



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0921219-1 B1



(22) Data do Depósito: 10/11/2009

(45) Data de Concessão: 06/08/2019

(54) Título: BROCA DE PERFURAÇÃO

(51) Int.Cl.: E21B 44/00; E21B 47/01; G01V 1/40.

(52) CPC: E21B 44/00; E21B 47/01; E21B 47/011; G01V 1/40.

(30) Prioridade Unionista: 10/11/2008 US 12/268,173.

(73) Titular(es): BAKER HUGHES INCORPORATED.

(72) Inventor(es): TU TIEN TRINH; ERIC SULLIVAN.

(86) Pedido PCT: PCT US2009063809 de 10/11/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/054353 de 14/05/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 09/05/2011

(57) Resumo: AVALIAÇÃO DE FORMAÇÃO BASEADA EM BROCA E ANÁLISE DE BROCA DE PERFURAÇÃO E DE COLUNA DE PERFURAÇÃO USANDO UM SENSOR ACÚSTICO. A presente invenção refere-se a uma broca de perfuração tendo um corpo de broca que inclui um ou mais sensores acústicos que são configurados para detectar ondas elásticas quando a broca de perfuração é usada para perfurar um furo de poço. O sensor acústico pode ser configurado para detectar uma assinatura sônica associada com um evento de falha. Em arranjos adicionais, os sensores acústicos podem ser configurados para receber sinais a partir de uma fonte acústica controlada.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**BROCA DE PERFURAÇÃO**".

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se geralmente a brocas de perfuração que incluem um ou mais sensores acústicos para fornecer medidas relacionadas à coluna de perfuração e/ou à formação.

Breve Descrição da Técnica Relacionada

Poços de petróleo, ou 'furos de poço', são usualmente perfurados com uma coluna de perfuração que inclui um membro tubular tendo um conjunto de perfuração (também referido como o conjunto de fundo do poço ou "BHA"). O BHA inclui dispositivos e sensores para fornecer informação sobre uma variedade de parâmetros relacionados às operações de perfuração, comportamento do BHA e formação ao redor do furo do poço que está sendo perfurado. Para otimizar a perfuração, um sondador pode controlar certos parâmetros de perfuração, tais como peso sobre a broca, fluxo de fluido de perfuração através da tubulação de perfuração, velocidade rotacional da coluna de perfuração e características de lama de perfuração. Visto que a litologia da formação que está sendo perfurada é um fator para considerar no controle desses parâmetros, é desejável obter informação litológica durante a perfuração. Também, os furos de poço frequentemente têm trajetórias tridimensionais complexas que são projetadas para fazer a interseção e drenar otimamente um ou mais reservatórios de hidrocarboneto. Assim, é também útil ter informação precisa considerando a posição ou localização do BHA.

Então, há uma necessidade por dispositivos, sistemas e métodos para avaliar as formações durante a perfuração de um furo de poço e determinar a posição ou localização do BHA.

Sumário

Em um aspecto, a presente descrição fornece uma broca de perfuração tendo um corpo de broca e um sensor acústico no corpo de broca. O

sensor acústico pode ser configurado para detectar ondas elásticas quando a broca de perfuração é usada para perfurar um furo de poço. Em modalidades, um controlador pode ser configurado para processar sinais a partir do sensor acústico. Em um arranjo, o sensor acústico pode ser configurado para 5 contatar fisicamente uma formação de terra. Também, uma camada acusticamente transparente pode separar o sensor acústico e uma formação de terra. O sensor acústico pode ser posicionado em um cone da broca de perfuração; em uma ponta da broca de perfuração, e/ou em uma aba da broca de perfuração. Ademais, o sensor acústico pode ser posicionado atrás de 10 um cortador configurado para desintegrar uma formação de terra. Em modalidades, o sensor acústico pode ser um sensor acústico passivo configurado para detectar uma assinatura sônica associada com um evento de falha. Em arranjos adicionais, um controlador acoplado de forma funcional ao sensor acústico pode ser configurado para receber sinais a partir dele. Em modalidades, 15 uma ligação de comunicação pode ser acoplada ao controlador para transmitir dados e/ou receber dados a partir de um dispositivo remoto.

Em outro aspecto, a presente descrição fornece uma fabricação de uma broca de perfuração. O método pode incluir localizar em um corpo de broca da broca de perfuração um ou mais sensores acústicos configura- 20 dos para fornecer sinais representativos de uma onda elástica quando a broca de perfuração é usada para perfurar um furo de poço. O método pode também incluir acoplar um controlador com o sensor, e configurar o controlador para processar os sinais a partir do sensor acústico. Em modalidades, o método pode ainda incluir programar o controlador com um modelo que 25 define uma relação entre os sinais do sensor e um evento de falha da formação, um evento de falha de um cortador, e/ou um evento de falha do corpo de broca. O sensor acústico pode detectar uma assinatura sônica associada com um evento de falha.

Em aspectos, a presente descrição fornece um sistema de perfu- 30 ração para uso na perfuração de um furo de poço em uma formação de terra. O sistema de perfuração pode incluir uma broca de perfuração que tem um corpo de broca; e um sensor acústico no corpo de broca configurado pa-

ra fornecer sinais representativos de um peso de onda elástica quando a broca de perfuração é implantada no furo de poço. Em arranjos, o sistema pode incluir um controlador. O controlador pode ser programado para executar uma ou mais funções. Em um arranjo, o controlador processa os sinais a partir do sensor acústico para detectar uma assinatura sônica associada com um evento de falha. O evento de falha pode ser uma falha na formação, uma falha no cortador, e/ou uma falha no corpo de broca. O controlador pode incluir um modelo que define a relação entre ao menos um sinal do sensor acústico e um evento de falha da formação, um evento de falha de um cortador e/ou um evento de falha do corpo de broca. Em aplicações, uma primeira frequência pode estar associada com um evento de falha do corpo de broca, e a segunda frequência que é maior do que a primeira frequência pode estar associada com o evento de falha da formação, e uma terceira frequência que é maior do que a segunda frequência pode estar associada com um evento de falha do cortador. Em modalidades, o sensor acústico pode ser uma pluralidade de sensores acústicos, e o controlador pode ser programado para estimar a localização de um evento de falha detectado usando os sinais detectados a partir da pluralidade de sensores acústicos. Em modalidades, a fonte acústica pode ser posicionada distalmente a partir da broca de perfuração, e o sensor acústico pode detectar um sinal a partir da fonte acústica. Em ainda outras modalidades, o controlador pode processar o sinal detectado a partir da fonte acústica e determinar um parâmetro de localização associado com a broca de perfuração. Em arranjos adicionais, o sistema pode incluir uma coluna de perfuração que conduz a broca de perfuração para o furo de poço, e a fonte acústica pode ser acusticamente acoplada à coluna de perfuração. Em arranjos, a fonte acústica pode ser uma pluralidade de fontes acústicas. Em modalidades, o controlador processa os sinais detectados a partir da pluralidade de fontes acústicas e estima um parâmetro de localização associado com a broca de perfuração. Em ainda modalidades adicionais, o controlador pode processar o sinal detectado a partir da fonte acústica e determinar uma taxa de penetração (ROP).

Exemplos de certas características do aparelho e método descri-

tos aqui são resumidos, de preferência amplamente, de modo que a descrição detalhada dos mesmos que se seguem possa ser mais bem entendida. Há, é claro, características adicionais do aparelho e método descritos aqui que formarão o assunto das reivindicações em anexo.

5 Breve Descrição dos Desenhos

Para o entendimento detalhado da presente descrição, referências deveriam ser feitas à seguinte descrição detalhada, tomada em conjunto com os desenhos em anexo, nos quais elementos similares foram geralmente designados com números similares e em que:

10 A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de perfuração que inclui uma coluna de perfuração que tem uma broca de perfuração de acordo com uma modalidade da descrição para furos de poço de perfuração;

15 a figura 2 é uma vista isométrica de uma broca de perfuração exemplificada que mostra a localização de sensores acústicos na broca de perfuração e um circuito elétrico para ao menos processamento parcial dos sinais gerados pelo sensor acústico de acordo com uma modalidade da descrição; e

20 a figura 3 mostra a localização do sensor acústico na haste de uma broca de perfuração exemplificada de acordo com uma modalidade da descrição.

Descrição Detalhada

A presente descrição refere-se a dispositivos e métodos para obter informação relacionada à broca de perfuração, à coluna de perfuração, e
25 à formação que está sendo perfurada pela broca de perfuração. A presente descrição é suscetível a modalidades de diferentes formas. Os desenhos mostram e a especificação escrita descreve as modalidades específicas da presente descrição com o entendimento de que a presente descrição é considerada uma exemplificação dos princípios da descrição, e não é destinada
30 a limitar a descrição ilustrada e descrita aqui.

A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de perfuração exemplificado 100 que pode utilizar brocas de perfuração descritas

aqui para perfurar furos de poço. A figura 1 mostra um furo de poço 110 que inclui uma seção superior 111 com um revestimento 112 instalado neste e uma seção inferior 114 que está sendo perfurada com uma coluna de perfuração 118. A coluna de perfuração 118 inclui um membro tubular 116 que

5 carrega um conjunto de perfuração 130 (também referido como o conjunto de fundo do poço ou "BHA") em sua extremidade de fundo. O membro tubular 116 pode ser feito unindo as seções de tubulação de perfuração ou pode ser tubulação em espiral. Uma broca de perfuração 150 é acoplada à extremidade de fundo do BHA 130 para desintegrar a formação de rochas para

10 perfurar o furo de poço 142 de um diâmetro selecionado na formação 119. Dispositivos não mostrados, tais como propulsores, estabilizadores, centralizadores, e dispositivos tais como unidades de direção para dirigir o conjunto de perfuração 130 em uma direção desejada. Os termos furo de poço e furo são usados aqui como sinônimos.

15 A coluna de perfuração 118 é mostrada conduzida no poço 110 a partir de uma plataforma 180 na superfície 167. A plataforma 180 exemplarmente mostrada na figura 1 é uma plataforma terrestre para facilitar a explicação. O aparelho e métodos descritos aqui podem também ser utilizados com plataformas em alto mar usadas para perfurar furos de poço sob a

20 água. Uma mesa rotativa 169 ou um "top drive" (não mostrado) acoplado à coluna de perfuração 118 pode ser utilizado para rotacionar a coluna de perfuração 118 na superfície para rotacionar o conjunto de perfuração 130 e assim a broca de perfuração 150 para perfurar o furo de poço 110. Um motor de perfuração 155 (também referido como "motores de lama") pode ser tam-

25 bém fornecido para rotacionar a broca de perfuração. Uma unidade de controle (ou controlador) 190, que pode ser uma unidade baseada em computador, pode ser localizada na superfície 167 para receber e processar dados transmitidos pelos sensores na broca de perfuração e outros sensores no conjunto de perfuração 130 e para controlar as operações selecionadas dos

30 vários dispositivos e sensores no conjunto de perfuração 130. O controlador de superfície 190, em uma modalidade, pode incluir um processador 192, um dispositivo de armazenamento de dados (ou um meio legível por compu-

tador) 194 para armazenar dados e programas de computador 196. O dispositivo de armazenamento de dados 194 pode ser qualquer dispositivo adequado, incluindo, mas não limitado a uma memória somente de leitura (ROM), uma memória de acesso aleatório (RAM), uma memória rápida, uma fita magnética, um disco rígido e um disco óptico. Para perfurar um furo de poço, um fluido de perfuração a partir de uma fonte 179 é bombeado sob pressão para o membro tubular 116. O fluido de perfuração descarrega no fundo da broca de perfuração 150 e retorna para a superfície via o espaço anular (também referido como o "ânulo") entre a coluna de perfuração 118 e a parede interna do furo de poço 110.

Ainda com relação à figura 1, a broca de perfuração 150 inclui um ou mais sensores acústicos 160 e circuito relacionado para estimar um ou mais parâmetros relacionados a uma formação que está sendo perfurada, a coluna de perfuração 118 e/ou a broca de perfuração 150. O conjunto de perfuração 130 pode ainda incluir um ou mais sensores de fundo de poço (também referidos como os sensores de medição durante a perfuração (MWD)) (coletivamente designados pelo número 175) e ao menos uma unidade de controle (ou controlador) 170 para processar dados recebidos a partir dos sensores MWD 175 e da broca de perfuração 150. O controlador 170 pode incluir um processador 172, tal como um microprocessador, um dispositivo de armazenamento de dados 174 e um programa 176 para uso pelo processador para processar dados de fundo de poço e para comunicar dados com o controlador de superfície 190 via uma unidade de telemetria de duas vias 188. A unidade de telemetria 188 pode utilizar enlace ascendente e enlace descendente de comunicação. As comunicações exemplificadas podem incluir condutor de dados e telemetria de pulso de lama (não mostrado) posicionados ao longo da coluna de perfuração 118. Os condutores de dados podem incluir fios de metal, cabos de fibra ótica, ou outros transportadores de dados adequados.

Os sensores MWD 175 podem incluir sensores para medir a direção próxima à broca (por exemplo, azimute e inclinação do BHA, coordenadas do BHA, etc.), pressão acústica azimutal rotatória dupla, de furo e a-

nular (fluxo de entrada & fluxo de saída), temperatura, vibração/dinâmicas, múltipla resistividade de propagação, e sensores e equipamentos para produzir levantamentos direcionais giratórios. Os sensores exemplificados também podem incluir sensores para determinar parâmetros de interesse relacionados à formação, furo do poço, características geofísicas, fluidos de furo do poço e condições limites. Esses sensores incluem sensores de avaliação de formação (por exemplo, resistividade, constante dielétrica, saturação de água, porosidade, densidade e permeabilidade), sensores para medir parâmetros de furo do poço (por exemplo, tamanho do furo poço, e rugosidade do furo do poço), sensores para medir parâmetros geofísicos (por exemplo, velocidade acústica e tempo de viagem acústica), sensores para medir os parâmetros de fluido do furo do poço (por exemplo, viscosidade, densidade, claridade, reologia, nível de pH e teores de gás, óleo e água), e sensores de condição limite, sensores para medir propriedades físicas e químicas do fluido de furo de poço.

A figura 2 mostra uma vista isométrica de uma broca de perfuração exemplificada 150 que inclui um sensor acústico 240 embutido nesta de acordo com uma modalidade da descrição. O sensor acústico 240 pode ser qualquer sensor que gera um sinal em resposta à energia acústica aplicada. Sensores acústicos ilustrativos incluem sensores de onda acústica que utilizam material piezelétrico, sensores magnetorrestritivos, acelerômetros, etc. Uma broca de perfuração PDC é mostrada com propósitos de explicação. Qualquer outro tipo de broca de perfuração pode ser utilizado para o propósito desta descrição. A broca de perfuração 150 é mostrada como incluindo um corpo de broca de perfuração 212 compreendendo um cone 212a e uma haste 212b. O cone inclui um número de perfis de lâmina (ou perfis) 214a, 214b, ..., 214n. Um número de cortadores é localizado ao longo de cada perfil. Por exemplo, o perfil 214a é mostrado como contendo cortadores 216a a 216m. Todos os perfis são mostrados como terminando no fundo da broca de perfuração 215. Cada cortador tem uma superfície de corte ou elemento de corte, tal como o elemento 216a' do cortador 216a, que engata a formação de rocha quando a broca de perfuração 150 é rotacionada durante a

perfuração do furo de poço. Cada cortador 216a a 216m tem um ângulo de ataque traseiro e um ângulo de ataque lateral que define o corte feito por esse cortador na formação.

A figura 2 ilustra uma variedade de posições ou localizações para o sensor acústico 240. Em um arranjo, um sensor acústico 240a pode ser colocado em uma haste 212b. Em outra modalidade, um sensor acústico 240b pode ser integrado em um ou mais dos cortadores 216a a 216m, ou simplesmente cortadores 216. Também, tais sensores podem ser localizados em qualquer localização adequada na broca de perfuração 150, incluindo, mas não limitado à coroa 212a, tal como o sensor acústico 240c. Em um arranjo, o sensor acústico pode ser configurado para contatar fisicamente uma formação de terra. Isto é, o sensor acústico 240 pode ser configurado para perceber diretamente uma onda acústica na formação sem ter essa primeira viagem de onda elástica através do corpo da broca de perfuração. Em tais modalidades, uma camada acusticamente transparente (não mostrada), tal como um cortador de diamante sintético, pode separar o sensor acústico 240 e uma formação de terra para proteger o sensor acústico. Os condutores 242 fornecem sinais a partir do sensor 240a um circuito 250 para processar tais sinais. O circuito 250 pode ser localizado na broca de perfuração ou fora dela. Um circuito 250 na haste pode ser configurado para condicionar, filtrar, amplificar, ou de outra forma processar os sinais a partir do sensor acústico. A seguir, para conveniência, um ou mais sensores acústicos 240a,b,c serão referidos como simplesmente sensor acústico 240.

Em modalidades, o sensor acústico 240 pode ser configurado para detectar ondas elásticas. As ondas elásticas podem ser geradas pela interação da broca de perfuração 150 com a formação sendo perfurada. As ondas elásticas podem ser caracterizadas por uma assinatura sônica que pode ser analisada para estimar ou determinar se um ou mais eventos estão ocorrendo na formação perfurada e/ou na broca de perfuração. Com relação à formação, o evento pode ser a fratura da rocha e terra devido à ação de corte do cortador. Com relação à broca de perfuração ou cortador, o evento pode ser a fratura, craqueamento, rachadura, ou outros tipos de falha de um

elemento particular ou componente da broca de perfuração 150 ou cortador. Em uma aplicação não limitante, as frequências da assinatura sônica podem ser analisadas para determinar uma ou mais características da formação ou da broca de perfuração. Por exemplo, uma frequência relativamente baixa
5 pode estar associada com um evento de falha do corpo de broca 150. Um evento de falha ilustrativo pode ser uma fratura no metal do corpo de broca. Uma segunda frequência mais alta pode estar associada com o evento de falha da formação, tal como uma fratura da rocha e terra sendo cortada pela broca de perfuração. Uma terceira frequência ainda mais alta pode estar as-
10 sociada com um evento de falha do cortador 216 na broca de perfuração 150. Por exemplo, o material de diamante do cortador pode rachar. Em modalidades, as características além de ou em adição à frequência podem ser usadas para caracterizar ou categorizar as ondas elásticas detectadas.

Em modalidades, uma pluralidade de sensores acústicos 240
15 pode ser disposta na broca de perfuração 150. A pluralidade de sensores acústicos 240 pode ser espacialmente arranjada tal que técnicas de triangulação convencionais podem ser utilizadas para determinar ou estimar uma localização na broca de perfuração 150 a partir da qual uma dada onda elástica originou-se. Como anteriormente discutido, uma onda elástica pode ter
20 sido gerada pela falha de um cortador ou a falha em um corpo de broca. Por exemplo, a fratura ou falha de um cortador pode gerar uma onda elástica particular. Quando uma pluralidade de sensores acústicos 240, todos os quais estão posicionados em localizações conhecidas, detecta uma onda elástica particular, então uma ou mais características dessa onda elástica
25 detectada, tal como tempo de detecção, podem ser utilizadas para estimar uma localização para o evento detectado que gerou essa onda elástica.

Em modalidades, os sensores acústicos 240 podem ser utilizados para detectar um ou mais sinais sísmicos controlados. Por controlado, entende-se que o sinal sísmico é gerado por um dispositivo especificamente
30 configurado para emitir um sinal sônico tendo uma ou mais características ou parâmetros predeterminados; por exemplo, frequência, localização de fonte, amplitude, intervalos de pulso, etc. Por exemplo, com relação agora à

figura 1, uma ou mais fontes 290a,b,c podem ser posicionadas na superfície da terra ou próximas a ela em localizações conhecidas. As fontes 290a,b,c podem transmitir um sinal sísmico para a terra que é detectado por um ou mais sensores acústicos 240 na broca de perfuração 150. Os sensores 160 e 240 são geralmente os mesmos sensores. O sinal sísmico transmitido pode ter uma característica exclusivamente identificável e pode ser transmitido nos momentos conhecidos. Novamente, usando técnicas de triangulação conhecidas, a posição tridimensional da broca de perfuração 150 pode ser estimada ou determinada detectando-se e processando-se os sinais sísmicos. Através de estimativas periódicas da localização da broca de perfuração 150, o sondador pode desenvolver uma trajetória da broca de perfuração / coluna de perfuração.

Em outra modalidade, uma fonte de sinal 292 pode ser acusticamente acoplada à coluna de perfuração. A fonte de sinal 292 pode sob demanda, continuamente, ou periodicamente transmitir um sinal acústico ao longo da coluna de perfuração 118 que é detectado pelo sensor acústico à base de broca 240. Um processador apropriadamente programado pode utilizar informação, tal como a impedância acústica da coluna de perfuração 118 e o tempo entre a transmissão do sinal e a recepção do sinal, para determinar a distância percorrida pelo sinal acústico. Essa distância percorrida determinada pode ser corrigida ou ajustada, se necessário, para chegar a uma estimativa do comprimento da coluna de perfuração 118.

Em modalidades, o controlador 170 pode ser configurado para receber sinais diretamente a partir do sensor acústico 240 ou via o circuito 250. Para análise de evento de falha, o controlador 170 pode ser programado com um modelo que define uma relação entre assinaturas sônicas detectadas e um evento de falha da formação, um evento de falha de um cortador, e/ou um evento de falha do corpo de broca. O controlador 170 pode ser ainda programado com modelos que podem estimar uma característica litológica da formação com base em uma ou mais características da assinatura sônica recebida. Isto é, diferentes tipos de rocha geram diferentes assinaturas sônicas quando em falha. Assim, suas assinaturas sônicas exclusivas po-

dem ser utilizadas para identificar o tipo de rocha que está sendo perfurada. Para determinar um ou mais parâmetros de localização, o controlador 170 pode ser programado com algoritmos que executam análise de triangulação com base em sinais sônicos, sísmicos ou acústicos recebidos. O controlador 5 170 pode utilizar um relógio que pode ou não ser sincronizado com um relógio na superfície ou usar quaisquer outros meios adequados para determinar quaisquer valores de tempo relevantes necessários para processar os sinais fornecidos pelo sensor acústico 240. O controlador 170 pode também ser programado com um parâmetro, tal como um intervalo pré-configurado entre 10 sucessivos sinais (por exemplo, dez segundos). Em modalidades, uma ligação de comunicação pode ser acoplada ao controlador 170 para transmitir dados e/ou receber dados a partir de um dispositivo remoto que é subido no furo de poço ou na superfície. É claro, o controlador de superfície 40 pode também ser configurado de uma maneira similar.

15 A figura 3 mostra certos detalhes da haste 212b de acordo com uma modalidade da descrição. A haste 212b inclui um orifício 310 através dela para fornecer fluido de perfuração ao cone 212a da broca de perfuração 150 e uma ou mais seções circulares ao redor do orifício 310, tal como seções 312, 314 e 316. A extremidade superior da haste 212b inclui uma área 20 rebaixada 318. Fios 319 na seção de gargalo 312 conectam a broca de perfuração 150 ao conjunto de perfuração 130. O sensor 240 contendo o sensor acústico 332 pode estar localizado em qualquer localização adequada na haste. Em um aspecto, o sensor 240 pode estar localizado em um rebaixo 336 na seção 314 da haste. Os condutores 242 podem ser conduzidos a 25 partir dos sensores 332 a um circuito elétrico 250 no rebaixo 318. O circuito 250 pode ser acoplado ao controlador de fundo de poço 170 (figura 1) por condutores que são conduzidos do circuito 250 ao controlador 170. Em um aspecto, o circuito 250 pode incluir um amplificador que amplifica os sinais a partir dos sensores 332 e um conversor analógico-digital (A/D) que digitaliza 30 os sinais amplificados. Em outro aspecto, os sinais do sensor podem ser digitalizados sem amplificação anterior. Dever-se-ia apreciar que todos os componentes do sensor 240 podem ser colocados ou podem ser locali-

zados separadamente. Isto é, os elementos sensores podem ser posicionados em um cortador, tal como o cortador 216a, e os elementos de condicionamento de sinal podem ser posicionados na haste 212b. O sensor 240 pode ser posicionado em uma superfície do corpo de broca 150.

5 Com relação às figuras 1 a 3, em um modo de operação, o controlador 170 e/ou o controlador de superfície 40 estima uma característica litológica com base nas ondas elásticas detectadas associadas com eventos de falha na formação. Os sinais a partir dos sensores 240 podem ser enviados ao controlador 170 para determinar sua assinatura sônica. Em certas
10 modalidades, o controlador 170 pode operar de forma autônoma. Em outras modalidades, o controlador 170 pode executar certo pré-processamento e enviar os dados processados ao controlador de superfície 40 para processamento adicional e ação subsequente. Em qualquer caso, o controlador 170 e/ou o controlador 40 podem processar tais sinais para estimar uma ca-
15 racterística litológica com base em suas assinaturasônicas determinadas. Por exemplo, a assinatura sônica detectada pode ser comparada ou correlacionada com as assinaturasônicas a partir de formações de referência tendo uma litologia conhecida. Essa comparação ou correlação pode ser usada para estimar ou prever a litologia da formação que está sendo perfurada. A
20 informação litológica pode ser registrada na memória. Também, o controlador de fundo de poço 170 e/ou o controlador de superfície 40 pode utilizar essa informação litológica para iniciar uma ou mais mudanças, incluindo, mas não limitadas, a alterar o peso na broca, a velocidade rotacional da broca de perfuração, e a taxa do fluxo de fluido, tal como a aumentar a eficácia
25 das operações de perfuração e estender a vida da broca de perfuração 150 e do conjunto de perfuração 130.

Em outro modo de operação, o controlador 170 e/ou o controlador de superfície 40 avalia eventos de falha associados com a broca de perfuração 150 ou um ou mais cortadores 216 usando as ondas elásticas detec-
30 tadas. Os controladores 170, 40 podem caracterizar a assinatura sônica associada com as ondas elásticas detectadas com relação à frequência, como anteriormente discutido. Assim, uma frequência relativamente baixa pode

estará associada com um evento de falha do corpo de broca e uma frequência relativamente alta pode estar associada com um evento de falha do cortador. O evento de falha pode ser registrado em um dispositivo de memória para análise ou avaliação posterior. Também os controladores 170, 40 podem ser programados para executar uma ou mais ações específicas em resposta a uma dada assinatura sônica detectada. Por exemplo, o controlador 170, 40 pode responder a uma assinatura sônica particular indicativa de uma falha catastrófica da broca de perfuração 150 enviando um sinal de alarme. Assim, as assinaturas sônicas e eventos de falha associados podem ser utilizados para desenvolver um banco de dados de histórico para a broca de perfuração 150 registrando eventos de falha, condição, desgaste, ruptura, comportamento, etc. e para também otimizar ou controlar a atividade de perfuração. Esse banco de dados pode ser usado para avaliar a eficácia da broca de perfuração 150 em várias formações, determinar a vida útil restante, executar reforma necessária, etc. Em modalidades onde uma pluralidade de sensores acústicos 240 é disposta na broca de perfuração 140, técnicas de triangulação convencionais podem ser utilizadas para determinar ou estimar a localização dos eventos de falha na broca de perfuração 140.

Em outro modo de operação, o sensor 240 pode ser utilizado para determinar um ou mais parâmetros de localização para o conjunto de perfuração 130. O termo parâmetro de localização geralmente abrange quantidades ou valores que podem ser usados para caracterizar a posição ou orientação do conjunto de perfuração 130 com relação a um dado quadro de referência. Os parâmetros de localização ilustrativos incluem coordenadas x, y, z, coordenadas polares, azimuth, inclinação, desvio do norte magnético ou do norte de gravitação, etc.

Em um modo de operação ilustrativo, as fontes 290a,b,c posicionadas na superfície da terra ou próximas a ela em localizações conhecidas podem ser periodicamente energizadas ou ativadas. Quando energizadas, as fontes 290a,b,c transmitem um sinal sísmico para a terra que é detectado por um ou mais sensores acústicos 240 na broca de perfuração 150. O sinal sísmico transmitido pode ter uma característica exclusivamente iden-

tificável e pode ser transmitido em momentos conhecidos. Em resposta aos sinais sísmicos detectados, os sensores acústicos 240 transmitem sinais via o circuito 250 ao controlador 170. O controlador 170 pode ser programado com dados relevantes tal como a posição das fontes 290a,b,c e parâmetros de tempo para os sinais sísmicos transmitidos e recebidos. Usando técnicas de triangulação conhecidas, um computador programados adequadamente, por exemplo, o controlador 170, pode estimar ou determinar um ou mais parâmetros de localização para a coluna de perfuração e/ou a broca de perfuração. O parâmetro de localização pode ser a posição tridimensional da broca de perfuração e/ou a profundidade vertical verdadeira da broca de perfuração. Ao longo do tempo, o processador 170 pode estimar ou determinar a trajetória da broca de perfuração / coluna de perfuração à medida que os dados de posição são acumulados. Os dados podem ser também enviados ao controlador de superfície 40 para tal processamento.

Em ainda outro modo de operação, a profundidade medida da coluna de perfuração 118 pode ser estimada periodicamente ou sob demanda. Por exemplo, a fonte de sinal 292 acoplada acusticamente à coluna de perfuração pode ser energizada para transmitir um sinal acústico ao longo da coluna de perfuração 118. Um ou mais sensores acústicos baseados em broca 240 podem detectar o sinal transmitido e enviar um sinal responsivo ao processador 170. Ou o processador de fundo de poço 170 ou o processador de superfície 40 pode utilizar dados tais como o intervalo de tempo entre a transmissão do sinal e a detecção do sinal e as características físicas conhecidas da coluna de perfuração (por exemplo, impedância acústica) para estimar a profundidade medida do furo de poço. Também, com base nos parâmetros de localização determinados, outros parâmetros de perfuração, tal como taxa de penetração, podem também ser estimados ou determinados.

A partir do dito acima, dever-se-ia apreciar que o que foi descrito inclui um ou mais sensores acústicos em um corpo da broca de perfuração. O sensor acústico pode ser configurado para detectar ondas elásticas quando a broca de perfuração é usada para perfurar um furo de poço. Em moda-

lidades, o sensor acústico pode ser um sensor acústico passivo configurado para detectar ondas elásticas que estão associadas com um evento de falha e têm uma assinatura sônica discernível. Em arranjos adicionais, um controlador acoplado de maneira funcional ao sensor acústico pode ser configurado para receber sinais a partir do sensor acústico. Adicionalmente, dever-se-ia apreciar que o que foi descrito inclui programar o controlador com um modelo que define uma relação entre os sinais de sensor e um evento de falha da formação, um evento de falha de um cortador, e/ou um evento de falha do corpo de broca.

10 A partir do dito acima, dever-se-ia apreciar que o que foi descrito ainda inclui um sistema de perfuração que inclui um sensor acústico em um corpo de broca configurado para fornecer sinais representativos de uma onda elástica detectada. Um controlador pode ser programado para processar sinais a partir do sensor acústico para determinar uma assinatura sônica associada com um evento de falha. Em aplicações, uma primeira frequência pode estar associada com um evento de falha do corpo de broca, e a segunda frequência que é mais alta do que a primeira frequência pode estar associada com o evento de falha da formação, e uma terceira frequência que é mais alta do que a segunda frequência pode estar associada com um evento de falha do cortador. Em modalidades, o sensor acústico pode ser uma pluralidade de sensores acústicos, e o controlador pode ser programado para estimar uma localização de um evento de falha detectado usando os sinais detectados a partir da pluralidade de sensores acústicos. Em modalidades, uma ou mais fontes acústicas podem ser posicionadas distalmente a partir da broca de perfuração, e o sensor acústico pode detectar um sinal a partir da fonte acústica. O controlador pode processar o sinal detectado a partir da fonte acústica e determinar um parâmetro de localização associado com a broca de perfuração. O sistema pode incluir uma coluna de perfuração que conduz a broca de perfuração no furo de poço, e a fonte acústica pode ser acusticamente acoplada à coluna de perfuração. Em ainda modalidades adicionais, o controlador pode processar o sinal detectado a partir da fonte acústica e determinar a taxa de penetração (ROP).

A descrição anterior é direcionada a modalidades particulares com o propósito de ilustração e explicação. Estará claro, entretanto, para versados na técnica que muitas modificações e mudanças nas modalidades apresentadas acima podem ser feitas sem abandonar o escopo e espírito dos conceitos e modalidades descritas aqui. Pretende-se que as seguintes reivindicações sejam interpretadas para abranger todas tais modificações e mudanças.

REIVINDICAÇÕES

1. Broca de perfuração (150), compreendendo:
 - um corpo de broca (212) incluindo uma porção de coroa (212a) e uma porção de haste (212b), a porção de coroa (212a) incluindo um cortador (216a-216m);
 - a broca de perfuração **caracterizada** por compreender:
 - um sensor acústico (240a-240c) integrado no cortador (216a-216m) ou dentro da porção de haste (212b) do corpo de broca (212) que gera sinais em resposta a ondas elásticas geradas pela interação da broca de perfuração (150) com uma formação (119) durante a perfuração, em que as ondas elásticas proporcionam assinaturas sônicas associadas a eventos de falha para a broca de perfuração (150) e a formação (119); e
 - um processador (170) para receber os sinais a partir do sensor acústico (240a-240c) e determinar os eventos de falha para a broca de perfuração (150) e a formação (119) a partir de assinaturas sônicas.
2. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de** que o controlador (170) detecta os eventos de falha para a broca de perfuração (150) e a formação (119) a partir de um modelo que define uma relação entre as assinaturas sônicas para os eventos de falha.
3. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de** que o sensor acústico (240a-240c) é configurado para contatar fisicamente uma formação (119).
4. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de** que compreende adicionalmente uma camada acusticamente transparente separando o sensor acústico (240a-240c) e uma formação de terra (119).
5. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de** que o sensor acústico (240a-240c) é posicionado em um selecionado dentre o grupo que consiste de: (a) um cone da broca de perfuração (150); (ii) uma ponta da broca de perfuração (150), e (iii) uma aba da broca de perfuração (150).

6. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de** que o sensor acústico (240a-240c) é posicionado atrás de um cortador (216a-216m) configurado para desintegrar a formação (119).

5 7. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de** que o sensor acústico é um sensor acústico passivo configurado para detectar uma assinatura sônica associada com um evento de falha.

8. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de** que compreende adicionalmente uma ligação de comunicação acoplada ao controlador (170), a ligação de comunicação sendo configurada para realizar um dentre o grupo que consiste de: (i) transmitir dados, e (ii) receber dados a partir de um dispositivo remoto.

9. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de** que a broca de perfuração (150) está no final se uma coluna de perfuração (118).

10. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 9, **caracterizada pelo fato de** que ainda compreende um controlador (170) configurado para processar sinais de pelo menos um sensor acústico (240a-240c) para detectar uma assinatura sônica associada a um evento de falha.

11. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo fato de** que o evento de falha é um selecionado do grupo que consiste de: (i) uma falha de formação, (ii) uma falha de cortador e (iii) uma falha de corpo de broca.

12. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 9, **caracterizada pelo fato de** que o controlador (170) inclui um modelo que define uma relação entre os sinais e um selecionado do grupo que consiste em (i) um evento de falha da formação (119), (ii) um evento de falha de um cortador (216a-216m) e (iii) um evento de falha do corpo da broca (212).

13. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 12, **caracterizada pelo fato de** que uma primeira frequência é associada a um evento de falha do corpo de broca (212), e uma segunda frequência que

é mais alta do que a primeira frequência é associada ao evento de falha da formação (119), e uma terceira frequência que é mais alta do que a segunda frequência é associada a um evento de falha do cortador (216a-216m).

14. Broca de perfuração (150), de acordo com a reivindicação 9,
- 5 **caracterizada pelo fato de** que o pelo menos um sensor acústico (240a-240c) compreende uma pluralidade de sensores acústicos (240a-240c), e em que o controlador (170) é programado para estimar uma localização de um evento de falha detectado usando os sinais detectados da pluralidade de sensores acústicos (240a-240c).

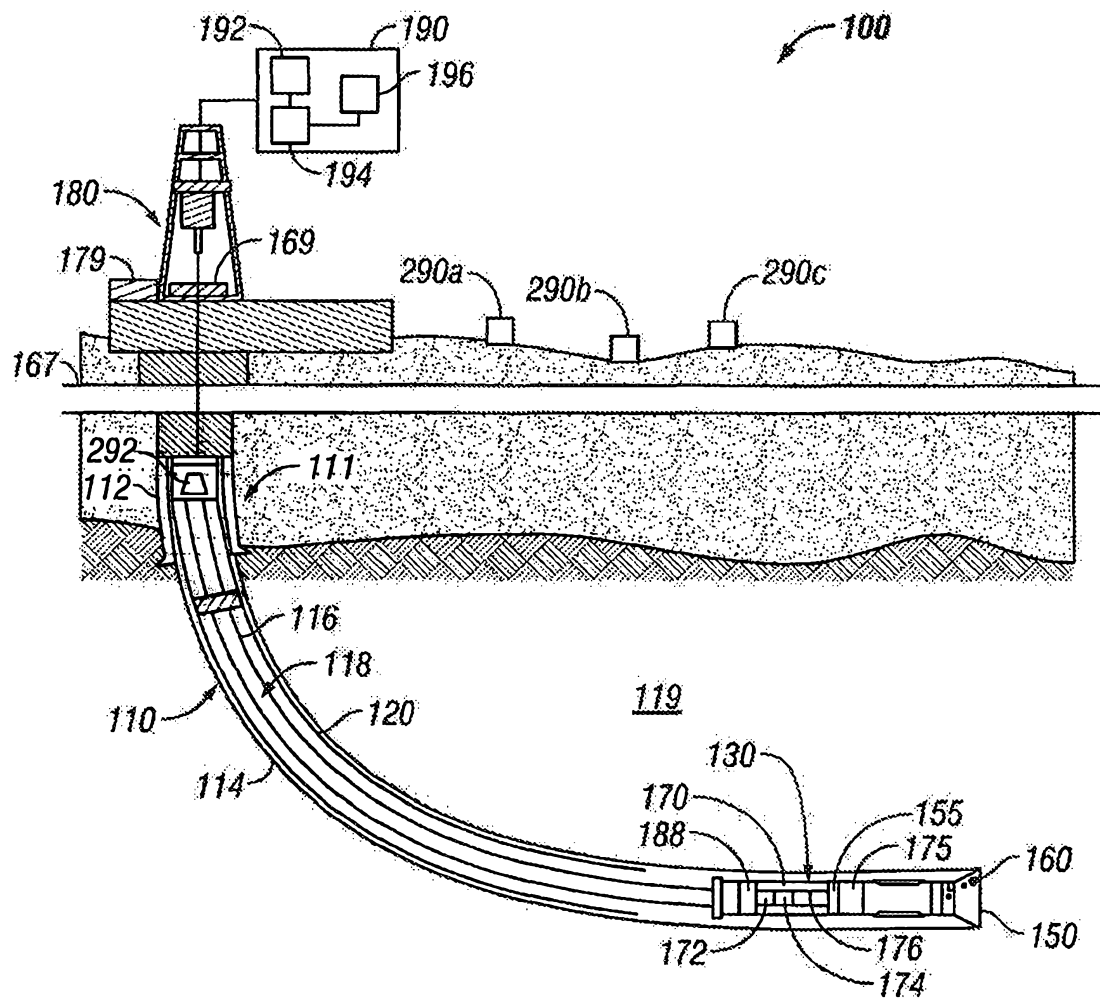


FIG. 1

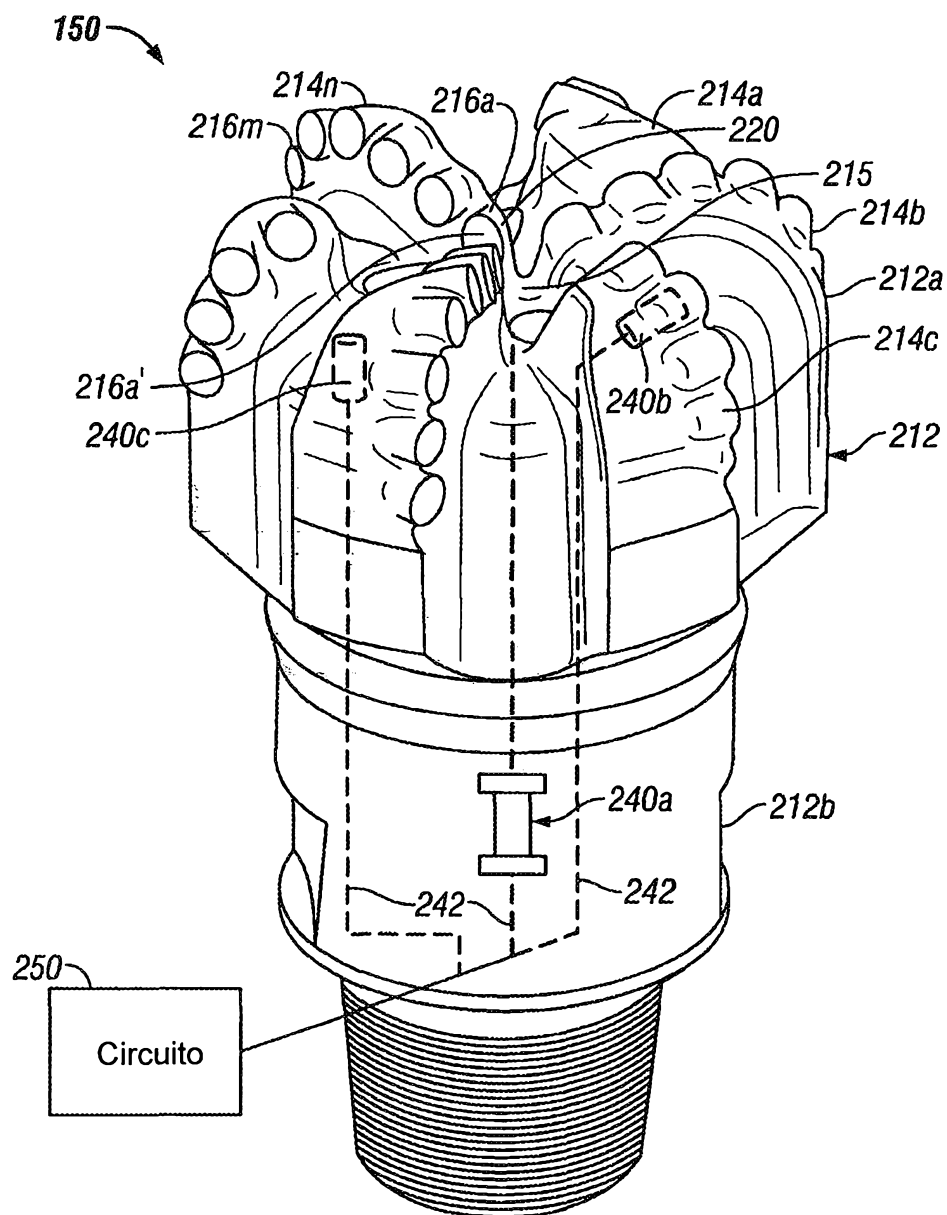


FIG. 2

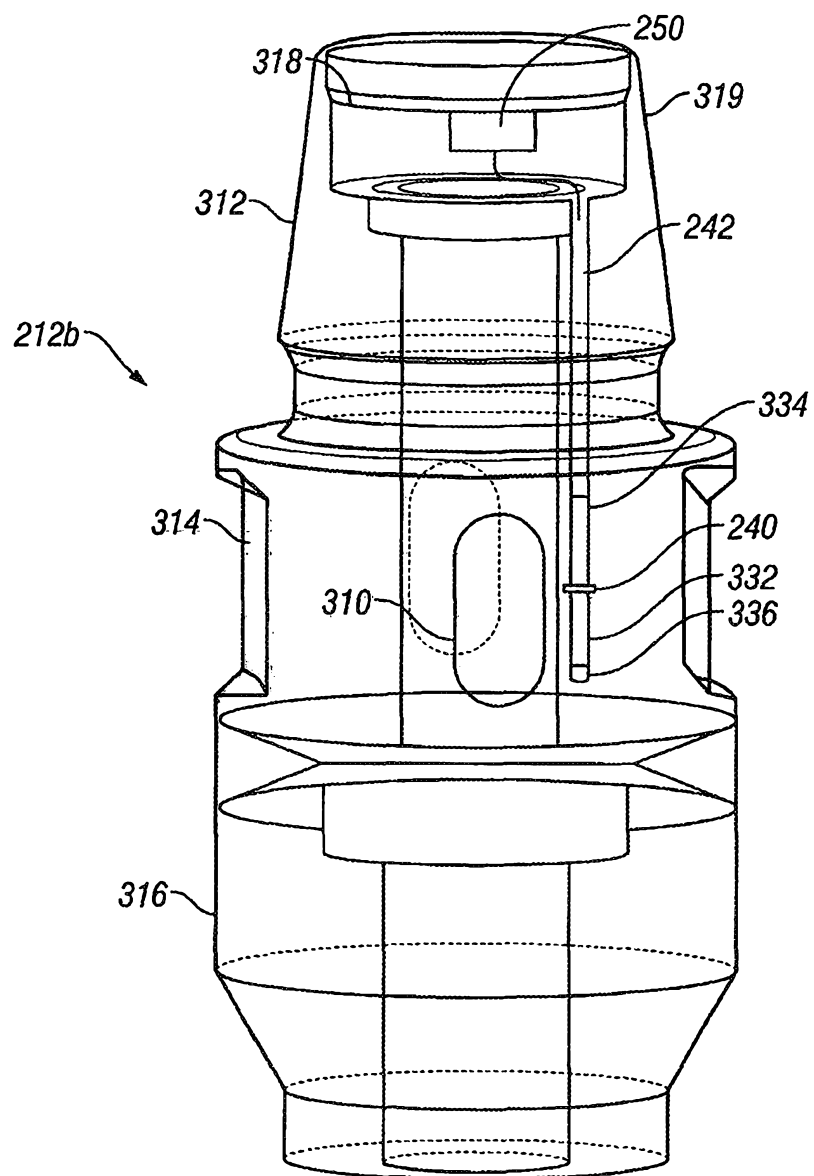


FIG. 3