir de una sola pieza de material como componente integral del cuerpo tubular del sistema de acondicionamiento de pozo, formando una pieza unitaria, también conocida como construcción de una sola pieza.

Cada etapa de escariador excéntrico comprende un conjunto de palas de recorte y un conjunto de palas de derivación. Las palas de recorte y derivación se extienden radialmente hacia afuera desde la superficie exterior del cuerpo tubular. Aunque la geometría de herramienta de la presente invención está diseñada para escariar, también existe la posibilidad de utilizar esta geometría de herramienta como un estabilizador.

La etapa de escariador excéntrico trasero 3A está colocada entre la sección trasera 2A y el agitador de recortes de perforación 4 a lo largo del eje longitudinal X del cuerpo tubular como se muestra en la Fig. 1 y tiene una sección transversal como se representa en la Fig. 1A. La etapa de escariador excéntrico trasero 3A comprende un conjunto de dos palas de recorte rectas 5A, también referidas como "primer conjunto

de palas de recorte rectas" y un conjunto de dos palas de derivación rectas 6A, también referidas como "primer conjunto de palas de derivación rectas". El conjunto de dos palas de recorte rectas 5A comprende una primera pala de recorte y una segunda pala de recorte en la dirección de rotación. La etapa de escariador excéntrico delantero 3B está colocada entre la sección delantera 2B y el agitador de recortes de perforación 4 a lo largo del eje longitudinal X del cuerpo tubular como se muestra en la Fig. 1 y tiene una sección transversal como se representa en la Fig. 1D. La etapa de escariador excéntrico delantero 3B también comprende un conjunto de dos palas de recorte rectas 5B, también referidas como "segundo conjunto de palas de recorte rectas" y un conjunto de dos palas de derivación rectas 6B, también referidas como "segundo conjunto de palas de derivación rectas". El conjunto de dos palas de recorte rectas 5B comprende una primera pala de recorte y una segunda pala de recorte en la dirección de rotación. Los conjuntos de palas de recorte y derivación 5A, 6A de la etapa de escariador excéntrico trasero, y los conjuntos de palas de recorte y derivación 5B, 6B de la etapa de escariador excéntrico delantero están desplazados angularmente alrededor del eje longitudinal "X" 180 grados entre sí, de manera que el conjunto de palas de recorte 5A y el conjunto de palas de recorte 5B miren en direcciones radiales opuestas desde el eje "X". Cada conjunto de dos palas de derivación está colocado a 180 grados circunferencialmente con respecto al conjunto de dos palas de recorte. Las palas de recorte y las palas de derivación pueden tener diferentes formas.

La primera pala de recorte de las etapas de escariador excéntrico trasero y delantero se extiende radialmente hacia afuera desde la superficie exterior del cuerpo tubular y define con su superficie más exterior un cilindro ideal que tiene un diámetro d_4 . La segunda pala de recorte de las etapas de escariador excéntrico trasero y delantero se extiende radialmente hacia afuera desde la superficie exterior del cuerpo tubular y define con su superficie más exterior un cilindro ideal que tiene un diámetro d_5 , donde d_5 es menor que d_4 ($d_5 < d_4$). Las palas de derivación 6A, 6B se extienden radialmente hacia afuera desde la superficie exterior del cuerpo tubular y definen con su superficie más exterior un cilindro ideal que tiene un diámetro d_3 , referido como diámetro de derivación o diámetro de enlucido, donde d_3 es menor que d_5 ($d_3 < d_5$).

Las palas de recorte y derivación de las etapas de escariador excéntrico delantero y trasero están diseñadas para realizar una de las siguientes acciones: i) recorte del pozo; ii) acondicionamiento del pozo, es decir, mejora de la condición geométrica del pozo eliminando cualquier imperfección o área rugosa del sondeo; iii) proporción de un efecto de enlucido que se genera en la forma de sólidos perforados y

materiales de puente enlucidos contra el sondeo y empacados en la torta de filtración, proporcionando de esta manera una mejor calidad de la torta de filtración y mejorando la resistencia del sondeo.

Cada pala de recorte 5A, 5B de las etapas de escariador excéntrico trasero y delantero es recta y paralela al eje longitudinal X del cuerpo tubular. Cada pala de recorte 5A, 5B tiene en su superficie ranuras helicoidales profundas, dichas ranuras helicoidales recorren la pala de recorte definiendo de tal manera una pluralidad de coronas 31 (ver Fig. 2), donde dichas ranuras helicoidales corren en la dirección de rotación de la herramienta. En la superficie superior de cada una de dichas coronas hay dispuestos uno o una pluralidad de elementos de recorte (PDC, TCI) que están orientados hacia la trayectoria del movimiento rotacional con respecto al pozo.

La pluralidad de elementos de recorte, también referidos en la presente como "estructura de recorte", es decir, insertos cortadores compactos de diamante policristalino (PDC) y/o insertos de carburo de tungsteno (TCI), están dispuestos en cada una de las palas de recorte y están dispuestos en filas longitudinales rectas. Cada elemento de recorte (PDC o TCI) tiene una altura predeterminada (h) medida desde la superficie exterior de la pala de recorte. Los insertos cortadores PDC son referidos como elementos de recorte activos, en el sentido de que cortan activamente y no simplemente frotan la pared del sondeo, mientras que los insertos TCI son referidos como elementos de recorte pasivos. El conjunto de palas de recorte de la etapa de escariador excéntrico delantero realiza la mayor parte del agrandamiento del sondeo también referido como escariado, el conjunto de palas de recorte de la etapa de escariador excéntrico trasero acondiciona el sondeo y el conjunto de palas de derivación son palas de estabilización colocadas circunferencialmente a 180° desde las primeras palas de recorte en el lado de derivación del cuerpo tubular, y actúan para estabilizar dinámicamente la herramienta durante el escariado rotacional, y de esta manera minimizan las vibraciones de la herramienta y también proporcionan un efecto de enlucido.

Los elementos de recorte insertados en la primera pala de recorte de las etapas de escariador excéntrico trasero y delantero definen con su superficie más exterior un cilindro ideal que tiene un diámetro d_1 , donde d_1 es mayor que d_4 ($d_1 > d_4$). Los elementos de recorte insertados en la segunda pala de recorte de las etapas de escariador excéntrico trasero y delantero definen con su superficie más exterior un cilindro ideal que tiene un diámetro d_2 , donde d_2 es menor que d_1 ($d_2 < d_1$), d_2 es mayor que d_3 ($d_2 > d_3$), y d_2 es mayor que d_5 ($d_2 > d_5$).

La primera pala de recorte en la dirección de rotación de la etapa de

escariador excéntrico delantero 3B tiene en la parte superior de su superficie una combinación de insertos PDC y TCI, y realiza la acción de recorte inicial del sondeo, como se muestra en la Fig. 1D. Dicha primera pala de recorte es seguida, ver la flecha curva en la Fig. 1D, por la segunda pala de recorte en la dirección de rotación y realiza un acondicionamiento del sondeo, es decir, mejora de la condición geométrica del sondeo eliminando cualquier imperfección o áreas rugosas de las paredes del sondeo. Esta segunda pala de recorte de la etapa de escariador excéntrico delantero 3B también tiene en su superficie una combinación de PDC y TCI, y proporciona un efecto de recorte pasivo y reduce la vibración inducida por actividades repetitivas y permite perforar sin dañar el revestimiento costoso.

Finalmente, las palas de derivación de la etapa de escariador excéntrico delantero 3B (Fig. 1D) que siguen a la segunda pala de recorte en la dirección de rotación, proporcionan un efecto de enlucido de lodo en las paredes del sondeo que fortalece el pozo, al crear una superficie suave y capa de tipo impermeable, es decir, torta de filtración de baja permeabilidad en la circunferencia del pozo.

Las palas de recorte de la etapa de escariador excéntrico trasero 3A tienen solo insertos TCI en la parte superior de su superficie y, por lo tanto, la primera y la segunda palas de recorte de la etapa de escariador excéntrico trasero 3A realizan solo el acondicionamiento del sondeo.

La agresividad de los elementos de PDC se puede ajustar alterando los parámetros bidimensionales antes de la manufactura de la herramienta, es decir, alterando el ángulo de inclinación posterior y el radio de calibre máximo desde el eje del diámetro de recorte longitudinal de la herramienta. Se aplicarán los siguientes límites al finalizar el ángulo de inclinación posterior de los elementos de PDC: formación blanda: 18-21°; formación semidura: 15-18°; y formación dura: 13-15°, y un ángulo de inclinación lateral de 0°.

El tipo y la geometría del cortador PDC se pueden ajustar para garantizar que el escariador pueda revestirse de manera óptima para la formación que se está perforando y para la aplicación de perforación específica.

Entre las palas de recorte de las etapas de escariador excéntrico delantero y trasero hay canales de paso de flujo definidos por la superficie exterior del cuerpo tubular y las paredes longitudinales de dos palas consecutivas. Los fondos de las ranuras helicoidales sobresalen de la superficie de los canales de paso de flujo entre las palas de recorte.

Las ranuras helicoidales profundas entre las coronas de las palas de

recorte están diseñadas para permitir que los recortes eliminados sean empujados hacia el flujo de lodo que se aproxima entre las palas de la herramienta. Las ranuras helicoidales también aumentan la flexibilidad de la pala durante el recorte. La estructura de recorte corta las patas de perro y los recortes son arrastrados hacia arriba hacia la ranura por la rotación de la herramienta y hacia el canal de paso de flujo longitudinal, también referido en la presente como "canal de flujo" formado entre las palas (ver Fig. 3).

Cuando la herramienta está en modo operativo (es decir, en uso), dos grados de libertad proporcionan el movimiento de recorte: movimiento axial hacia abajo en el pozo y movimiento rotacional. Usando esto y el posicionamiento optimizado de los cortadores PDC/TCI en las palas, el posicionamiento de la ranura helicoidal entre las coronas produce un mejor acabado al redirigir y/o redistribuir las fuerzas y tensiones de recorte, sin necesariamente reducirlas.

Los conjuntos de palas de recorte de las etapas de escariador excéntrico delantero y trasero están desplazados angularmente alrededor del eje longitudinal de la herramienta en 180°, oponiéndose circunferencialmente a estos en cada conjunto de palas hay palas de derivación dobles que tienen una marca dura y están colocadas para estabilizar dinámicamente la estructura de recorte mientras es escariada. Esta disposición desplazada de las palas de recorte aumentará marginalmente el diámetro del pozo y garantizará que la broca pueda pasar a través del pozo sin necesidad de escariado posterior. Debido a esta disposición, los dos conjuntos de estructuras de recorte están colocados angularmente sobre las palas de recorte aproximadamente 180 grados en la sarta de perforación.

Es esencial que la herramienta mantenga un comportamiento de recorte estable y permanezca centrada en el eje central de perforación del pozo que se está perforando, a pesar de tener una masa significativa por encima y/o por debajo de su posicionamiento en el montaje del fondo del pozo. Esto se logra teniendo un conjunto de palas de derivación colocadas a 180 grados circunferencialmente con respecto al conjunto de palas de recorte. Las palas de derivación están diseñadas para estabilizar dinámicamente la acción de recorte ayudando a que las palas de recorte permanezcan centradas en el eje central de la perforación durante la rotación.

Cada pala de derivación 6A, 6B de las etapas de escariador excéntrico delantero y trasero es recta y paralela al eje longitudinal X del cuerpo tubular. Cada pala de derivación 6A, 6B tiene una superficie en forma de domo, que define el área de contacto de la superficie con el pozo, y se extiende radialmente hacia afuera desde la

superficie exterior del cuerpo tubular 2. El conjunto de palas de derivación rectas de la etapa de escariador excéntrico delantero está posicionado circunferencialmente 180 grados del conjunto de palas de derivación en la etapa de escariador excéntrico trasero, y ambos conjuntos de palas de derivación funcionan como palas de estabilización. El centro del círculo en el que están colocadas dichas palas de derivación está desplazado una distancia predeterminada por el centro de la parte del cuerpo tubular. Dichas palas de derivación tienen una forma ancha en el medio y se estrechan hacia los extremos, pero no hasta la punta. Para minimizar o eliminar la tracción excesiva requerida para salir del pozo, colgar y superar la fricción estática en el cuerpo, las primera y segunda palas de estabilización 8, 10, las palas de recorte 5A, 5B y las palas de derivación 6A, 6B están formadas con ángulos únicos de talón y punta de 3 etapas que garantizan una acción de recorte gradual y minimizan el torque y la vibración. Las palas de derivación tienen caras en ángulo en el talón y punta designadas como una primera cara en ángulo "T1", una segunda cara en ángulo "T2" y una tercera cara en ángulo "T3", como se muestra en la Fig. 4. Las caras en ángulo T1, T2 y T3 tienen diferentes ángulos medidos desde la superficie del cuerpo tubular en la dirección longitudinal X, en particular el ángulo de la primera cara en ángulo T1 es mayor que el de la segunda cara en ángulo T2, y el ángulo de la segunda cara en ángulo T2 es mayor que el de la tercera cara en ángulo T3. Estos ángulos únicos de talón y punta de las palas de derivación ayudan a reducir la fricción y mejorar el rendimiento de la herramienta mientras se desliza en modo orientado, es decir, un modo sin rotación de la sarta de perforación sobre la broca mientras se perfora una trayectoria curva.

Cada pala de derivación tiene un borde delantero y uno trasero, ambos tienen diferentes radios de curvatura. El borde delantero y el borde trasero se muestran en las Figs. 4 y 8. El borde delantero tiene una transición más fileteada/suave, lo que ayuda a acondicionar/enlucir el pozo y previene cualquier efecto cortante en el pozo. El área de superficie del borde trasero rotacional de cada pala de derivación es menor que el área de superficie del borde delantero rotacional, por lo que se maximiza el área de contacto de la pala de derivación con el pozo. Este borde trasero también tiene un efecto condicionante sobre el pozo, pero en mucha menor medida que el borde delantero. Tener el mayor contacto posible con el pozo en esta región entre el borde delantero y el borde trasero asegura la estabilización de las palas de recorte que están colocadas a lo largo de una circunferencia coaxial con el cuerpo tubular a una distancia de 180 grados de las palas de derivación.

La geometría de contacto del pozo y el área de contacto de las palas de

derivación 6A, 6B son diferentes a las de las palas de recorte, lo que ayuda a minimizar la fricción con las formaciones y amortigua las oscilaciones.

Durante la perforación, la velocidad de flujo del fluido de perforación a lo largo de una sección transversal del pozo no es uniforme; más cerca del lado bajo, la velocidad de flujo es mínima y, como resultado, se reduce la capacidad del fluido de perforación para mover los recortes de manera efectiva. Este problema se puede superar con el agitador de recortes de perforación que tiene una pluralidad de palas de estabilización 8, 9, 10 y acanaladuras hidrodinámicas 7 de acuerdo con la presente invención.

Las Figs. 3-4 representan el detalle de la característica intermedia de la herramienta, es decir, el agitador de recortes de perforación que se coloca entre las dos etapas de escariador excéntrico 3A, 3B. La Fig.4 ilustra el agitador de recortes de perforación, que corresponde a la sección III del cuerpo tubular.

El agitador de recortes de perforación 4 que está colocado entre las etapas de escariador excéntrico trasero y delantero, comprende una pluralidad de palas de estabilización 8, 9, 10 y una pluralidad de acanaladuras hidrodinámicas 7, dichas acanaladuras hidrodinámicas están colocadas circunferencialmente entre las palas de estabilización centrales 9.

Dichas palas de estabilización 8, 9 y 10 tienen una superficie curva a lo largo del eje longitudinal "X" de la herramienta y son rectas y paralelas al eje longitudinal X del cuerpo tubular. Estas palas de estabilización 8, 9, 10 están formadas, por ejemplo, fresadas, mecanizadas, como un componente integral del cuerpo del agitador de recortes de perforación 4 y colocadas entre la etapa de escariador excéntrico delantero 3B y la etapa de escariador excéntrico trasero 3A del sistema de acondicionamiento de pozo. La cara radial exterior de cada pala de estabilización deberá estar cubierta en 100% por un elemento de desgaste reemplazable, por ejemplo, una cara dura.

La pluralidad de palas de estabilización 8, 9, 10 se definen como: una pluralidad de primeras palas de estabilización 8, también referidas como primeras palas de estabilización 8; una pluralidad de palas de estabilización centrales 9, también referidas como palas de estabilización centrales 9; una pluralidad de segundas palas de estabilización 10, también referidas como segundas palas de estabilización 10. Cada pala de estabilización de dicha pluralidad de primeras, segundas y centrales palas de estabilización tiene una forma alargada paralela al eje longitudinal X del cuerpo tubular 2. Dicha pluralidad de palas de estabilización 8, 9, 10 forman tres grupos: un primer grupo que comprende las primeras palas de estabilización 8, un segundo grupo que

comprende las segundas palas de estabilización 10; un grupo central que comprende las palas de estabilización centrales 9, donde cada grupo de dichos tres grupos tiene cuatro palas de estabilización.

Dichos tres grupos de palas de estabilización están dispuestas en la superficie del cuerpo tubular en un intervalo predeterminado paralelo al eje longitudinal X. Dicha pluralidad de palas de estabilización se extiende hacia afuera desde la superficie exterior del cuerpo tubular, y con su superficie extendida radialmente más hacia afuera definen un cilindro ideal que es coaxial con las secciones III del cuerpo tubular. El primer grupo de palas de estabilización 8 está colocado en un extremo del agitador de recortes de perforación inmediatamente después de la pluralidad de palas de recorte delanteras 5B de la etapa de escariador excéntrico delantero 3B. El segundo grupo de palas de estabilización 10, similar al primer grupo, está colocado en el otro extremo del agitador de recortes de perforación, inmediatamente antes de la pluralidad de palas de recorte traseras 5A de la etapa de escariador excéntrico trasero 3A. Entre estos dos grupos de palas de estabilización 8, 10, está el grupo de palas de estabilización centrales 9. Cada pala de estabilización de los grupos descritos está dispuesta en un intervalo predeterminado, es decir, a 90 grados de distancia entre sí, a lo largo de una circunferencia coaxial con el cuerpo tubular.

Una acanaladura hidrodinámica 7 está dispuesta entre cada dos palas de estabilización centrales consecutivas 9. Además, se define un canal de paso de flujo entre cada dos primeros y segundos grupos consecutivos de palas de estabilización 8, 10.

Además, el grupo de palas de estabilización centrales 9 está desplazado 45 grados con respecto a las primeras palas de estabilización 8 anteriores y al siguiente grupo de segundas palas de estabilización 10.

Cada pala de estabilización del agitador de recortes de perforación 4 es recta y está alineada a lo largo del eje X longitudinal. Cada pala de estabilización del agitador de recortes de perforación 4 tiene una forma alargada, una sección frontal, una sección posterior y una sección central, y una superficie superior que tiene la forma de un domo que define el área de contacto y paredes laterales. La sección posterior de las palas de estabilización 8, 10 que pertenecen a los primero y segundo grupos se estrecha desde dicha sección central hacia un extremo posterior. La sección frontal de las palas de estabilización que pertenecen a los primero y segundos grupo se estrecha hacia un extremo frontal que tiene sustancialmente la forma de un semicírculo, dicha sección frontal es sustancialmente mayor que la anchura promedio de la sección posterior. La

superficie superior de las palas de estabilización 8, 10 que pertenecen a los primero y segundo grupos se inclina hacia abajo cerca y hacia el final de la sección frontal y también cerca y hacia el final de la sección posterior hasta que se encuentra con la superficie de dicha parte del cuerpo cilíndrico que forma de esta manera, un talón y punta que tienen caras en ángulo únicas de 3 etapas con diferentes ángulos medidos desde la superficie del cuerpo tubular en la dirección longitudinal X, a saber, una primera cara en ángulo T1, una segunda cara en ángulo T2 y una tercera cara en ángulo T3, donde el ángulo de la primera cara en ángulo T1 es mayor que el de la segunda cara en ángulo T2, y el ángulo de la segunda cara en ángulo T2 es mayor que el de la tercera cara en ángulo T3, como se muestra en la Fig. 4. Cada una de las primera, segunda y centrales palas de estabilización tiene en la dirección de rotación un borde delantero y un borde trasero, donde dichos bordes delantero y trasero tienen diferentes radios de curvatura. Las palas de estabilización 8, 10 que pertenecen a los primero y segundo grupos son esencialmente las mismas, mientras que las palas de estabilización 9 que pertenecen al grupo central tienen una forma diferente y dimensiones más pequeñas.

Cada pala del primer grupo de palas de estabilización 8 tiene una forma que es ancha en el medio y se estrecha corriente abajo hacia un extremo posterior que es recto de la pala de recorte 5B y en la dirección corriente arriba se estrecha hasta un extremo posterior sustancialmente semicircular hacia las palas de estabilización centrales 9. A medida que el flujo de fluido de perforación sale de la etapa de escariador excéntrico delantero 3B, que corresponde a la sección IV del cuerpo tubular 2 de la Fig. 1, dicho flujo se encuentra con la sección III que corresponde al agitador de recortes de perforación, dicha sección III tiene un diámetro aumentado con respecto a la sección IV del cuerpo tubular 2. Esta configuración dirige el flujo de fluido hacia la pared del sondeo, al mismo tiempo dicho flujo pasa entre los canales de paso de flujo entre el primer grupo de palas de estabilización 8. La acción dual combinada del aumento del diámetro de la sección III y el estrechamiento de los canales de paso de flujo, aumenta la velocidad del lodo. El posicionamiento del primer grupo de palas de estabilización 8, donde dichas palas 8 se estrechan hacia la etapa de escariador excéntrico delantero 3B, tiende a inducir un efecto agitador en el lado inferior del pozo donde se ubican los lechos de recortes. El posicionamiento y la geometría de las palas de estabilización 8, 9 y 10 del agitador de recortes de perforación son tales que desplazan eficientemente el fluido de perforación alrededor de la herramienta y entre las etapas de escariador excéntrico 3A y 3B mientras agitan efectivamente los recortes alojados en el lado inferior mientras que la herramienta viaja a lo largo de la trayectoria del sondeo, por lo que su interacción

tiene un efecto sinérgico.

Dichas palas de estabilización 8, 9, 10 aumentan la velocidad de los recortes desde la etapa de escariador excéntrico delantero 3B hasta la etapa de escariador excéntrico trasero 3A, alteran la dirección del lodo de perforación a lo largo del exterior de la herramienta y estabilizan la herramienta en el sondeo. A medida que la herramienta gira, funciona de dos maneras: inicialmente, al aumentar el flujo de los recortes desde la estructura de la pala de recorte a lo largo de la sección III de la herramienta, en segundo lugar, las palas de estabilización perturban los recortes asentados y los mueven hacia arriba en la trayectoria del lodo de perforación en la parte superior del pozo, proporcionando así un mejor transporte de recortes y limpieza del agujero. En el lado inferior de un pozo horizontal, la presión y la turbulencia creadas por estas palas de estabilización se dirigen a la concentración segmentada de recortes y, a medida que la herramienta gira, esto crea un efecto abrasivo en el lecho de recortes. Por lo tanto, el agitador de recortes de perforación acelera el fluido de perforación y los recortes a lo largo de la herramienta, y recoge/agita la acumulación del lecho de recortes en el lado inferior de los pozos horizontales.

Además, las palas de estabilización 8, 9, 10 del agitador estabilizan la herramienta en el BHA. El sistema de acondicionamiento de pozo, por lo tanto, mejora el transporte de recortes al tener palas de estabilización colocadas hidrodinámicamente 8, 9, 10 y diseñadas para agitar un lecho de recortes del lado bajo en secciones de pozo horizontales. A medida que el escariador se traslada en una rotación contraria en el fondo del pozo, y a medida que el fluido de perforación y los recortes suspendidos y los derrumbes fluyen más allá de las palas de estabilización del agitador de recortes de perforación ubicado entre los conjuntos de palas de etapa de escariador excéntrico trasero y delantero, es decir, las palas de recorte y derivación 5A, 5B, 6A, 6B, la geometría de los elementos de pala de estabilización aumenta la velocidad del fluido de perforación, creando así una turbulencia en el anillo medio de la herramienta, y produciendo un efecto de limpieza en la pared del pozo debido a la presión del soporte contra la pared del pozo.

Más detalladamente, una torta de filtración (o torta de lodo) se forma cuando la porción sólida insoluble del fluido de perforación se deposita sobre un material permeable, es decir, rocas de formación o porosas, a medida que el fluido de perforación hace contacto con ese material bajo presión, de modo que la permeación de la formación nativa se reduce o elimina, y los fluidos del pozo se aíslan de la porción sólida insoluble de los fluidos de perforación que ocupan espacios porosos en la formación en

la pared del pozo. Esto es importante en términos de estabilidad del pozo y para prevenir el atascamiento diferencial. De acuerdo con la presente invención, se consigue una buena torta de filtración por la presión de soporte adicional contra la pared del pozo y por el aumento de la velocidad anular del fluido de perforación combinado con la geometría de las palas de estabilización 8, 9 y 10, lo que conduce a una torta de filtración más compacta y estable, minimizando al mismo tiempo el riesgo de desprendimiento durante las operaciones de perforación.

Todos los elementos del agitador de recortes de perforación trabajan en sinergia a medida que la herramienta se traduce en una rotación contraria, agitando los lechos de recortes en el lado inferior del pozo hacia el fluido de perforación en circulación donde se transportan corriente arriba. De esta manera se mejora la limpieza del agujero, lo que se logra mediante un transporte más efectivo de los recortes a través de la herramienta, eliminando así la necesidad de viajes de limpieza dedicados.

La Fig. 2B muestra una de las etapas de escariador excéntrico 3B que tiene un conjunto de palas de recorte 5B, dichas palas de recorte tienen una superficie en forma de domo que se extiende radialmente hacia afuera desde la superficie exterior del cuerpo tubular 2. Dichas palas de recorte tienen un extremo posterior y un extremo frontal y tienen una forma ancha en el medio y ahusadas hacia los extremos, pero no hasta la punta. Cada pala de recorte tiene un borde delantero y uno trasero, ambos tienen radios de curvatura diferentes.

La perforación del pozo se produce cuando la herramienta gira en sentido antihorario. Es posible tener el diámetro de recorte y de derivación desplazado del centro de perforación en una fracción de pulgada.

Todas las palas de la etapa de escariador excéntrico delantero, todas las palas del agitador de recortes de perforación y todas las palas de la etapa de escariador excéntrico trasero están desplazadas a 45 grados con respecto a las palas anteriores o siguientes a lo largo del eje longitudinal X del cuerpo tubular que forma este de manera oblicua con respecto al eje longitudinal X del cuerpo tubular.

Se forman canales oblicuos de 45 grados con respecto al eje longitudinal X del cuerpo tubular entre el extremo posterior del conjunto de palas de recorte delanteras 5B y la sección frontal de las primeras palas de estabilización 8 de cada par de palas vecinas para permitir el flujo de fluido de perforación y recortes durante las operaciones, definiendo así el área de paso entre las palas.

El Flujo Total por Área (TFA), es decir, el flujo volumétrico total (abertura) entre la superficie exterior de la etapa de escariador excéntrico y la circunferencia del

pozo, se reduce en las ubicaciones de las palas y para mantener puntos de contacto adecuados con el pozo y para velocidades de flujo óptimas, es importante garantizar que exista un equilibrio percentil. Para proporcionar una limpieza efectiva de agujeros en un Tamaño de Agujero de hasta un diámetro exterior de 10-5/8" (26,9 cm), el Flujo Total por Área recomendado debe ser >25% del tamaño del agujero. Los Tamaños de Agujeros con un diámetro mayor de 10-5/8" (26,9 cm)", deben tener un Flujo Total por Área de >35% del tamaño del agujero. En tamaños de agujeros de 8-1/2" (pulgadas) (21,59 cm), la relación del área de flujo total (TFA) entre el diámetro exterior de la herramienta en tamaños de agujeros más pequeños es bastante diferente y la caída de presión parásita en el espacio anular puede ser significativa en ciertas formaciones. Los canales de paso de flujo empotrados incorporados, por lo tanto, compensan parcialmente el área anular ocupada por las palas. Esto, combinado con una hidrodinámica optimizada, por ejemplo, palas que son anchas en el medio y que se estrechan hacia los extremos pero no hasta un punto, facilita un mayor transporte de recortes alrededor de las palas 5A, 5B, 6A, 6B.

Las secciones frontal y posterior de las palas de estabilización centrales 9 del agitador de recortes de perforación son sustancialmente más pequeñas que la sección central de dichas palas de estabilización centrales 9. La razón detrás de esto es canalizar el flujo de lodo desde las primeras palas de estabilización 8 hacia las segundas palas de estabilización 10. El posicionamiento de las primeras palas de estabilización 8 es tal que pueden desplazar eficientemente el fluido de perforación y los recortes alrededor de las palas del sistema de acondicionamiento de pozo y aumentar la velocidad del fluido que sale de la etapa de escariador delantero 3B, este aumento de velocidad se combina con la acción de agitación creada por la pared lateral rotacional, también conocida como borde delantero de la primera pala de estabilización 8, agita los recortes desde el lado bajo hasta el lado alto del pozo.

La forma de las palas de estabilización 8, 9, 10 del agitador de recortes de perforación es tal que generan efectivamente un efecto venturi, que desplaza eficientemente el lodo de perforación o el fluido de perforación y los recortes suspendidos cuando sale de las estructuras de palas de recorte 5B y luego entra alrededor las primeras palas de estabilización 8. Las palas de estabilización y las palas de recorte están colocadas de tal manera a lo largo de la superficie cilíndrica del cuerpo tubular para agitar cualquier recorte. Esta colocación mecánica de palas de doble acción elimina los lechos de recortes dentro del revestimiento o en un agujero abierto. Los canales de paso de flujo formados, por ejemplo, fresados en la superficie exterior del

cuerpo tubular entre las palas de recorte 5A y 5B, están diseñados para crear un efecto de autolimpieza y chorro, acelerando el transporte de los recortes desalojados durante el escariado sobre el centro de la herramienta.

Al perforar secciones de pozo horizontal, la mayor densidad de recortes en el lado inferior del pozo provoca una mayor resistencia en la sarta de perforación cuando se desliza a través de los lechos de recortes. Las primera, segunda y centrales palas de estabilización 8, 9 y 10 están diseñadas para agitar los lechos de recortes en el fluido con una densidad más baja en el lado alto del pozo, y luego transportarlos sobre la herramienta y corriente arriba para su procesamiento, y también para estabilizar la herramienta en el sondeo.

Colocadas entre las palas de estabilización centrales 9, hay una pluralidad de acanaladuras hidrodinámicas 7. Dichas acanaladuras hidrodinámicas están formadas, por ejemplo, fresadas como un componente integral de la sección III del cuerpo tubular y dichas acanaladuras se extienden radialmente hacia adentro desde la superficie exterior de dicho cuerpo tubular. Además, las acanaladuras hidrodinámicas están diseñadas para crear una acción de autolimpieza manteniendo y aumentando aún más la velocidad del fluido de perforación a lo largo del cuerpo tubular. Las acanaladuras hidrodinámicas 7 ayudan a soportar y mejorar aún más el patrón de flujo ventajoso creado por el agitador de recortes de perforación formado entre la etapa de escariador delantero 3B y la primera pala de estabilización 8.

Además, las acanaladuras hidrodinámicas 7 están alineadas con el eje X de la sección III de la cuerpo tubular y son paralelas entre sí. Las acanaladuras son muescas alargadas en la superficie exterior del cuerpo tubular, que tienen un eje longitudinal que corre desde un extremo corriente abajo hasta un extremo corriente arriba que es paralelo al eje X del cuerpo cilíndrico. Las acanaladuras tienen una forma ventajosa, con dos trayectorias dentadas divergentes reflejadas 16 (ver Fig. 3) en el extremo del fondo del pozo y en el extremo de arriba del pozo, con un canal en forma de elipse entre y conectando dichas trayectorias dentadas divergentes 16.

El término “arriba del pozo” se refiere a la dirección a lo largo del eje longitudinal del pozo que conduce de regreso a la superficie, y el término “abajo del pozo” se refiere a los equipos o procesos que se utilizan dentro del pozo, más específicamente en términos de dirección se refiere a la dirección hacia el montaje del fondo del pozo.

El número de acanaladuras hidrodinámicas 7 ubicadas en el círculo perfecto puede ser cuatro, pero puede depender del diámetro de la herramienta y del

número de palas de estabilización centrales 9 formadas, por ejemplo, fresadas, en el cuerpo tubular. Las trayectorias divergentes en cada extremo de las acanaladuras están diseñadas para crear como tales en el extremo de fondo del pozo de las acanaladuras hidrodinámicas 7 una entrada para el fluido de perforación que entra entre las primeras palas de estabilización 8 y las palas de estabilización centrales 9, respectivamente, y una salida para el fluido de perforación en el extremo superior del pozo.

Además, el posicionamiento ventajoso de las cuatro o más palas de estabilización centrales 9 y cuatro o más primeras palas de estabilización 8 y cuatro o más segundas palas de estabilización 10 optimiza la estabilización de la herramienta y la hidrodinámica de la función del agitador de lecho de recortes. La aceleración del flujo sobre la sección central del agitador de recortes de perforación 4 puede no causar o contribuir a la penetración de la pared del sondeo, lo que puede conducir a la inestabilidad del pozo y al colapso final de la sección. La sección central del agitador debe proporcionar estabilidad cuando se aplica peso o cuando se produce amortiguación debido a vibraciones y cargas de impacto que se transmiten a través de la sarta de perforación. Además, la configuración específica del conjunto de palas de estabilización 8, 9, 10 del agitador, incluyendo la variedad y la forma específicos de las palas de estabilización y las acanaladuras hidrodinámicas 7 dispuestas entre estas, crea una acción de autolimpieza, es decir, efecto venturi, que ha mostrado minimizar la acumulación de barro, para proporcionar un flujo de fluido de perforación homogéneo y minimizar la formación de bolas.

La etapa de escariador excéntrico delantero 3B se coloca a una distancia mínima de la etapa de escariador excéntrico trasero 3A para proporcionar el movimiento de recorte cíclico óptimo para la funcionalidad de escariado. La extensión máxima radialmente hacia afuera de la superficie externa de las palas de estabilización 8, 9 y 10 es igual o menor que la extensión máxima radialmente hacia afuera de las palas de derivación 6A y 6B. La extensión radialmente hacia afuera de la pala de derivación 6A es igual a la extensión radialmente hacia afuera de la pala de derivación 6B.

La circunferencia exterior de las palas de derivación 6B, 6A y las palas de estabilización 8, 9, 10 hace contacto con el pozo y por lo tanto está recubierta con un elemento de desgaste reemplazable, por ejemplo, un revestimiento duro.

La pluralidad de palas de estabilización 8, 9, 10 aumentan la velocidad de los recortes desde la etapa de escariador excéntrico delantero al trasero y alteran la dirección del lodo de perforación a lo largo del exterior de la herramienta. A medida que la herramienta gira, funciona de dos maneras: inicialmente, aumenta la velocidad del

flujo de los recortes desde la estructura de la pala de recorte a lo largo de la sección media de la herramienta y, en segundo lugar, las palas perturban los recortes asentados y los mueven hacia la trayectoria de flujo del lodo en el lado superior del pozo.

Las palas de derivación 6A, 6B, las palas de recorte 5A, 5B y las palas de estabilización 8, 9, 10 del agitador tienen un borde de rotación delantero y trasero con respecto a la rotación de la herramienta.

En una modalidad preferida, cada una de las palas de recorte 5B de la etapa de escariador excéntrico delantero 3B (mostrada en la Fig. 5) tiene siete coronas 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29. Encima de cada una de las primeras coronas 23 y la última corona 29 hay un inserto TCI grande en forma de domo, referido como "TCI grande". El resto de los TCI, colocados en las coronas 24, 25, 26, 27, 28, son referidos como "TCI más pequeños". Estos dos TCI grandes de las coronas 23, 29, al ser más grandes que el TCI más pequeño, están ubicados estratégicamente para evitar daños a los elementos de PDC y a los TCI más pequeños cuando la herramienta pasa a través del "tubo de acero" de revestimiento más arriba en el pozo. Los cortadores de PDC y los TCI más pequeños (ver coronas 25, 26, 27, Fig. 5) están dispuestos en dos filas longitudinales rectas, donde las filas longitudinales rectas son paralelas entre sí. Una de las dos filas longitudinales rectas comprende tres elementos de PDC encima de las coronas 25, 26, 27 mientras que la otra fila comprende tres TCI más pequeños. Cada una de las coronas 24, 28 comprende uno o más TCI más pequeños. Cada uno de dichos dos TCI grandes está colocado en una línea ideal que pasa en el medio entre las dos filas longitudinales rectas de dichos PDC y TCI más pequeños. Los TCI grandes, los TCI más pequeños y los insertos PDC tienen diferentes alturas (h), donde la altura (h_1) de los TCI grandes es mayor que la altura (h_2) de los TCI más pequeños, y la altura de los TCI más pequeños es mayor que la altura (h_3) de los PDC, es decir, $h_1 > h_2 > h_3$. La razón de esta diferencia ($h_1 > h_2 > h_3$) es que de esta manera los TCI grandes protegen a los TCI más pequeños y a los PDC de sufrir daños como se explicó anteriormente, y de manera similar los TCI más pequeños protegen a los PDC.

El TCI grande define el diámetro d_1 . Podría haber situaciones en las que el uso de TCI grandes no sea necesario, entonces el diámetro d_1 está definido por los TCI más pequeños.

Cada una de las palas de recorte 5A de la etapa de escariador excéntrico trasero 3A (mostrada en la Fig. 6) tiene siete coronas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 que comprenden sólo TCI, siendo TCI grandes y más pequeños, dichos TCI grandes y más pequeños se definen de la misma manera que una de las etapas de escariador

excéntrico delantero. Un TCI grande está colocado en cada una de la primera corona 33 y la última corona 39. Los TCI más pequeños están colocados en las coronas 34, 35, 36, 37, 38. Los TCI más pequeños están dispuestos encima de las coronas 34, 35, 36, 37, 38 en dos filas longitudinales rectas, donde las filas longitudinales rectas son paralelas entre sí. Cada uno de dichos dos TCI grandes está colocado en una línea ideal que pasa en el medio entre las dos filas longitudinales rectas de TCI más pequeños. Los TCI grandes y los TCI más pequeños tienen diferentes alturas (h), donde la altura (h_1) de los TCI grandes es mayor que la altura (h_2) de los TCI más pequeños, es decir, $h_1 > h_2$, de modo que los TCI grandes evitan daños a los TCI más pequeños cuando la herramienta pasa a través del “tubo de acero” del revestimiento más arriba en el pozo. Cada TCI grande define el diámetro d_1 .

Los dos TCI grandes en la primera pala de recorte de las etapas de escariador excéntrico delantero y trasero se extienden radialmente hacia afuera más que los dos TCI grandes de la segunda pala de recorte de las etapas de escariador excéntrico delantero y trasero.

Los elementos de PDC están limitados únicamente a la pala de recorte delantera 5B; esto puede mejorar la estabilidad durante el recorte minimizando el riesgo de que una cortadora se enganche en la formación y luego haga que la herramienta gire alrededor de la cortadora o de diversas extremidades radiales de las cortadoras alineadas. La pala de recorte trasera 5A está revestida con TCI, que están destinados a acariciar constantemente la formación, escariando cualquier imperfección que quede de la acción de recorte inicial de la estructura de pala delantera, realizando de esta manera el acondicionamiento de pozo.

Para un rendimiento óptimo, el sistema de acondicionamiento de pozo debe funcionar en tensión y permitir que el movimiento cíclico natural del montaje del fondo del pozo utilice las estructuras de recorte para escariar las imperfecciones mientras gira sin comprometer la transferencia de peso y energía a la broca.

Debe entenderse que la descripción anterior pretende ser ilustrativa y no restrictiva y que se pueden realizar diversos cambios en los detalles del diseño sin apartarse del diseño del concepto tal como se presenta ni afectar la ubicación ventajosa de las características.