

Métodos de Control de pozo y prácticas en pozos de diámetro angosto

D.J. Bode, SPE, R.B. Noffke, y H.V. Nickens, SPE,
Amoco Production Co.

Resumen. Perforación de agujero angosto y extracción de muestras continua para la exploración de petróleo y gas han sido obstaculizadas por falta de documentación de métodos de control de pozos para la perforación de anillos pequeños. Investigación en pérdidas de presión anular, identificación de arranque, efectos de muestra alámbrica y efectividad de control de la dinámica de matar un pozo ayudó a desarrollar una metodología de control de agujero angosto.

Introducción

La perforación de un agujero angosto se utiliza cada vez más como una herramienta de exploración. Esta técnica implica el uso de plataformas móviles, compactas con brocas de arrastre y alta velocidad rotatoria para perforar pozos de diámetro pequeño, sustituible. Walker y Millheim describieron este sistema, sistema de estratificación gráfica de alta velocidad de perforación (SHADS), en la que se utilizan torres de exploración para agujeros de exploración angostos de petróleo y gas. Equipos de minería están equipados desde núcleo 6 - a pozos de 3-pulgadas de diámetro (y más pequeños). Las plataformas tienen diámetro grande (en relación con el tamaño del agujero) el varillaje de perforación de las uniones que resultan en volúmenes anulares y el tamaño de los pozos convencionales.

El cuidado de la capacidad del control del pozo en vínculos de pozos de anillos pequeños ha impedido un mayor uso de perforación de agujeros angostos. Este cuidado está justificado por dos razones. En primer lugar, el volumen anular en un agujero angosto bueno es tan pequeño que una entrada debe ser detectada más rápidamente que en un pozo convencional. En segundo lugar, prácticas de control de pozos para los pozos de anillo pequeño no se han documentado en la literatura. Pérdidas de presión del sistema, los mejores métodos de detección de arranque y procedimientos más efectivos de matar un pozo son desconocidos para mucho personal de perforación.

Para resolver los problemas de control de pozo, una completa escala de perforación de pozos de agujero angosto y en la investigación de control de pozo con instrumentos. Fig. 1 es una sección transversal de los SHADS de control de los pozos. El pozo está entubado con intubación de 5 - pulgadas cubierta con un identificador que corresponde comúnmente al tamaño de agujero angosto perforado (para SHADS) de 3/8 pulgadas. Líneas de transmisión de ocho 1/4 pulgadas de presión se unen en varias profundidades en el exterior de la carcasa. Articulaciones con puertos de uniones de volteo, similares a un mandril de bolsillo, permiten la comunicación con la ID del revestimiento. Dos líneas de 1-pulgada también se unen al exterior y se comunican con el agujero de la cubierta cerca de la parte inferior de la carcasa. Estas líneas de 1-pulg permiten la inyección de nitrógeno en el fondo del pozo para la simulación de arranque. Este pozo se llama SHAD N° 7.

Resultados de las pruebas realizadas para medir las pérdidas de presión anular fueron utilizados para desarrollar correlaciones para la determinación de pérdidas de presión del sistema, basadas en el tamaño del agujero, profundidad y propiedades de los fluidos. Técnicas de detección del arranque

se evaluaron métodos para matar el pozo. Ingenieros de perforación y personal de la plataforma fueron capacitados con una torre de agujeros angostos sobre el pozo. Una filosofía de control de agujeros angostos fue desarrollada y probada en una investigación a gran escala antes de la aplicación en el campo.

Este papel describe las técnicas necesarias para planificar un control seguro de un pozo de agujero angosto. A lo largo del papel, son usados pozos convencionales de 8,000 pies y pozos de agujeros angostos típicos para comparar los dos sistemas. Fig. 2 ilustra los tamaños de la carcasa, el agujero y del varillaje de perforación, junto con otros detalles.

Descripción del sistema. En este documento, el sistema de control del pozo incluye bombas de fango, sistema de detección de arranque superficial (totalizador del volumen de las piedras, detector de gas, registradores de presión, etc.), de preventores de un apagón (BOP) y un colector de estrangulación, líquido de perforación, varillaje de perforación, perforación y taladro del pozo. La funcionalidad del sistema es idéntica para pozos convencionales y de agujero angosto, aunque una torre para agujeros delgados a menudo utiliza equipos más pequeños. Para aplicar el las prácticas de control de un pozo de este documento, flujómetros cuantitativos son requeridos en las líneas de fango de ingreso y salida del pozo. No debería ser necesario ningún equipo adicional.

Las diferencias físicas entre un agujero angosto y uno convencional son analizadas primero. Ellas incluyen efecto de volumen anular, pérdidas de presión del sistema y muestra de las presiones. Las siguientes secciones de detección de arranque y el método dinámico de matar el pozo aplicarán los resultados físicos a las operaciones de campo. Por último, el enfoque de control de agujeros angostos esta resumida.

Diferencias físicas

Volumen anular. Un pequeño volumen anular es la diferencia más evidente entre pozos de agujero angosto y convencional. Desde una perspectiva de control de pozo, la altura de un flujo de ingreso cuando se toma un arranque es fundamental para la gravedad de la situación de control de pozo. Cuanto mayor sea la altura del ingreso del flujo, más grave es el problema de control de pozo.

Para determinar el volumen anular, podemos utilizar

$$V = (d^2 - d_i^2) / 1,029,4 \dots 1)$$

Si se usa la ecuación 1 para los 8,000 pies de pozos de ejemplo, 8 1/2 -pulg

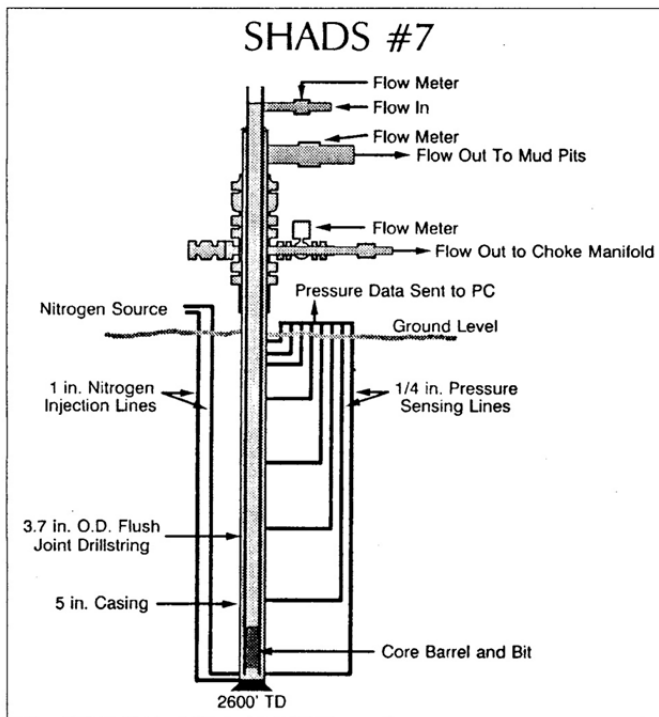


Fig.1 - Sección de investigación de control de pozos SHADS (TD = profundidad total).

El volumen del recipiente es 50 bbl/1,000 pies; el volumen anular de un agujero angosto es únicamente 5.3 bbl/1,000 pies.

Examinar las consecuencias de un arranque de gas 2-bbl en los pozos de 8,000 pies convencional y de agujero angosto. El 2 bbl en un pozo convencional podría ocupar 40 pies en el anillo y reducir la presión hidrostática de agujero del fondo por unos 15 psi. El 2 bbl en el anillo delgado del agujero ocuparía 375 pies y reduciría la presión hidrostática por unos 120 psi.

Como el gas se expande cuando se libera del agujero, la presión del revestimiento debe incrementarse para mantener una presión constante en el fondo del agujero (BHP). Fig. 3 ilustra el gas en la posición de la presión máxima de la zapata durante el método de matar de la taladradora. Entre mayor sea la presión que viene de la zapata en el pozo de agujero angosto de los 900 pies adicionales de la columna de gas en ese pozo. La presión resultante de la zapata en cada pozo es la suma de la presión hidrostática a 1,500 pies y la presión de la cubierta de la superficie. Para el pozo convencional, la presión de la zapata es de unos 1,130 psi, o 14.5 lbm/gal equivalentes. En el pozo de agujero angosto, la presión de la zapata es de unos 1.415 psi, o 18.1 lbm / gal equivalentes.

Pérdidas de presión del sistema. Comprender las pérdidas de presión del sistema es la clave para el control de pozos de agujeros angostos. Datos de las pruebas demuestran que la distribución de las pérdidas de presión en un pozo de agujero angosto es inversa a la de un pozo convencional. Más del 90% de la bomba de presión se pierde por la fricción en el anillo del agujero delgado

versus aproximadamente 90% en el varillaje de perforación y un poco en un pozo convencional. Cálculos de una pérdida de presión anular convencional no funcionan para agujeros angostos con descargas de varillaje de perforación OD. Datos de SHADS N° 7 indican que la excentricidad del varillaje de perforación juega un papel importante en la pérdida de presión en los anillos pequeños. Un método común de visualización los datos de pérdida de presión es trazando factores de fricción versus número de Reynolds. Fig. 4 es un trazo de ejemplo

“Un pequeño volumen anular es la diferencia más evidente entre pozos de agujeros angostos y convencionales. Desde una perspectiva de control de pozo, la altura del flujo de ingreso cuando un arranque es tomado es crítico con la gravedad de una situación de control de pozo”.

para datos de SHADS N° 7. Esos datos son consistentes con los datos empíricos para anillos excéntricos.² Ecuaciones de presión anular,³ reglas de cálculo hidráulicas comunes y programas de asistencia de perforación basada en computación fueron comparados con los datos de SHADS No.7. Una regla de cálculo hidráulico común predice que la pérdida de presión anular para los 8,000 pies del agujero angosto del pozo de ejemplo (con un barro de 8.5-lbm/gal, una viscosidad plástica de 11 cp y rendimiento

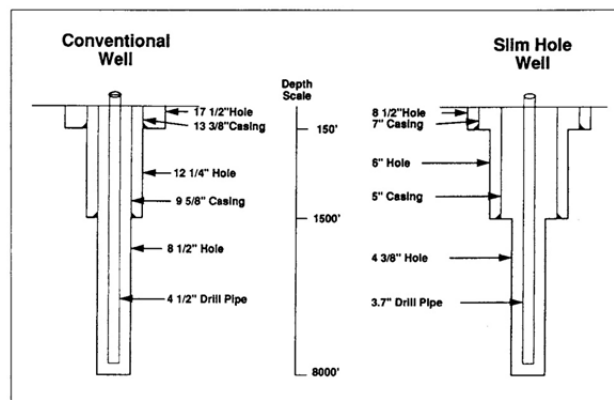


Fig. 2- Diagrama de pozo de pozos convencionales y de agujero angosto de ejemplo

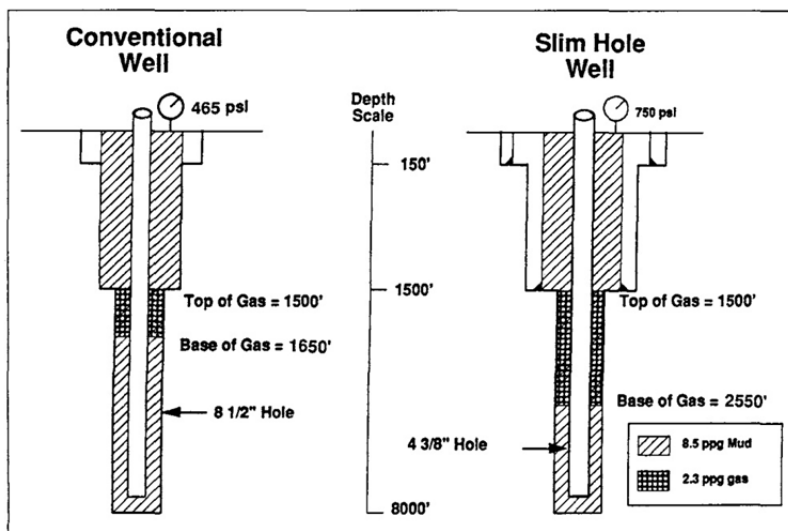


Fig.3-Pozos convencionales y de agujero angosto con un arranque inicial de 2-bbl de gas circulando con el método del perforador a una posición de máxima presión de revestimiento de la zapata.

valor de 5 lbf/100 pies 2) sería 770 psi en 50 gal/min. La actual pérdida de presión, sin embargo sería de 485 psi.

La pérdida de presión del sistema es la suma de la presión en el sistema de superficie, a través del tren de tubería y pedazo, y en el anillo. La superficie, varillaje de perforación y pérdida de núcleo pérdidas son pequeñas en un pozo de agujero angosto. Las ecuaciones de pérdida de presión convencionales para el flujo a través de tubos pueden ser utilizadas para varillaje de perforación

Se puede determinar la pérdida de presión anular para los pozos con un anillo angosto de la Fig. 5.

Datos de las pruebas muestran un aumento significativo en la pérdida de presión anular durante la rotación de varillaje de perforación alta. Este fenómeno también es citado en la literatura.⁴ Las pérdidas de presión anular inducida por rotación del varillaje de perforación fueron medidas en SHADS No.7. Las pruebas fueron conducidas con un 3.7 pulg. de varillaje de perforación de empalme de flujo

y varios fangos a base de agua. Resultados se representan gráficamente en la figura. 6. Se realizaron pruebas de campo con un varillaje de perforación de empalme de flujo de 2.75 pulgadas en un pozo de 3.1 pulgadas con fango a base de aceite. Las pruebas de campo también muestran un aumento significativo en la pérdida de presión anular, sino de una magnitud menor que los resultados de SHADS N° 7. Resultados de campo para la proporción de pérdida de presión anular con rotación a la pérdida de presión anular sin rotación osciló entre 1.1 y 1.6. Como ejemplo del efecto de rotación en una pérdida de presión anular, los 8.000 pies de pozo de agujero angosto en Fig. 2 tiene una pérdida de presión anular de 485 psi, o 9.4lbm / gal equivalente, cuando 8.5-lbm/gal fango es distribuido en 50 gal/min sin rotación. Durante la rotación a 600 rev/min, se crea una pérdida de presión adicional de 580 psi. La caída de presión anular total sería por lo tanto 1,065 psi, o 11.1 lbm/gal equivalente. Ferrell *et al.*⁵ describen una pérdida de presión reducida en el tren de tubería con altas revoluciones por minuto. En pruebas de pérdida de presión anular con rotación son programados en SHADS N° 7.

Debido a que la pérdida de presión anular es significativa en la perforación de pozos angostos, matar el pozo dinámicamente se vuelve un método de control de pozo efectivo. Matar el pozo dinámicamente es el control de la formación de presión mediante la pérdida de fricción en el anillo durante la circulación. Densidades típicamente equivalentes circulando (ECD) durante la circulación con 50 gal/min a 8,000 pies para nuestro

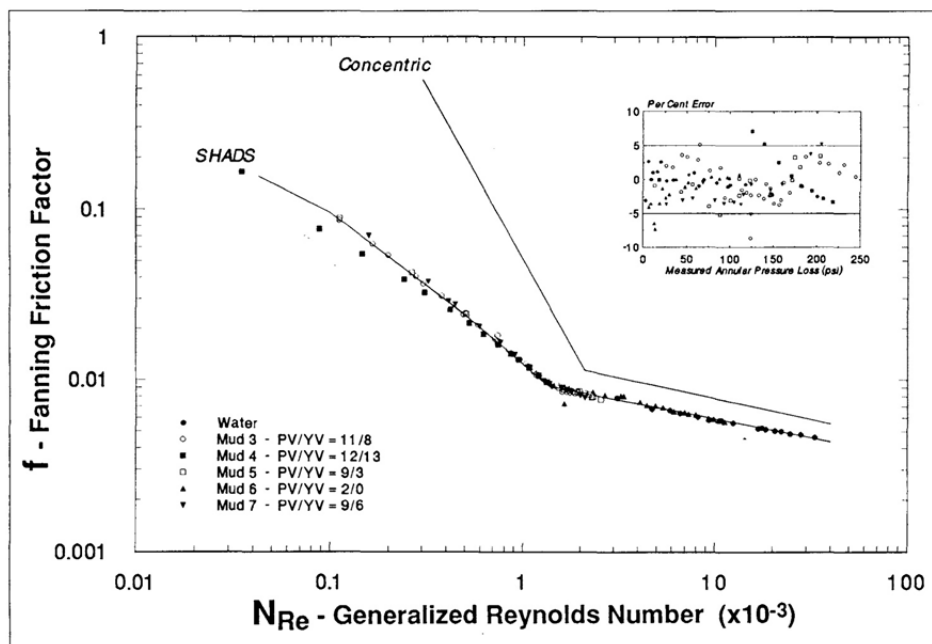


Fig. 4 - Correlación de SHADS N° 7 prueba de la correlación del factor de fricción del pozo.

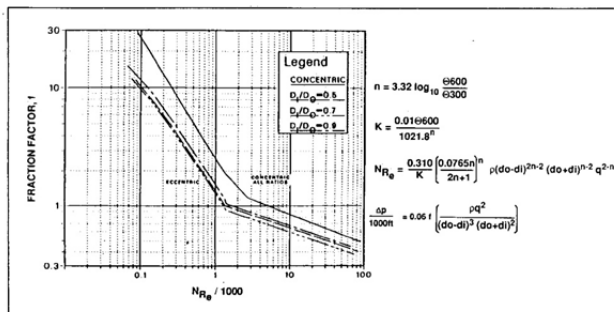


Fig. 5 -Determinación de la pérdida de presión anular basada en datos de SHADS N° 7

agujero angosto ejemplo sería de aproximadamente 9.6 lbm/galón. Un ECD de 12.1 lbm/gal puede ser alcanzado en el fondo del agujero incrementando la proporción de la circulación a 100 galones/min. Rotación durante la circulación a 100 gal/min incrementará la ECD a 16.1 lbm/gal. Por lo tanto, cambiando el caudal, la velocidad de rotación o las propiedades del fango, a menudo podemos controlar una formación desbalanceada. Aplicación del método de matar dinámico se da más adelante.

La presión de la erosión creada cuando el interior del portatestigo es recuperado por cableado medido en SHADS N° 7. La presión fue encontrada de ser significativa, hasta 0.5 lbm/gal en 4 3/8-pulg en el agujero a 2,500 metros para un fango con una viscosidad plástica de 14 cp y un valor de rendimiento de 15 lbf/100 pies². La presión del frote fue más significativa cuando el barril fue acelerado desde el descanso hasta su velocidad terminal. Una vez lograda la velocidad terminal, la magnitud de la presión del frote disminuye a aproximadamente dos tercios del valor de aceleración. La presión del frote fue eliminada, sin embargo, por la circulación del lubricante por el varillaje de perforación a medida que el barril es halado.

Prácticas de control de pozo

La pregunta más importante de control de pozo para la perforación del agujero angosto es cómo detectar un arranque mientras es todavía lo suficientemente pequeño como para que las presiones del revestimiento de la zapata no estén en peligro durante la muerte del pozo.

La investigación de SHADS No. 7 fue instrumental en la prueba de herramientas de detección del arranque. Una detección convencional del arranque primario de la torre de perforación es un incremento en el volumen de la pedrera de fango. La sensibilidad de este método depende del tipo de volumen-total del equipo de la pedrera (PVT), el tamaño de los tanques de fango; y la vigilancia de los equipos. Arranque con incremento de piedras de 15 bbl o más no son infrecuentes.

Torres de agujeros angostos no pueden depender solamente de una pedrera incremento para la detección del arranque durante la perforación. Debido a la sensibilidad de un pozo de anillo pequeño al volumen de un arranque, el sistema de detección de la torre debe ser capaz de detectar un arranque menor a 1 bbl.

El uso de medidores de flujo cuantitativo fueron probados en SHADS N° 7. Medidores de flujo electromagnéticos fueron utilizados en línea con el succionador de la bomba de fango y la línea de flujo del pozo. Las lecturas del flujo de entrada y del flujo de salida se trazaron junto con volúmenes PVT. Fig. 7 es un ejemplo de un plot similar.

Los flujómetros demostraron ser supe-1 lejano - o al sistema PVT como detectores de arranque. No sólo los medidores son más precisos, pero también ofrecen una respuesta inmediata al flujo de ingreso las afluencias del fondo del pozo. La respuesta inmediata puede no ser aparente de las lecturas del medidor. Superposición de los diagramas de flujo de ingreso y de flujo de salida en tiempo real (Fig. 7) da las afluencias (y pérdidas) inmediatamente. El uso de medidores de flujo no puede ser práctico en torres de perforación convencionales debido al tamaño del medidor requerido. Los tamaños más pequeños de la línea y de menor proporción de flujo

“Comprender las pérdidas de presión del sistema es la clave para el control de pozos de agujeros angostos.”

en las torres de perforación de agujero angosto se adaptan bien a los medidores electrónicos. Además, 2 años de uso en el campo ha mostrado que los medidores son resistentes y fiables.

Durante el disparo, equipos PVT y un pequeño tanque de viaje puede proporcionar una adecuada capacidad de monitoreo. Desplazamiento desde 60 pies desde la tubería de perforación utilizada en el proyecto de SHADS abarcaban desde 0.3 hasta 0.1 bbl. El tanque de disparo sostuvo < 10 bbl y permitió una precisión PVT de 0.2 bbl. Aquí, nuevamente los medidores de flujo proporcionan una respuesta inmediata a la mala colocación de tubería. Circulando a través de la cabeza del pozo durante el disparo, el diferencial entre flujo de entrada y salida de flujo puede ser observado por una indicación positiva de que el agujero está tomando la cantidad correcta de líquido.

Los estudios de pérdida de presión anular estudios conducidos en SHADS N° 7 tuvo el mayor impacto en las operaciones de campo. La pérdida de presión anular intrínsecamente tiene efectos positivos y negativos sobre las operaciones de campo. El ECD puede causar pérdida de circulación en áreas con formaciones débiles o con presión baja. En el lado positivo, la pérdida de presión anular se utiliza para implementar técnicas dinámicas para matar el pozo y puede ayudar en la evaluación de la estabilidad del pozo.

El método de matar dinámico de control de pozos tiene ventajas sobre la espera-y -peso o método del perforador es más rápido y se minimizan las presiones del revestimiento-zapata. Para implementar un matar dinámico, la proporción de la circulación es simplemente incrementada a una tasa predeterminada. Si un arranque es tomado durante la perforación, la tasa será la máxima. La tasa máxima

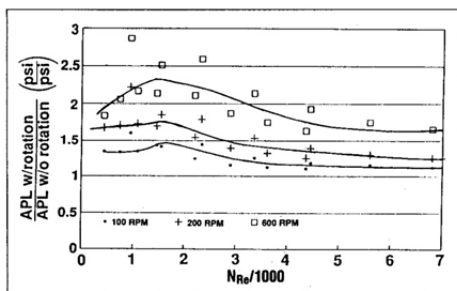


Fig. 6-Proporción de pérdida de presión anular con rotación a anular pérdida de presión sin rotación vs número de Reynolds.

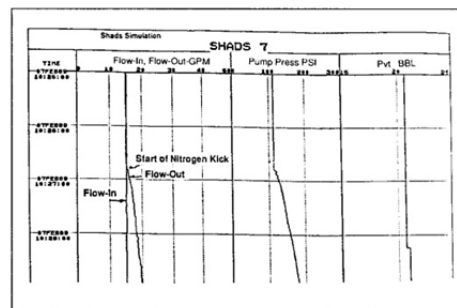


Fig. 7-Gráfica de flujo de ingreso y el flujo hacia fuera para la detección del arranque.

"La profundidad en la que el método de control de pozo se cambia a dinámica dependerá del conocimiento de la zona, competencia y tipo de las formaciones a ser perforadas y actual condiciones de agujero."

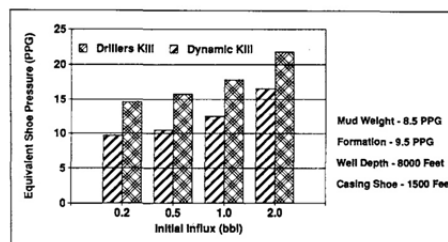


Fig. 8-Comparación del resultado de presión de zapata equivalente en un pozo de agujero angosto (PPG = lbm/gal).

dependerá de los límites de presión superficial, capacidad de la bomba, presiones de la fractura abierta del agujero o presiones de formación previstos. Si se toma un arranque mientras que el rotativo o bombas rotan lentamente, volviendo a las condiciones prearranque dentro de un margen de seguridad debe controlar el flujo de ingreso. Si el arranque se toma durante el disparo, la tasa dependerá de la longitud del varillaje de perforación en el agujero. Si hay muy poco varillaje de perforación en el agujero, el pozo debe ser cerrado y deben iniciarse prácticas de control de pozo para matar un pozo desde abajo.

Cuando se implementa matar dinámico, el primer paso debería ser poner presión adicional en la formación por el aumento de la tasa de circulación. Esto puede hacerse rápidamente en el piso de la torre de perforación, minimizando así el volumen de afluencia. Se puede recoger el varillaje de perforación, dirigido a través de la línea de estrangulación y el impedimento anular cerrado como pasos secundarios. Un matar dinámico puede minimizar la presión en la zapata del revestimiento. Cuando la pérdida de presión anular se utiliza para controlar la presión de formación, el balance bajo del sistema de fango es distribuido a lo largo de la longitud del pozo. La presión a cualquier profundidad en el pozo durante la muerte dinámica es la presión hidrostática del fango más la pérdida de presión anular desde esa profundidad a la superficie. Métodos de control de pozo convencional usa presión superficial estranguladora para aumentar la BHP. La presión a cualquier profundidad en un pozo durante un método de control de pozo convencional es la presión hidrostática del fango más la presión de estrangulación. Para densidades de fango idénticas, mientras la pérdida de presión anular en la profundidad de interés es menor que la presión de estrangulación, el matar dinámico será

el resultado de la menor presión del pozo. El mismo fenómeno ocurre mientras una arranque de gas se distribuye hacia fuera. Como Fig. 3 muestra, la presión del revestimiento aumentará conforme que el gas se aproxima a la superficie. La figura muestra una presión máxima de zapata cuando la parte superior del gas alcanza la zapata. Fig.8 ilustra la diferencia en las presiones de la zapata con los métodos dinámico y de perforador. Presiones más bajas de la zapata durante la circulación hacia fuera con muerte dinámica no tienen verdaderas profundidades de todas las zapatas. A medida que aumenta la profundidad de la zapata, las presiones de la zapata se acercan. El ejemplo en la Fig. 8 utiliza un revestimiento superficial típico y una profundidad de agujero máximo intermedio.

Cuando se prevé un pozo, la decisión acerca del uso de una muerte dinámica o un método de control de pozo convencional depende de la formación anticipada de presiones y la pérdida de presión anular alcanzable a diferentes profundidades. La pérdida de presión anular alcanzable dependerá el diámetro del agujero y la profundidad, propiedades del fango, tamaño de la tubería de perforación y rendimiento de la bomba. Todas las propiedades son controlables excepto el diámetro del agujero, que es determinado por el tamaño de la broca y orificio de erosión. La pérdida de presión anular puede ser muy sensible a la erosión del agujero. Por ejemplo, la diferencia de pérdida de presión anular entre el calibrador agujero 4 3/8 pulgadas y un 4 3/8-pulg en 50 gal/min en el ejemplo de 8,000 pies en el agujero angosto es 269 psi, o 0.65 lbm/gal equivalente." Durante la perforación, la pérdida de presión anular real debe ser determinada. Una prueba de pérdida de presión anular debe ser revisada rutinariamente, en la mayoría de la misma manera que se toma una velocidad lenta de la bomba al principio de cada recorrido

para los métodos de muerte convencional. Fig. 9 muestra un ejemplo de prueba de pérdida de presión anular. Con la broca cerca del fondo, la presión de la bomba estabilizada se registra mientras que la tasa de flujo se incrementa gradualmente desde cero hasta la tasa máxima sostenible. Las pérdidas de presión de superficie y de perforación se calculan para cada tasa de flujo. Una pérdida de presión anular entonces se calcula para cada flujo restando las superficie y pérdidas bajo presión de la bomba registradas. La densidad circulante equivalente se traza versus la tasa del flujo para ilustrar las presiones de formación equivalente que pueden ser controladas de un matar dinámico para las condiciones reales. Si se requiere una densidad circulante equivalente incrementada sobre la base de la formación de presión prevista, la densidad del fango y/o reología puede ser incrementada para proporcionar la pérdida de presión adicional.

La prueba de pérdida de presión anular también puede utilizarse para evaluar la estabilidad del pozo. Utilizando la Fig. 5 y la ecuación del número de Reynolds, podemos calcular un diámetro de agujero promedio, que puede ser comparada con el diámetro de la broca para indicar la erosión del agujero. en pruebas de pérdida de presión anular regular y cálculo del diámetro del agujero promedio, una indicación cualitativa de la estabilidad del pozo puede ser evaluada. Este método de determinación del promedio del tamaño del agujero fue usado exitosamente en muchos de los pozos del campo de SHADS.

Ejemplo de planificación del pozo

Un conocimiento laboral del sistema del agujero angosto como presentado permite al ingeniero perforador

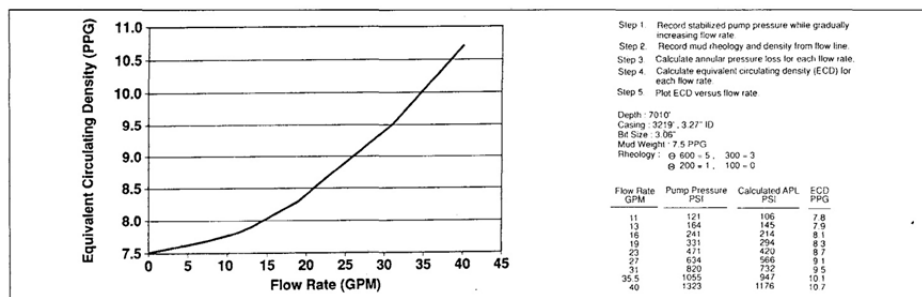


Fig. 9 Ejemplo de una prueba de pérdida de presión anular.

para construir un plan de control de pozo para un pozo de agujero angosto. La comparación siguiente ilustra la planificación del control del pozo del ejemplo 8,000 pies de pozos convencionales y de agujeros angostos Fig. 2. Para fines de planificación, utilizamos la posibilidad de sobrepresión, hasta 10 lbm/gal, por debajo de los 7,000 metros. Para iniciar, las pérdidas de presión anular son determinadas en el nivel superior e inferior de cada sección del agujero. Un método de control de pozo adecuado será seleccionado sobre la base de la formación anticipada de presiones y pérdidas de presión anular disponibles. Entonces serán determinados los requerimientos del BOP y del equipo de detección de arranque. Directrices de operación para el pozo serán tomadas en la planificación del pozo.

Pérdida de presión anular y método de control de pozo. La pérdida de presión anular debe determinarse con la máxima tasa de flujo sostenible de las bombas de fango. La tasas utilizadas en esta sección son típicas para SHADS. Resultados variarán dependiendo del capacidad de la bomba.

Conductor de la planificación del agujero sería idéntico para los dos pozos. En muchas áreas del mundo, esta sección podría perforarse antes de que el equipo sea trasladado. Si la torre perfora el conductor, se toman devoluciones en el suelo sin el equipo del BOP.

Para el agujero superficial en el pozo de agujero angosto, la pérdida de presión anular a 1,500 metros con 8.5-lbm/gal fango, 150 gal/min y un agujero de calibre (6.) 110 psi, o 9.9lbrn / gal equivalentes. Si el orificio se erosionó hasta 7 pulgadas, sin embargo, la caída de presión es sólo 17 psi a 150 gal/min, o 8.7lbrn / gal equivalentes. Debido a la sensibilidad de la pérdida de presión anular al tamaño del agujero, se recomienda un método de desviación de control del pozo.

Desviar también sería el método recomendado para control de pozos para el pozo convencional.

Por debajo del revestimiento de la superficie es la primera sección de agujero donde difieren los métodos convencionales y de control de pozo de agujero angosto. La pérdida de presión anular en un agujero angosto a 1,500 metros con 8.5-lbm/gal fango y 90 gal/min es aproximadamente 225 psi, o su equivalente de 11.4 lbm/gal. Esto incrementa a 1,375 psi, o 11.8 lbm/gal equivalente a 8,000 pies.

Por debajo de 1,500 metros en el agujero de 4 3/8 pulg., el método de matar dinámico, el método de la taladradora o la técnica de esperar y peso adecuadamente controlarán la formación de presión cuando se utilizada correctamente. La elección entre la taladradora o el método de esperar y peso depende del capacidades de la torre de mezclar el fango. El método espera y peso no proporciona una ventaja sobre el método del perforador en un pozo de agujero angosto, sin embargo, porque el volumen de la tubería de perforación es mayor que el volumen del anillo. La decisión entre un método dinámico o convencional se basa en el método más seguro en el peor escenario de una gran afluencia.

Cuanto mayor sea el volumen de afluencia, más difícil matarlo con un método dinámico. Matar dinámico depende de la pérdida de presión causada por la fricción en el anillo. Con un flujo de gas, la pérdida de presión de fricción será pequeña en comparación con el fango de perforación. Para

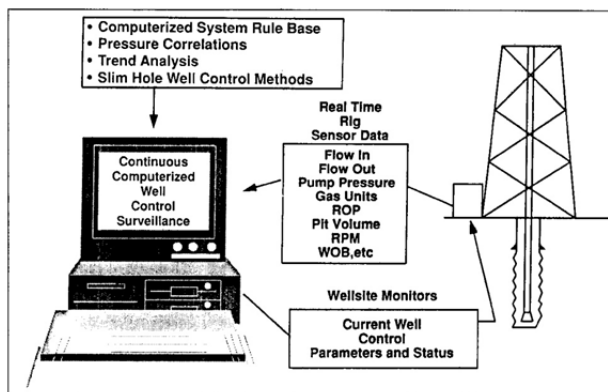


Fig. 10-Sistema computarizado para control de pozos.

el peor escenario de un arranque de gas de gran volumen, la reducción en la pérdida de presión anular causada por la columna de gas puede hacer la muerte dinámica difícil o imposible. Por esta razón, se recomienda un método de control de pozo convencional.

La profundidad en la que el método de control de pozo se cambia a dinámica dependerá del conocimiento de la zona, competencia y tipo de las formaciones a ser perforadas y condiciones del agujero reales. Cuando un pozo con 1,500 metros de revestimiento de superficie fue planeado, el proyecto de SHADS uso 2,500 metros. Después de que el revestimiento fuera perforado hacia fuera, las pérdidas de presión anular fueron llevadas a cabo periódicamente para evaluar las pérdidas de presiones anulares predichas versus las reales. En muchos casos, la pérdida de presión anular adicional y el volumen anular fueron consideradas adecuadas con profundidades >de 2,500 pies.

Una muerte dinámica fue utilizada para el resto del agujero de 4 3/8 pulg.

El agujero de 8 1/2-pulg en el pozo convencional también utilizaría el método del perforador espera-y peso, según capacidad de la torre de mezclar el fango.

BOP y equipo de detección de arranque.

Ambos tipos de pozos requieren la misma presión de trabajo en el equipo de BOP. Para un pozo de cateo de 8.000 pies, se requiere un preventor anular, pisón de tubo y pisón ciego en la mayoría de las áreas. Un colector de estrangulación, permitiendo retornos desde el colector a través de un separador y el sistema de fango, es requerido para una muerte dinámica. Mantener un adecuado, suministro de gas libre de fango es esencial para métodos de muerte dinámica y convencional.

Equipo de detección de arranque para ambos pozos incluye PVT, un detector de gas para el sistema de fango (línea caliente o cromatógrafo) y grabadoras de penetración-tasa /-presión de la bomba. La torre para agujero angosto requiere flujómetros cuantitativos con un trazo del piso de la torre del flujo de ingreso y flujo de salida. La pantalla puede ser una copia impresa en tiempo real o una pantalla CRT electrónica, como el usado para SHADS.

Capacitación. Como con la perforación de cualquier pozo, el equipo de personal capacitado es esencial para una

eficiente, segura operación. La delicadeza necesaria para una continua perforación amplifica la necesidad de personal capacitado en una plataforma de una torre de agujero angosto. Desafortunadamente, con el mejor de nuestro conocimiento, las prácticas descritas de control de pozo en este documento no son enseñadas en las escuelas de control de pozo convencionales, comerciales. Para el proyecto de SHADS, el personal de perforación de pozo recibió una certificación de Minerals Management Service terrestre convencional y luego una semana de entrenamiento interno de control de pozo de agujero angosto. SHADS N° 7 permitió entrenamiento práctico con el flujómetro de monitoreo de piso de la torre. Arranques de nitrógeno fueron tomadas durante la simulación de perforación anticipadas, apagando las bombas y la marcha.

Observaciones de campo

Pozos de campo perforados con SHADS confirman las conclusiones realizadas de los datos de investigaciones de SHADS N° 7. Aunque no fueron realizados ningunos arranques, los flujómetros proporcionaron un servicio preciso y fiable. Las correlaciones de presiones demostraron ser precisas y fueron utilizadas no sólo para evaluar el control del pozo sino también para determinar el efecto sobre la presión de la bomba cuando se anticipan cambios en la reología del fango. Los pozos del campo revelaron varias "características de flujo" como era de esperarse que ocurriera en cada pozo. Un pico rápido, temporal, de la presión de la bomba y tasa del flujo de salida se produce cuando la velocidad del varillaje de perforación está incrementado o disminuido. La tasa de flujo de fango del pozo también se incrementa cuando se bombea de regreso el aire atrapado en el varillaje de perforación en una conexión hacia la superficie. Este "corte kelly" se comporta como un rezago de carburo en un pozo convencional y puede ser utilizado como tal. Una tercera característica es el retraso en la salida de flujo de salida al flujo de entrada cuando se detiene la bomba de fango. Con el gran ECD en un pozo de agujero angosto, la posibilidad de tomar un arranque durante el apagado de la bomba es alta. Todos estos fenómenos indican afluencias al orificio del pozo. Los perforadores experimentados fueron capaces de anticipar su ocurrencia y pudieron identificarlos como distintivos de flujo normal.

Debido a la regularidad y la singularidad de cada distintivo, su ocurrencia puede ser monitoreada por un computador.

Autores



Nickens

Bode

David J. Bode es un ingeniero perforador en Amoco Productions Co. en Tulsa, en donde se ha concentrado en perforación y extracción de muestras de agujeros angostos desde 1987. Previamente trabajado en operaciones de producción y perforación a lo largo de los U.S. Montañas Rocosas y áreas de la mitad del continente. El sostiene una maestría en ingeniería petrolera de la Universidad de Tulsa. **Henry V. Nickens** quien se unió a Amoco Production en 1981, es un ingeniero investigador senior en el Tulsa Research Center. Sus intereses de investigación incluyen perforación hidráulica y control de pozos. Posee una licenciatura en física de la Louisiana State University. (LSU), un Master en matemática de la Universidad de Mississippi del Sur, una Maestría en ingeniería nuclear de Carnegie Institute of Technology, y un Doctorado en mecánica de fluidos de LSU. Durante 1974-78, él fue un ingeniero de reactores para Westinghouse Electric Corp. Nickens ha servido en el Comité de Revisión de Editoriales desde 1990. Fotografías y la biografía de R.B. Noffke no están disponibles.

Trabajo futuro

Pozos de agujero angosto se pueden perforar con seguridad en zonas con ambientes de presión conocida con las correlaciones y técnicas presentadas en este documento. Fangos de sal pueden utilizarse hasta 19lbm/gal y arriba y todavía proporcionan las características sólidas bajas necesarias para la alta velocidad de la varilla de perforación necesaria en muchas torres de agujeros angostos. En las zonas de cateo donde el ambiente de presión es desconocido, continuo monitoreo de arranque parámetros de detección son necesarios. Aunque posible con las prácticas actuales y tecnología monitoreo continuo es más adecuado para la vigilancia electrónica de un equipo de computación de la torre. Combinando la detección de parámetros de arranque, análisis de tendencias, correlaciones de presión y los datos del sensor de la torre (tasa de flujo, presiones de la bomba, propiedades del fango, etc.) rinde un sistema computarizado para el control del pozo (Fig. 10). Este sistema informático puede incorporar el conocimiento del ingeniero planificador y la experiencia del personal de la torre en un programa basado en reglas. El sistema brindaría monitoreo continuo de los parámetros de control del pozo y permiten al personal de la torre concentrarse en la perforación. Un sistema así es posible con la tecnología actual y mejoraría enormemente las capacidades de control de pozos en las áreas de cateo.

Conclusiones

1. Pozos de agujeros angostos se pueden perforar con seguridad en áreas con formación de presión normal o conocida con la tecnología existente y las técnicas de control de pozo de agujero angosto presentadas en este documento.
2. El pequeño volumen anular de un pozo de agujero angosto requiere un sistema de detección de arranque capaz de detectar arranques menores a 1 bbl.
3. Flujómetros cuantitativos electromagnéticos en la succión de la bomba de fango y línea de flujo unida con un despliegue gráfico del piso de la torre de las salidas del medidor son necesarios para una detección adecuada de arranque de agujero angosto.
4. Las pérdidas de presión en un sistema de agujero angosto son inversas a las de un pozo convencional. Pérdida de presión anular, con un poco de base o una broca no-jet, en un pozo de agujero angosto es más que pérdida de presión del sistema.
5. Pérdida de presión anular para pozo de agujero angosto usando varillaje de empalme de flujo puede ser predicho adecuadamente con correlaciones descritas en este documento.
6. Muerte dinámica es un método viable de control de un pozo de agujero corto más profundos que 2,500 metros. La profundidad exacta para usar muerte dinámica por métodos convencionales de control de pozo depende del tamaño del agujero y del tamaño del varillaje de perforación, propiedades del fango y capacidades de la bomba.
7. El matar dinámico puede resultar en presiones más bajas del revestimiento de la zapata durante las operaciones de control de pozo.
8. las presiones de erosión se crean cuando se hala el barril interno. La presión es principalmente una función de la aceleración del barril interno.

9. Circulando por el varillaje de perforación por medio de un lubricador al recuperar el cañón del núcleo interno durante la perforación continua eliminará el efecto de las presiones de erosión.

10. Capacitación del personal de la torre en control de pozo de agujero angosto, además de los métodos convencionales de control de pozo, es necesaria.

Nomenclatura

- d_i = bajo-presión OD, pulg.
 d_0 = diámetro del pozo, pulg.
 f = factor de fricción
 K = índice de consistencia del fango
 n = índice del comportamiento del flujo del fango
 NRe = Número de Reynolds
 Δp = caída de presión, psi
 q = tasa de flujo, gal/min
 V = volumen anular, bbl/1.000 pies
 ρ = densidad del fango, lbm/gal

Referencias

1. Walker, S.H. y Millheim, K.K.: "An innovative Approach To Exploration and Exploitation Drilling The Slim-Hole High-Speed Drilling System," *JPT* (septiembre de 1990) 1184-91; Trans, AIME, 289.
2. Bourne, D.E. *et al.*: "Laminar and Turbulent Flow in annuli of unit Eccentricity," *Cdn. J. Chem. Eng.* (Octubre de 1968) 46.
3. Bullard, D.R.: "Tenneco Puts Pressure Loss to Work in Texas," *Oil & Gas J.* (21 de agosto, 1967) 92-93.
4. Kardys, V.G. y Molchanov, V.I.: "Losses of Circulating Fluid Pressure With High Drill String Rotating Speeds" *Razvedka Okhrana Nedr* (1974) N° 7, 23-27.
5. Ferrell, H., Fitch, E.C. y Boggs, J.H.: "Drill-Pipe Rotation Reduces Pressure Drop," *World Oil* (abril de 1958) 158-64.
6. Moore, S.D. y McNally, R.: "Necessity in spires Oil Patch Innovators," *Pet. Eng.* (Ene.1989) 19-28.

SI Metric Conversion Factors

- bbl X 1.589 873
 cp X 1.0*
 pies X 3.048*
 pies² X 9,290 304 *
 gal x 3,785 412
 pulg. x 2.54*
 lbf X 4,448 222
 lbm X 4,535 924 psi x 6.894 757

* Factor de conversión es exacto.

Procedencia

SPE original manuscrito, **Well Control Methods and Practices in Small-Diameter Wellbores**, recibido para revisar el 9 de octubre, 1989: Artículo aceptado para su publicación Agosto 29, 1991. Manuscrito revisado recibido el 2 de agosto, 1991. Documento (SPE 19526) presentado por primera vez en 1989 SPE Annual Technical Conference and Exhibition celebrada en San Antonio, 8-11 de octubre.

JPT