



PI 04123565
PI 04123565

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0412356-5

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0412356-5

(22) Data do Depósito: 09/07/2004

(43) Data da Publicação do Pedido: 20/01/2005

(51) Classificação Internacional: E21B 7/18; E21B 7/06

(30) Prioridade Unionista: 09/07/2003 EP 03077160.4

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO PARA FAZER UM FURO EM UM OBJETO

(73) Titular: SHELL INTERNATIONAL RESEARCH MAATSCHAPPIJ B. V, Sociedade Holandesa. Endereço: Carel Van Bylandtlaan 30, - 2596 HR The Hague, Holanda (NL).

(72) Inventor: JAN-JETTE BLANGÉ

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 13/10/2015, observadas as condições legais.

Expedida em: 13 de Outubro de 2015.

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes Substituta



“SISTEMA E MÉTODO PARA FAZER UM FURO EM UM OBJETO”

A presente invenção relaciona-se a um sistema para fazer um furo em um objeto, mais particularmente para fazer um furo em uma formação de terra subterrânea. Em particular, o sistema inclui meio de jato para gerar um jato abrasivo de uma mistura contendo um fluido e uma quantidade de partículas abrasivas e para soprar o jato abrasivo com uma potência erosiva em colisão com o objeto em uma área de colisão, por esse meio erodindo o objeto na área de colisão.

A invenção também relaciona-se a um método para fazer um furo em um objeto, mais particularmente para fazer um furo em uma formação de terra subterrânea. Em particular, o método inclui as etapas de gerar um jato abrasivo de uma mistura contendo um fluido e uma quantidade de partículas abrasivas e para soprar o jato abrasivo com uma potência erosiva em colisão com o objeto.

Na Patente US 5.944.123, um método de perfuração é descrito envolvendo a rotação de um membro de perfuração, por meio de que o fluido de perfuração é provido ao membro de perfuração para emitir dele por um orifício provido nele. Avanço fora de eixo do membro de perfuração é alcançado modulando a velocidade rotacional do membro de perfuração quando ele gira.

Devido à fricção crescente com a parede do furo de sondagem em profundidades maiores, a estabilidade direcional deste arranjo é esperada se reduzir ao perfurar um furo de sondagem em profundidade relativamente grande, tal como é requerido geralmente para perfuração de um poço para produção de hidrocarbonetos minerais.

De acordo com a presente invenção, é provido um sistema para fazer um furo em um objeto, o sistema incluindo meio de jato para gerar um jato abrasivo de uma mistura contendo um fluido e uma quantidade de partículas abrasivas e para soprar o jato abrasivo com uma potência erosiva

em colisão com o objeto em uma área de colisão, por esse meio erodindo o objeto na área de colisão, o sistema ademais incluindo meio de varredura para mover a área de colisão ao longo de uma trajetória selecionada no furo, e meio de modulação para modular a potência erosiva do jato abrasivo enquanto a área de colisão está sendo movida ao longo da trajetória selecionada.

Também é provido um método para fazer um furo em um objeto, o método incluindo as etapas de:

- gerar um jato abrasivo de uma mistura contendo um fluido e uma quantidade de partículas abrasivas;
- soprar o jato abrasivo com uma potência erosiva em colisão com o objeto em uma área de colisão, por esse meio erodindo o objeto na área de colisão;
- mover a área de colisão ao longo de uma trajetória selecionada no furo; e
- modular a potência erosiva do jato abrasivo enquanto a área de colisão está sendo movida.

Modulando a potência erosiva do jato abrasivo enquanto a área de colisão está sendo movida, a quantidade de erosão causada por um jato abrasivo em cada área de colisão ao longo da trajetória selecionada pode ser variada. Com isto, controle direcional é alcançado.

Um furo curvado pode ser perfurado erodindo mais da formação em uma área de colisão selecionada em um lado do furo do que em outra área selecionada em um lado azimutalmente oposto do furo. Um furo reto pode ser perfurado erodindo uniformemente a formação em todas as áreas na trajetória.

Em particular a profundidades maiores, um sistema para fazer um furo na formação de terra pode ser perturbado por fricção entre o arranjo de perfuração e a parede do furo de sondagem cercado o arranjo de

perfuração. A fricção causa forças de fricção atuando no sistema de perfuração, quais forças dependem de movimento do sistema no furo. Quando o controle direcional se confia na modulação da taxa de movimento do sistema de perfuração, a fricção mencionada portanto perturba a estabilidade direcional do sistema.

Uma vantagem de modular a potência erosiva do jato abrasivo é que por esse meio a taxa de remoção de material do objeto é modulada enquanto o contato mecânico direto entre a ferramenta de perfuração e a parede do furo de sondagem não tem que mudar.

A potência erosiva do jato abrasivo pode ser modulada, modulando a potência adquirida em energia cinética das partículas abrasivas presentes no jato abrasivo. Isto pode ser feito modulando a vazão de massa das partículas abrasivas no jato abrasivo, por exemplo modulando a quantidade das partículas abrasivas no jato abrasivo, ou modulando a velocidade das partículas abrasivas no jato abrasivo, que pode ser feito por exemplo modulando uma queda de pressão de aceleração do fluido no meio de jato, ou combinando estes.

Preferivelmente, o meio de modulação é acoplado ao meio de controle de modulação arranjado para controlar o meio de modulação tal que a potência erosiva seja modulada em relação à posição da área de colisão na trajetória selecionada. Deste modo, a modulação pode ser arranjada tal que a potência erosiva seja aumentada quando o jato abrasivo está colidindo na formação onde mais erosão é requerida, e, vice-versa, a potência erosiva pode ser diminuída quando o jato abrasivo está colidindo na formação onde menos erosão é requerida.

A invenção será ilustrada agora por meio de exemplo, com referência aos desenhos acompanhantes, em que:

Figura 1 mostra esquematicamente uma seção transversal de um sistema para fazer um furo em uma formação de terra subterrânea de

acordo com a invenção;

Figura 2 mostra esquematicamente uma seção transversal de parte de uma ferramenta de escavação preferida para o sistema da Figura 1;

Figura 3 mostra esquematicamente um mapa de superfície de um arranjo de superfície de ímã para uso na ferramenta de escavação preferida da Figura 2; e

Figura 4 mostra esquematicamente um exemplo de um sistema para fazer um furo em uma formação de terra subterrânea incluindo um sistema de energia de furo de sondagem.

Nas figuras, mesmas partes levam numerais de referência idênticos.

Figura 1 mostra esquematicamente um sistema para fazer um furo 1 em um objeto na forma de uma formação de terra subterrânea 2, em particular um furo para a fabricação de um poço para produção de hidrocarbonetos minerais. O sistema inclui uma ferramenta de escavação 6 montada em uma extremidade inferior de uma coluna de perfuração 8 que é inserida da superfície 13 no furo 1. A coluna de perfuração 8 é provida com uma passagem longitudinal para transportar um fluido de perfuração à ferramenta de escavação 6. A ferramenta de escavação 6 inclui meio de jato (não mostrado) arranjado para gerar um jato abrasivo 10 em uma direção de jato em colisão com a formação de terra 2 em uma área de colisão. O jato abrasivo tem uma certa potência erosiva que pode ser modulada.

O sistema ademais inclui meio de varredura (não mostrado) arranjado para mover o jato abrasivo ao longo da formação, por esse meio movendo a área de colisão ao longo de uma trajetória. No sistema da Figura 1, o meio de varredura é provido na forma de meio rotativo (representado esquematicamente pela seta) para girar o jato abrasivo no furo sobre um eixo rotativo, qual eixo rotativo coincide essencialmente com uma direção longitudinal do furo. Desde que a área de colisão está localizada excêntrica

com relação ao eixo rotativo, girar o jato abrasivo no furo resulta no jato e a área de colisão se movendo ao longo de uma trajetória essencialmente circular no furo. Preferivelmente, a área de colisão excêntrica se sobrepõe com o centro de rotação, de forma que também o meio do furo de sondagem seja
5 sujeito à potência erosiva do jato abrasivo.

A coluna de perfuração 8 também é provida com uma unidade de controlador 12, tal que a unidade de controlador esteja localizada dentro do furo. Alternativamente, a unidade de controlador pode ser posicionada na superfície 13. A unidade de controlador 12 pode alojar equipamento tal como
10 meio de modulação para modular a potência erosiva do jato abrasivo 10 colidindo na formação 2. Modular a potência erosiva inclui controlar a potência erosiva.

Em operação, o sistema funciona como segue. Uma corrente de fluido de perfuração é bombeado por uma bomba adequada (não mostrada)
15 pela passagem longitudinal da coluna de perfuração 8. Parte ou todo do fluido de perfuração é conduzido ao meio de jato, onde um jato abrasivo 10 é gerado. O jato abrasivo é soprado em colisão com a formação. A formação é erodida na área de colisão como resultado do jato abrasivo 10 colidindo na formação 2.

20 Simultaneamente, o jato abrasivo é girado sobre o eixo rotativo. Assim, a área de colisão é movida ao longo de uma trajetória circular no furo, de forma que a formação possa ser erodida em todos os azimutes. Modulando a potência erosiva do jato abrasivo, um alto grau de controle direcional pode ser alcançado.

25 Mantendo a potência erosiva do jato abrasivo constante, a formação é erodida uniformemente em todos os lados do furo e conseqüentemente o furo é escavado reto. Não obstante, distorções no giro da ferramenta de escavação, ou variações em propriedades de formação de rocha na região de furo, ou outras causas, podem resultar em erosão desigual no

furo. Uma correção direcional pode ser requerida modulando a potência erosiva para compensar a erosão desigual não intencional. A potência erosiva do jato abrasivo também pode ser modulada a fim de escavar deliberadamente um furo curvado.

- 5 Quando o jato abrasivo é orientado para colidir na formação em uma área que requer mais erosão a fim de estabelecer a correção direcional, a potência erosiva do jato abrasivo pode ser aumentada periodicamente resultando em uma taxa de erosão mais alta naquela área. Alternativamente, ou em combinação, a potência erosiva do jato abrasivo
10 pode ser reduzida quando o jato abrasivo é orientado para colidir na formação em uma área que requer menos erosão.

É assim preferido que o meio de modulação inclua meio de controle de modulação arranjado para controlar o meio de modulação tal que a potência erosiva do jato abrasivo seja modulada em relação à posição da
15 área de colisão na trajetória selecionada.

A fim de estabelecer a posição da área de colisão, o sistema pode ser provido com um sensor de posição, por exemplo um sensor de medição enquanto perfurando, para prover um sinal indicativo da posição do jato abrasivo. A fim de estabelecer a direção de perfuração atual pela
20 formação, o sistema pode ser provido com um sensor de navegação, por exemplo um sensor de medição enquanto perfurando, para prover um sinal indicativo da direção na qual a produção do furo na formação de terra progride.

Tal sensor de navegação pode ser provido na forma de um ou
25 uma combinação de um sensor direcional provendo um sinal indicativo da direção do dispositivo relativo a um vetor de referência; um sensor de posição provendo um sinal indicativo de uma ou mais coordenadas de posição relativas a um ponto de referência; um sensor de densidade de formação provendo informação sobre uma distância a uma mudança de tipo de

formação ou conteúdo de formação perto; ou qualquer outro sensor adequado.

As forças mecânicas no sistema de perfuração que é baseado em jato abrasivo são muito menores do que é o caso para sistemas baseados em remoção de rocha mecânica. Isto tem a vantagem que os sensores podem ser localizados muito próximos da ferramenta de escavação, tornando comunicação de sinal precoce e precisa possível ao meio de controle de modulação. Os sensores podem por exemplo ser providos na mesma câmara como o meio de controle de modulação.

Alternativamente, a posição e/ou a direção de progresso pela formação do jato abrasivo pode ser determinada na base de parâmetros disponíveis na superfície 13, incluindo torque na coluna de perfuração 8 e posição azimutal da coluna de perfuração 8, e posição axial e velocidade da coluna de perfuração 8.

Uma decisão para mudar ou corrigir a direção de perfuração também pode ser tomada pelo operador do sistema direcional na superfície. No caso do sinal se originar de um sensor de medição de furo de sondagem enquanto perfurando, um sistema de telemetria de pulso de lama ou qualquer outro sistema de transferência de dados adequado pode ser empregado para transferir os dados à superfície. Através de meio semelhante de transferência de dados, um sinal de controle pode ser enviado ao meio de controle de furo de sondagem ativando uma série de ações de controle requeridas para a correção de perfuração de direção desejada.

Um impulsor (não mostrado) é provido vantajosamente para pressionar o sistema de jato abrasivo no fundo do furo 1. Melhores resultados são obtidos quando a força de pressão não é tão alta do que é requerido para manter a ferramenta de escavação 6 no fundo, a fim de evitar desgaste desnecessário na ferramenta de escavação 6, flexão do sistema, e perda de controle direcional. Assim, a força de pressão é preferivelmente apenas suficiente para contrariar a força de recuo axial do jato abrasivo e as forças de

fricção no impulsor e entre o sistema de jato abrasivo e a parede de furo. Tipicamente, a força de pressão está bem abaixo de 10 kN.

Um jato abrasivo adequado inclui uma mistura contendo um fluido, tal como o fluido de perfuração, e uma certa quantidade controlada de partículas abrasivas. A potência erosiva do jato correlata com a potência total adquirida nas partículas abrasivas arrastadas na mistura. Isto depende da vazão de massa de partículas abrasivas e do quadrado da velocidade das partículas abrasivas.

Assim, um modo de modular a potência erosiva do jato abrasivo é modulando a velocidade das partículas abrasivas. Quando o jato abrasivo é gerado em meio de jato incluindo um bocal de aceleração, a velocidade do fluido é dirigida por uma queda de pressão através de uma restrição de fluxo. O quadrado da velocidade do fluido acelerado através de uma restrição de fluxo é idealmente igual a duas vezes a queda de pressão através da densidade do fluido. Como as partículas abrasivas são arrastadas no fluido, a potência erosiva do jato abrasivo é proporcional à queda de pressão.

Outro modo de modular a potência erosiva do jato abrasivo é modulando a vazão de massa das partículas abrasivas no jato abrasivo. Isto pode ser alcançado mais vantajosamente modulando a quantidade de partículas abrasivas na mistura. Quando a quantidade de partículas semelhantes é mais alta, a potência erosiva total do jato abrasivo aumenta pelo fato de que mais da formação será erodida. Modulação da quantidade de partículas abrasivas na mistura não influencia as forças de contato mecânicas entre o sistema de perfuração e a formação.

Ainda se referindo à Figura 1, as partículas abrasivas serão arrastadas em uma corrente de retorno de fluido de perfuração pelo furo escavado, correndo por exemplo por um espaço anular entre o furo 1 e o sistema de perfuração (6, 12, 8).

A fim de reduzir a concentração de partículas abrasivas a

serem transportadas todas de volta à superfície, é preferido prover o sistema de perfuração, preferivelmente a ferramenta de escavação 6, com meio de recirculação arranjado para recircular pelo menos uma parte das partículas abrasivas da corrente de retorno a jusante de colisão com a formação de volta no jato abrasivo 10 novamente. As partículas abrasivas a serem recirculadas podem ser misturadas com a corrente fresca de fluido de perfuração, por exemplo em uma câmara de mistura à qual ambos a corrente fresca de fluido de perfuração e as partículas abrasivas recirculadas são admitidos.

A quantidade das partículas abrasivas na mistura pode ser modulada, modulando a taxa à qual as partículas abrasivas são recirculadas à câmara de mistura.

Figura 2 mostra esquematicamente uma concretização preferida de uma ferramenta de escavação 6 com capacidade de recirculação, adequada para uso no sistema da Figura 1 ao aplicar partículas abrasivas contendo um material magnetizável, tal como por exemplo aço granulado ou granito de aço.

A ferramenta de escavação 6 preferida é provida com uma passagem de fluido de perfuração longitudinal 11, que está a uma extremidade dela em comunicação fluida com o canal de fluido de perfuração provido na coluna de perfuração 8 e na outra extremidade dela em comunicação fluida com o meio de jato. O meio de jato inclui uma câmara de mistura 9 que está conectada à passagem de fluido de perfuração 11 por uma primeira entrada, aqui provida na forma de entrada de fluido de perfuração 3.

A câmara de mistura 9 também está em comunicação fluida com a segunda entrada, provida aqui na forma de uma entrada 4 para partículas abrasivas, e com um bocal de mistura 5 conduzindo a um bocal arranjado para jatear uma corrente de fluido de perfuração e partículas abrasivas contra a formação de terra durante a escavação do furo 1 na formação de terra subterrânea 2.

O meio de jato também é provido com uma peça de material magnético 14 no lado da câmara de mistura 9 que é oposto da entrada de partículas abrasivas 4, mas isto é opcional.

O bocal de mistura 5 é arranjado acima de uma parte de pé 5 opcional 19, e é inclinado relativo à direção longitudinal do sistema em um ângulo de inclinação de 15-30° relativo ao eixo rotativo, mas outros ângulos podem ser usados. Preferivelmente, o ângulo de inclinação é cerca de 21°, que é ótimo para erodir abrasivamente o fundo do furo de sondagem girando axialmente a ferramenta completa dentro do furo de sondagem. A câmara de 10 mistura 9 e bocal de mistura 5 são alinhados com um bocal de saída sob o mesmo ângulo, a fim de alcançar aceleração ótima das partículas abrasivas.

A passagem de fluido de perfuração 11 é arranjada para desviar um dispositivo para transportar partículas magnéticas, qual dispositivo está incluído na ferramenta de escavação 6 como parte do sistema de 15 recirculação para as partículas abrasivas magnéticas. O dispositivo inclui um membro de suporte na forma de uma luva ligeiramente afilada 15 para prover uma superfície de suporte se estendendo ao redor de um meio de transportador na forma de um ímã alongado formado essencialmente cilíndricamente 7. O ímã 7 gera um campo magnético para reter as partículas 20 magnéticas na superfície de suporte 15.

A passagem de fluido de perfuração 11 é arranjada fixamente relativa à superfície de suporte 15 e à câmara de mistura 9. A passagem de fluido de perfuração 11 tem uma ponta inferior arranjada perto da entrada 4 para partículas abrasivas. Na concretização presente, a passagem de fluido de 25 perfuração 11 é formada dentro de uma aresta na direção axial, qual aresta está em contato saliente com a superfície de suporte 15. A passagem de fluido de perfuração 11 pode ser arranjada alternativamente independente da superfície de suporte de uma maneira semelhante àquela mostrada e descrita na Publicação Internacional WO 02/34653 com referência à Figura 4 nela, ou

em uma direção não axial. A entrada 4 para partículas abrasivas está localizada na ponta inferior da aresta.

O ímã cilíndrico 7 é formado de oito ímãs menores 7a a 7h empilhados juntos. Um número diferente de ímãs menores também pode ser
5 usado. Cada ímã 7a a 7h têm pólos N e S diametralmente opostos, e os ímãs são empilhados de uma maneira que duas bandas diametralmente opostas essencialmente helicoidais sejam cada uma formada pelos pólos N e S.

Para o propósito desta especificação, um pólo magnético é uma área na superfície de ímã ou na superfície de suporte onde as linhas de
10 campo magnético cruzam a superfície de ímã ou a superfície de suporte, por esse meio aparecendo como uma área de fonte ou dissipação para linhas de campo magnético.

Diretamente adjacente às bandas diametralmente opostas formadas pelos pólos, rebaixos helicoidais são providos para alcançar bandas
15 helicoidais tendo permeabilidade magnética mais baixa que as bandas helicoidais incluindo os pólos. Devido à permeabilidade magnética mais alta do material de ímã do que o material de ímã que enche os rebaixos (um gás, um fluido, ou um sólido) as linhas de campo magnético internas seguem predominantemente o material do ímã em lugar do material contido no
20 rebaixo. Assim, existe uma forte zona de gradiente entre as bandas contendo os pólos e os rebaixos. Em vez dos rebaixos contendo um gás, fluido ou sólido, pode haver vácuo nos sulcos.

Preferivelmente, o rebaixo alcança uma profundidade com relação à circunferência cilíndrica do ímã que é semelhante ou maior do que a
25 distância entre a abertura entre a superfície magnética na primeira banda e a superfície de suporte.

O ímã 7 tem um eixo longitudinal central 18 e é rotativo relativo à luva 15 e sobre o eixo longitudinal central 18. Meio de acionamento, do qual mais detalhes serão dados abaixo, é provido para

acionar o eixo 18 e por esse meio girar o ímã 7.

Uma seção afilada curta 21 é provida na extremidade inferior de ímã 7. A superfície de suporte na luva 15 é provida com um afilamento cônico correspondente de uma maneira que a entrada 4 para partículas abrasivas proveja comunicação fluida entre a superfície de suporte 5 cercanda a seção afilada 21 e a câmara de mistura 9. O afilamento cônico é melhor baseado no mesmo ângulo como o ângulo acima discutido da câmara de mistura 9 e bocal de mistura 5.

O ímã 7 é mostrado em mais detalhe na Figura 3, em uma vista de seção transversal (Figura 3a), uma vista longitudinal (Figura 3b) de uma parte inferior do ímã, e uma representação em que a superfície cilíndrica é desenrolada plana no plano do papel (Figura 3c).

A região de permeabilidade magnética reduzida é provida na forma de um rebaixo helicoidal 26 na superfície exterior do ímã 7 adjacente aos pólos. Figura 3a mostra contornos circulares 24 ao redor dos pólos diametralmente contrários, conectados por contornos essencialmente retos 25. Os contornos retos correspondem com o rebaixo 26 e os contornos circulares com as partes do ímã contendo os pólos.

As linhas fantasmas inclinadas na Figura 3b indicam a transição entre os contornos circulares e os contornos essencialmente retos.

Na Figura 3c, verticalmente está mostrada a altura do ímã, que é dividido em ímãs menores 7a a 7h, e horizontalmente a superfície em todos os azimutes entre 0 e 360° é visível. Como pode ser visto, os ímãs menores 7a a 7h são arranjados tal que seus pólos individuais se alinhem em duas bandas helicoidais, na ordem de NSSNNSN ou SNNSSNNS. O ângulo θ do rebaixo helicoidal 26 com o plano perpendicular ao eixo 18 é 53°.

Em operação, a ferramenta de escavação preferida da Figura 2 funciona como segue. A ferramenta é conectada à ponta inferior da coluna de perfuração 8, que é inserida da superfície 13 no furo de sondagem. Uma

corrente de fluido de perfuração é bombeada por uma bomba adequada (não mostrada) na superfície, pelo canal de fluido de perfuração da coluna de perfuração 8 e pela passagem de fluido 11 na câmara de mistura 9. Durante bombeamento, a corrente é provida com uma pequena quantidade de partículas abrasivas adequadas na forma de aço granulado.

A entrada 3 é arranjada com uma restrição de fluxo, através da qual uma queda de pressão está presente dirigindo a aceleração do fluido de perfuração.

A corrente flui da câmara de mistura 9 por bocal de mistura 5 e é por esse meio jateado contra o fundo do furo de sondagem. Simultaneamente, a coluna de perfuração 8 é girada do modo descrito acima. A corrente de retorno de fluido e partículas abrasivas fluem do fundo do furo de sondagem pela coroa circular 16 no furo de sondagem em uma direção de volta à superfície. Por esse meio, a corrente de retorno passa ao longo da luva 15. O ímã 7 induz um campo magnético se estendendo e além da superfície exterior da luva 15. Quando a corrente passa ao longo da luva 15, as partículas abrasivas na corrente são separadas fora da corrente pelas forças magnéticas do ímã 7, que atraem as partículas sobre a superfície exterior da luva 15.

A corrente de fluido de perfuração, que agora está substancialmente livre de partículas magnéticas abrasivas, flui ademais pelo furo de sondagem à bomba na superfície e é recirculado pela coluna de perfuração depois de remoção dos recortes de broca.

As partículas magnéticas retidas na superfície de suporte 15 são atraídas à banda tendo o campo magnético mais alto. Simultaneamente com bombeamento da corrente de fluido de perfuração, o ímã 7 é girado sobre seu eixo 18 em uma direção de rotação que é oposta ao sentido da banda helicoidal. Devido à rotação do ímã 7, a presença da zona de gradiente causa uma força nas partículas magnéticas em uma direção perpendicular à zona de

gradiente, que tem um componente para baixo, por esse meio forçando as partículas para seguirem um movimento helicoidalmente descendente em direção à entrada 4.

5 Deste modo, o ímã 7 funciona não só como um separador de partículas abrasivas da corrente de retorno, mas também como um meio de transportador pelo fato de que o movimento do ímã induz transporte das partículas abrasivas.

Quando as partículas chegam à entrada 4, a corrente de fluido de perfuração fluindo na câmara de mistura 9 novamente arrasta as partículas.

10 Em um próximo ciclo, as partículas abrasivas são jateadas novamente contra o fundo do furo de sondagem e subseqüentemente fluem em direção ascendente pelo furo de sondagem. O ciclo é então repetido continuamente. Desta maneira, é alcançado o equipamento de coluna/bombeamento de perfuração que é substancialmente livre de dano
15 pelas partículas abrasivas, como estas circulam só pela parte inferior da coluna de perfuração, enquanto o fluido de perfuração circula pela coluna de perfuração 8 inteira e equipamento de bombeamento. No caso, uma pequena fração das partículas flui pelo furo de sondagem à superfície 13, tal fração pode ser substituída pela corrente de fluido fluindo pela coluna de perfuração
20 8.

Um mecanismo de bomba de jato no bocal de mistura 5 gera um forte fluxo de fluido de perfuração da câmara de mistura 9 ao bocal de mistura 5. O mecanismo de bomba de jato suporta auxiliarmente o fluxo de partículas magnéticas na câmara de mistura 2. Um diâmetro maior do bocal
25 de mistura 5 comparado a um bocal de entrada de fluido de perfuração (entre a entrada 3 e a câmara de mistura 9) resulta em arrasto adequado de fluido de perfuração e das partículas abrasivas magnéticas entrando na câmara de mistura por segunda entrada 4. A interação entre o fluido de perfuração arrastado e as partículas magnéticas contribui para a eficiência da liberação de

partículas da superfície de suporte 15 na câmara de mistura 9 igualmente.

Se provido, o corpo magnético 14 no lado oposto da entrada de partículas abrasivas 4 puxa parte do campo magnético gerado pelo ímã 7 na câmara de mistura 9. Como resultado, a força magnética atraindo as partículas abrasivas magnéticas à superfície de suporte 15 é menos forte para partículas magnéticas que entram na região da entrada de partículas abrasivas 4. Por esse meio, a entrada das partículas abrasivas magnéticas por entrada de partículas abrasivas 4 na câmara de mistura 2 é ademais facilitada. As partículas abrasivas magnéticas têm uma tendência para formar cadeias da ponta inferior da superfície de suporte 15 para o corpo magnético 14 que cruzam pela câmara de mistura 9. Ao mesmo tempo, as partículas nestas cadeias interagem com a corrente de fluido de perfuração passando pela câmara de mistura 9 da entrada 3 ao bocal de mistura 5, e por esse meio estas partículas serão arrastadas por esta corrente.

Em uma concretização preferida, uma ou mais seções de aresta essencialmente axialmente orientadas, relativamente curtas, são providas sobre a superfície de suporte, por meio de que a superfície de suporte se estende além das seções de aresta na direção das seções de aresta. Com isto, uma distribuição mais homogênea das partículas magnéticas através da superfície de suporte é alcançada como também uma melhoria da velocidade de transporte axial das partículas magnéticas através da superfície de suporte.

Ímãs adequados para o sistema de recirculação descrito podem ser feitos de qualquer material altamente magnetizável, incluindo NdFeB, SmCo e AlNiCo-5, ou uma combinação deles.

Preferivelmente, o ímã também tem um conteúdo de energia magnética de pelo menos 140 kJ/m^3 a temperatura ambiente, preferivelmente mais que 300 kJ/m^3 a temperatura ambiente, tal como é o caso com ímãs baseados em NdFeB. Um conteúdo de alta energia permite comprimento de contato axial mais curto da superfície de suporte com a corrente de retorno, e

conseqüentemente um afilamento mais forte da superfície de suporte, que é vantajoso para a taxa de transporte axial. Também, menos energia é requerida para a rotação do ímã.

- 5 A luva 15 e o desvio de fluido de perfuração 1 são feitos normalmente de um material não magnético. Eles são usinados adequadamente de um único pedaço do material a fim de obter ótima resistência mecânica. Super ligas, incluindo ligas de Ni-Cr não magnéticas, resistentes à corrosão, de alta resistência, incluindo uma vendida sob o nome Inconel 718 ou Allvac 718, foram achadas serem particularmente adequadas.
- 10 Outros materiais podem ser usados incluindo BeCu.

Dimensões típicas relativas à ferramenta de escavação são dadas na tabela seguinte.

Nome de peça	Número de referência	Tamanho
Diâmetro exterior de peça de pé	19	73 mm
Comprimento axial de ímã	7	120 mm
Diâmetro exterior de ímã	7	29 mm
Diâmetro na parte inferior de superfície de suporte	15	34 mm
Diâmetro na parte superior de superfície de suporte	15	52 mm

- Como uma alternativa para o ímã cilíndrico 7 na Figura 2, o diâmetro exterior do ímã e o diâmetro interno da parede interior de luva de suporte 15 podem ser feitos para reduzir com altura axial decrescente. Os ímãs menores dos quais o ímã é montado podem ser de uma forma frustocônica para obter uma forma afilada do ímã de separador. A abertura entre o ímã e a parede interior da luva de suporte também pode diminuir, como também a espessura de parede da luva de suporte.

- 20 O fluido de perfuração no jato abrasivo pode conter uma concentração de tipicamente até 10% por volume de partículas abrasivas magnéticas. O ímã é preferivelmente acionado a uma freqüência rotacional excedendo a freqüência rotacional da coluna de perfuração, tal que a

modulação da frequência rotacional de ímã possa modular a taxa de recirculação das partículas abrasivas em uma única rotação da ferramenta de escavação 6. Tipicamente, o ímã pode ser acionado a uma frequência rotacional entre 10 e 40 Hz. A rotação da coluna de perfuração, ou pelo menos a ferramenta de escavação, está tipicamente entre 0,3 e 3 Hz.

Geralmente, em um sistema incluindo meio de transportador para prover partículas abrasivas ao jato abrasivo, a quantidade de partículas abrasivas no jato abrasivo pode ser modulada, modulando a taxa de transporte pelo meio de transportador. Uma vantagem disto é que, diferente de meio de controle eletrônico, nenhum hardware mecânico adicional é requerido para modular a potência erosiva do jato abrasivo. Por exemplo, na ferramenta de escavação descrita acima com o ímã 7 atuando *inter alia* como meio de transportador, o número de partículas abrasivas providas na câmara de mistura é controlável pela frequência rotacional do ímã.

A fim de modular a taxa de transporte, é provido meio de acionamento controlável para acionar o meio de transportador. O meio de acionamento pode ser energizado por sistema de energia de furo de sondagem extraíndo energia da corrente de fluido de perfuração pressurizado e provendo a energia extraída ao meio de transportador. Só uma pequena fração da energia hidráulica presente no fluido circulando pelo furo, tipicamente menos que 5% precisa ser extraída. Assim, o gerador pode ser feito muito menor que, por exemplo, uma turbina de furo descendente ou motor de deslocamento positivo (PDM) que objetiva em converter uma grande fração da energia disponível para acionar uma broca de perfuração convencional.

Um primeiro tipo de sistema de energia de furo de sondagem, do qual um exemplo é mostrado na Figura 4, inclui um gerador elétrico 17 acionável pelo fluxo de fluido de perfuração 20, por exemplo por meio de uma turbina ou uma seção de PDM. A energia elétrica gerada é provida a um motor elétrico 23 que está acoplado ao meio de transportador por um eixo de

saída 18. O motor elétrico 23 pode ser controlado por um sistema de controle eletrônico 22.

5 Mais de um módulo de turbina/gerador pode ser montado em série a fim de converter a energia requerida. Isto pode melhorar a flexibilidade direcional do sistema de energia de furo de sondagem, porque tal abordagem modular pode ser construída mecanicamente menos rígida que uma montagem de turbina não modular com uma potência nominal semelhante.

10 Um segundo tipo alternativo de sistema de energia de furo de sondagem (não mostrado) inclui um motor hidráulico passivo, tal como por exemplo uma turbina ou uma seção de motor de deslocamento positivo (PDM), acionável pelo fluxo de fluido de perfuração, de qual motor hidráulico passivo um eixo de saída é acoplado ao meio de transportador. Meio é provido para controlar a potência no eixo de saída. Tal meio pode ser
15 provido na forma de meio de controle de fluxo controlando o fluxo de fluido de perfuração pelo motor hidráulico passivo, tal como uma válvula ajustável, preferivelmente uma válvula eletronicamente ajustável, em série com o motor hidráulico passivo e/ou em paralelo em um canal de desvio desviando o motor hidráulico passivo. Um possível canal de desvio paralelo é exposto na Patente
20 US 4.396.071.

Alternativamente, um gerador pode ser montado ao redor do eixo de saída e atuar como um freio controlado que é ajustável eletronicamente ajustando a carga no circuito de gerador. A válvula eletronicamente ajustável ou carga pode ser controlada por um sistema de
25 controle eletrônico.

Em ambos o primeiro (exemplo na Figura 4) e segundo tipos de sistema, a potência erosiva do jato abrasivo com o jato abrasivo pode ser modulada pelo sistema de controle eletrônico 22. O sistema de controle eletrônico pode ser arranjado para receber um sinal indicativo da posição da

área de colisão do jato abrasivo ao longo de sua trajetória no fundo do furo 1, que pode então usar para modular a potência erosiva do jato abrasivo em dependência da posição ao longo da trajetória. O sinal pode ser recebido diretamente de um sensor de posição de furo de sondagem localizado na
5 vizinhança da ferramenta de escavação. O sensor de posição pode ser alojado adequadamente junto com o sistema de controle eletrônico 22.

O sistema de controle eletrônico 22 pode incluir um módulo de memória eletrônica que armazena dados incluindo um ou mais de tensão de motor, corrente, frequência rotacional, temperatura e outros dados. Uma
10 seleção destes dados pode ser transmitida à superfície por um sistema de medição enquanto perfurando (MWD) 27, quando provido. Tal sistema de medição enquanto perfurando 27 pode ser conectado eletronicamente ao sistema de controle eletrônico por meio de um conector macho.

O sistema de controle eletrônico pode ser programável, tal que
15 condições selecionadas possam ser mantidas ou alcançadas.

Qualquer componente eletrônico pode ser colocado em uma câmara atmosférica ou uma câmara equilibrada em pressão.

Em ambos o primeiro e segundo tipos de sistema, o eixo de saída e o eixo de acionamento podem ser acoplados por um acoplamento
20 magnético ou um selo giratório no caso que o eixo de saída gira em uma câmara atmosférica ou uma câmara equilibrada em pressão. Uma caixa de engrenagens pode ser provida opcionalmente entre o eixo de saída do motor elétrico e o eixo de acionamento do meio de transportador.

No primeiro tipo de sistema de energia, movimento inverso do
25 meio de transportador pode ser alcançado correndo o motor elétrico em direção inversa.

Mover o meio de transportador em direção inversa tem uma vantagem geral que uma possível sobrecarga tendo recolhida no alcance do meio de transportador, pode ser liberada novamente invertendo a direção de

movimento e esvaziando partículas abrasivas na corrente de retorno novamente. Com isto, entupimento do sistema de recirculação pode ser evitado.

5 No caso de meio de transportador na forma de um ímã, uma sobrecarga pode ocorrer, por exemplo, durante uma paralisação do sistema tal como ocorre durante conectar uma nova junta de tubo de perfuração à coluna de perfuração. Uma possível seqüência para iniciação pode envolver mover contrariamente o meio de transportador durante um primeiro estágio de iniciação enquanto a corrente de retorno está fluindo, comutar o meio de
10 transportador para direção de movimento dianteira ou normal. Vantajosamente, o meio de transportador é comutado para movimento inverso novamente logo antes de terminar uma operação de escavação. Isto pode ser ativado automaticamente por uma queda em vazão, por exemplo.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para fazer um furo em um objeto (2), compreendendo: um meio de jato para gerar um jato abrasivo (10) de uma mistura, cujo jato abrasivo (10) é soprado com uma potência erosiva em colisão com o objeto (2) em uma área de colisão, erodindo o objeto (2) na área de colisão; um meio de varredura para mover a área de colisão ao longo de uma trajetória selecionada no furo; e, um meio de modulação para modular a potência erosiva do jato abrasivo (10) enquanto a área de colisão está sendo movida ao longo da trajetória selecionada, caracterizado de que: o jato abrasivo (10) compreende um fluido e uma quantidade de partículas abrasivas; e, o meio de modulação inclui um meio de controle de modulação arranjado para controlar o meio de modulação de tal modo que a potência erosiva do jato abrasivo (10) é modulada em relação à posição da área de colisão na trajetória selecionada.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio de varredura inclui um meio rotativo para girar o jato abrasivo (10) sobre um eixo rotativo, por meio do que a área de colisão é posicionada fora de eixo com relação ao eixo rotativo.

3. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de incluir um sensor de posição para prover um sinal indicativo da posição da área de colisão na trajetória selecionada.

4. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de incluir um sensor de navegação para prover um sinal indicativo de uma direção sob a qual a fabricação do furo no objeto (2) progride.

5. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o meio de modulação inclui um meio para modular a potência adquirida em energia cinética das partículas abrasivas.

6. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1

ou 2, caracterizado pelo fato de que o meio de modulação inclui um meio de controle de velocidade arranjado para modular a velocidade das partículas abrasivas no jato abrasivo (10).

5 7. Sistema de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o meio de jato inclui um bocal de aceleração através do qual uma queda de pressão é sustentável, por meio do que o meio de controle de velocidade inclui meio de controle de pressão arranjado para modular a queda de pressão.

10 8. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o meio de modulação é arranjado para modular a quantidade de partículas abrasivas na mistura.

15 9. Sistema de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de compreender uma câmara de mistura (9) para misturar o fluido com as partículas abrasivas, e um meio de provisão de partículas abrasivas para prover as partículas abrasivas à câmara de mistura (9), por meio do que o meio de modulação é arranjado para modular a taxa na qual o meio de provisão de partículas abrasivas supre as partículas abrasivas para a câmara de mistura (9), por esse meio modulando a quantidade de partículas abrasivas na mistura.

20 10. Sistema de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o meio de provisão de partículas abrasivas inclui um meio de recirculação arranjado para recircular pelo menos uma parte das partículas abrasivas de uma corrente de retorno da mistura a jusante de colisão com o objeto (2) na câmara de mistura (9), por meio do que o meio de modulação é
25 arranjado para modular pelo menos a taxa de recirculação.

11. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que o meio de provisão de partículas abrasivas inclui um meio transportador arranjado de tal modo que a sua operação induza o transporte das partículas abrasivas, pelo que o meio de

modulação é arranjado para modular pelo menos a taxa de transporte induzida pelo meio de transportador.

12. Sistema de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o meio transportador está na forma de um ímã móvel (7).

5 13. Sistema de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o meio transportador é móvel e seu movimento induz o transporte das partículas abrasivas.

10 14. Sistema de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o meio transportador é acoplado a um sistema de energia de furo descendente controlável para operá-lo.

15 15. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o sistema de energia de furo descendente controlável inclui um gerador de energia elétrica (17) acionável por um fluxo de fluido, um motor elétrico acoplado mecanicamente ao meio transportador para acionar o meio transportador em movimento, por meio do que o motor elétrico é acoplado eletricamente ao gerador de energia elétrica (17) por um sistema de controle eletrônico.

20 16. Método para fazer um furo em um objeto (2), compreendendo as etapas de:

gerar um jato abrasivo (10) contendo um fluido;

soprar o jato abrasivo (10) com uma potência erosiva em colisão com o objeto (2) em uma área de colisão, erodindo assim o objeto (2) na área de colisão;

25 mover a área de colisão ao longo de uma trajetória selecionada no furo; e,

modular a potência erosiva do jato abrasivo (10) enquanto a área de colisão está sendo movida,

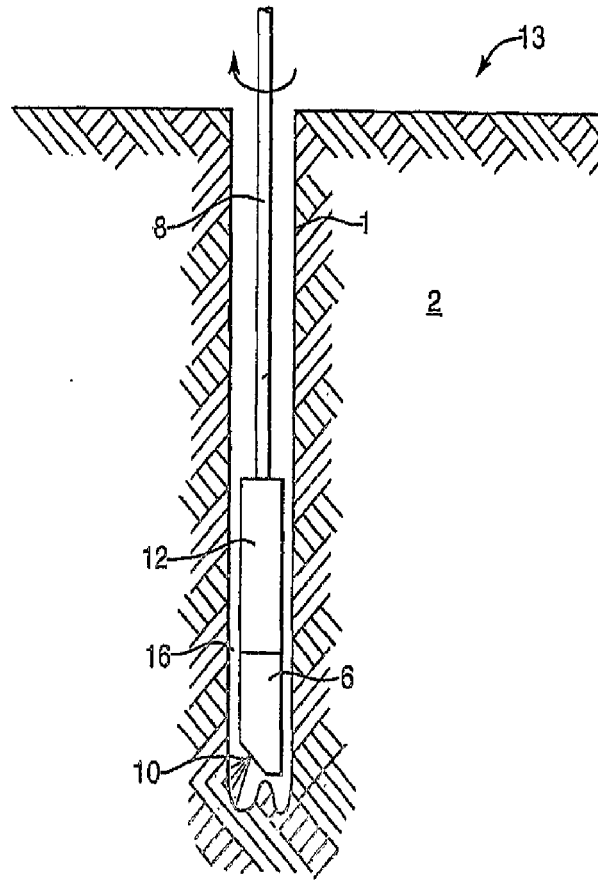
caracterizado pelo fato de compreender ainda a etapa de:

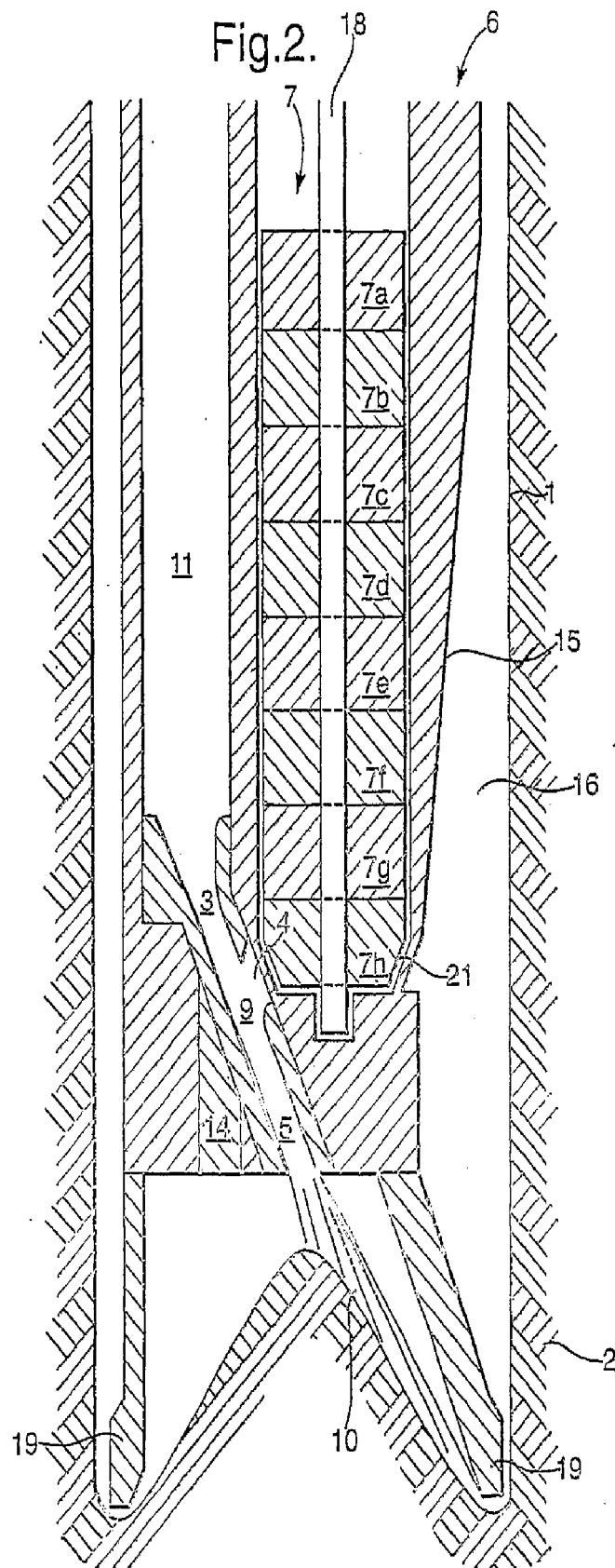
controlar a modulação de tal modo que a potência erosiva do

jato abrasivo (10) é modulada em relação à posição da área de colisão na trajetória selecionada, sendo que o jato abrasivo (10) contém uma mistura contendo o fluido e uma quantidade de partículas abrasivas.

5 17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a etapa de modular a potência erosiva do jato abrasivo (10) inclui modular a potência adquirida em energia cinética das partículas abrasivas.

Fig. 1.





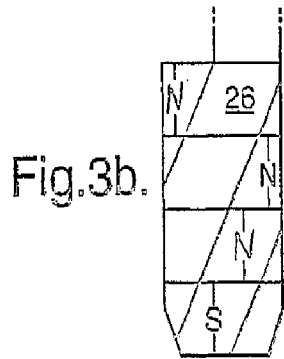
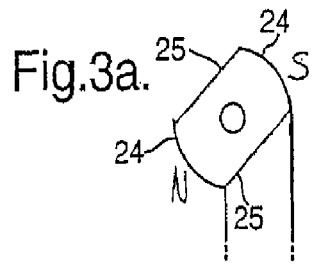


Fig.3c.

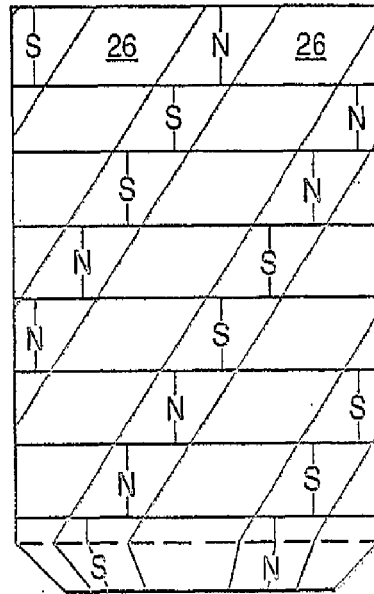
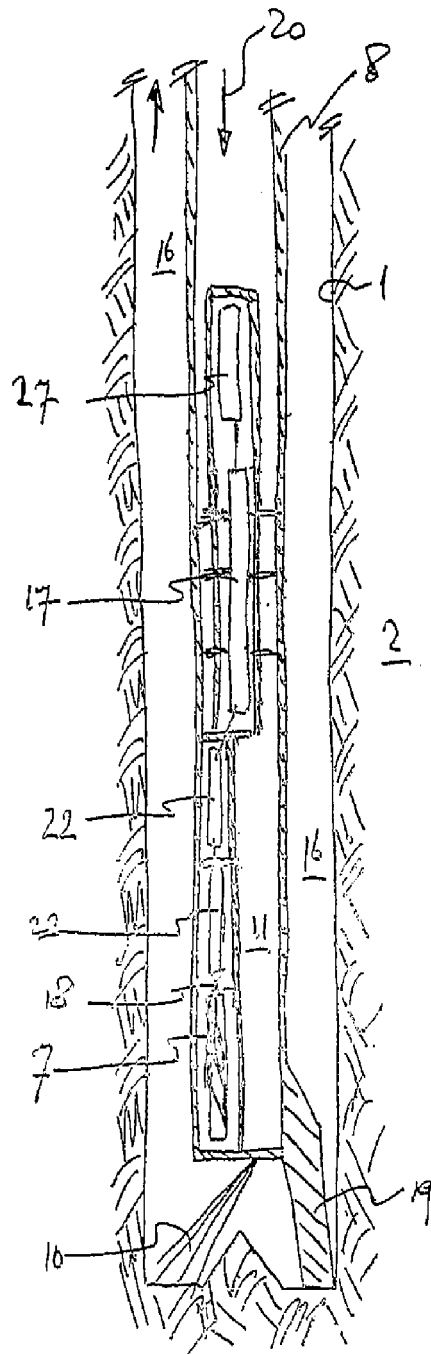


FIG.4



RESUMO

“SISTEMA E MÉTODO PARA FAZER UM FURO EM UM OBJETO”

Sistema e método para fazer um furo (1) em um objeto, o sistema incluindo meio de jato para gerar um jato abrasivo (10) formado de uma mistura de um fluido e partículas abrasivas, e para soprar o jato abrasivo com uma potência erosiva em colisão com o objeto em uma área de colisão, por esse meio erodindo o objeto na área de colisão. O sistema ademais inclui meio giratório para mover a área de colisão ao longo de uma trajetória circular selecionada no furo (1) sobre sua circunferência, e meio de modulação para modular a potência erosiva do jato abrasivo (10) enquanto a área de colisão está sendo movida ao longo da trajetória selecionada.