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

(11) PI 1016019-1 B1

BRPI1016019B1

(22) Data do Depósito: 20/07/2010

(45) Data de Concessão: 10/12/2019

(54) Título: HASTE DE PERFURAÇÃO E GAXETA DE PERFURAÇÃO CORRESPONDENTE.

(51) Int.Cl.: E21B 17/00; E21B 47/00; E21B 47/01.

(30) Prioridade Unionista: 20/07/2009 FR 0903560.

(73) Titular(es): VAM DRILLING FRANCE; ASSOCIATION POUR LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT DE METHODES ET PROCESSUS INDUSTRIELS.

(72) Inventor(es): JEAN BOULET; STÉPHANE MENAND.

(86) Pedido PCT: PCT FR2010000521 de 20/07/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/010016 de 27/01/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/12/2011

(57) Resumo: HASTE DE PERFURAÇÃO E GAXETA DE PERFURAÇÃO CORRESPONDENTE A presente invenção refere-se a uma haste de perfuração de uma gaxeta (30) de perfuração, para a perfuração de um orifício, a gaxeta de perfuração compreendendo um trem de hastes de perfuração (32) e um conjÚnto de fundo de orifício (31), essa haste (1) compreendendo uma primeira extremidade (9) que compreende uma filetagem fêmea e que tem uma primeira inércia, uma segunda extremidade (1 O) compreendendo uma filetagem macho e tendo uma segunda inércia, uma primeira zona intermediária (4) próxima da primeira extremidade e tendo uma terceira inércia, uma segunda zona intermediária (5) próxima da segunda extremidade e tendo uma quarta inércia, uma zona central (8) sensivelmente tabular de diâmetro externo inferior ao diâmetro externo máximo de pelo menos a primeira e a segunda ex- tremidade e tendo uma quinta inércia, a terceira e a quarta inércias sendo, cada uma, inferior à primeira e à segunda inércias, e a quinta inércia sendo inferior à terceira e à quarta inércias, e uma caixa (11) fixada na haste sobre uma parte da superfície externa desta, pelo menos um captador (15) de grandeza física disposto na caixa (11), e pelo menos um elemento de transmissão/armazenagem de dados ligado a uma saída do captador, a caixa (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"HASTE DE PERFURAÇÃO E GAXETA DE PERFURAÇÃO CORRESPONDENTE".**

A presente invenção refere-se ao domínio da pesquisa e da exploração de jazidas petrolíferas ou gasistas, nos quais se utilizam trens de hastes de perfuração rotativos constituídos de componentes tubulares, tais como hastes de perfuração padrão e eventualmente pesadas e outros elementos tubulares, notadamente massa – hastes no nível do conjunto de fundo de orifício, ligados ponta a ponta, conforme as necessidades da perfuração. A invenção se refere mais particularmente a um elemento perfilado para um equipamento de perfuração, rotativo ou não rotativo, tal como uma haste ou uma haste pesado, disposto no corpo de um trem de haste de perfuração.

Essas gaxetas podem permitir, em particular, realizar perfurações desviadas, isto é, perfurações, das quais se pode fazer variar a inclinação em relação à vertical ou a direção em azimute, durante a perfuração. As perfurações desviadas podem atualmente atingir profundidades da ordem de 6 a 6 km e deslocamentos horizontais da ordem de 2 a 14 km.

No caso de perfurações desviadas desse gênero, comportando trechos praticamente horizontais, os binários de atrito devidos à rotação dos trens de hastes no poço podem atingir valores muito elevados no decorrer da perfuração. Os binários de atrito podem colocar em questionamento os equipamentos utilizados ou os objetivos da perfuração. Além disso, a subida de dejetos produzidos pela perfuração é muito frequentemente difícil, considerando-se a sedimentação dos restos produzidos no orifício de perfuração, em particular na parte muito inclinada em relação à vertical, a solicitação mecânica dos componentes tubulares é então aumentada.

Para melhor apreender os acontecimentos que ocorrem no fundo do orifício, os conjuntos de fundo de orifício, nas proximidades da broca podem ser munidos de instrumentos de medida. Todavia, o conhecimento do que se passa no trem de hastes, isto é, entre o conjunto de fundo de orifício e a superfície permanece muito incompleta, tornando a otimização da construção da gaxeta de perfuração e do processo de perfuração problemática.

A invenção vem melhorar a situação.

Uma haste de perfuração é prevista para ser montada em um trem de hastes de uma gaxeta de perfuração para a perfuração de um orifício, em geral com circulação de um fluido de perfuração em torno dessa haste e em um sentido que vai de um fundo de orifício de perfuração para a superfície. A gaxeta de perfuração compreende um trem de hastes de perfuração e um conjunto de fundo de orifício. A haste compreende uma primeira extremidade que compreende uma filetagem fêmea e tendo uma primeira inércia, uma segunda extremidade compreendendo uma filetagem macho e tendo uma segunda inércia, uma primeira zona intermediária próxima da primeira extremidade e tendo uma terceira inércia, uma segunda zona intermediária próxima da segunda extremidade e tendo uma quarta inércia, e uma zona central sensivelmente tubular de diâmetro externo inferior ao diâmetro externo máximo de pelo menos a primeira ou a segunda extremidade e tendo uma quinta inércia. A terceira e a quarta inércias sendo, cada uma, inferior à primeira e à segunda inércias e a quinta inércia é inferior à terceira e à quarta inércias. A haste compreende uma caixa fixada na haste sobre uma parte da superfície externa desta, pelo menos um captador de grandeza física disposto na caixa, e pelo menos um elemento de transmissão / armazenagem de dados ligados a uma saída do captador, a caixa estando à distância da primeira e da segunda extremidades, a caixa sendo monobloco com a zona central a distância da primeira e da segunda zonas intermediárias e possuindo uma inércia inferior à primeira e à segunda inércias.

Uma gaxeta de perfuração pode compreender um trem de hastes, um conjunto de fundo de orifício e uma broca, o conjunto de fundo de orifício sendo conectado à broca, o trem de hastes sendo disposto entre o conjunto de fundo de orifício e um elemento de acionamento do trem de hastes na superfície, o trem de hastes compreendendo uma pluralidade de hastes descritas acima. Essas hastes são montadas em locais escolhidos segundo as indicações de um modelo de cálculo do comportamento mecânico das gaxetas de perfuração.

A presente invenção será melhor compreendida com a leitura da descrição detalhada de alguns modos de realização considerados a título de

exemplos de modo nenhum limitativos e ilustrados pelos desenhos anexados, nos quais:

- a figura 1 representa uma vista em corte axial de uma haste de perfuração instrumentada;

- as figuras 1A a 1C representam vistas em corte transversal da haste de perfuração da figura 1 em um trecho de extremidade, em uma zona intermediária e em um trecho central;

- a figura 2 representa uma vista em corte segundo um plano radial da haste de perfuração da figura 1;

- a figura 3 representa uma vista em corte segundo um plano radial de um outro modo de realização da haste de perfuração da figura 1;

- a figura 4 representa uma vista em corte axial de uma haste de perfuração instrumentada;

- a figura 5 representa uma vista em corte axial de uma haste de perfuração instrumentada;

- a figura 6 representa uma vista em corte axial de uma haste de perfuração instrumentada;

- a figura 7 representa uma vista de detalhe em corte axial de uma haste de perfuração do tipo das figuras 1 ou 4 a 6;

- a figura 8 representa uma vista parcial em projeção de uma haste com várias caixas;

- a figura 9 representa uma vista em corte segundo IX-IX da figura 8;

-a figura 10 representa uma vista segundo X-X da figura 8;

- as figuras 11 e 12 representam vistas esquemáticas de gaxetas de perfuração, compreendendo hastes instrumentadas, dispostas em duas profundidades distintas;

- a figura 13 representa um esquema de um processo de determinação da posição ótima das hastes instrumentadas em um trem de hastes;

- a figura 14 representa um esquema de um processo de aferição de um modelo de estimativa das cargas mecânicas em um trem de has-

tes;

- a figura 15 dá duas curvas de parâmetros estimados a partir de medidas discretas em função da fileira das hastes;

- a figura 16 representa um esquema de um processo de aferição de um modelo de avaliação do desempenho mecânico de um trem de hastes;

- a figura 17 dá duas curvas de parâmetros estimados a partir de medidas discretas em função da profundidade;

- a figura 18 representa uma vista em corte segundo um plano radial de outro modo de realização da haste de perfuração da figura 1;

- as figuras 19 a 22 são vistas em corte transversal da haste de perfuração da figura 18 em um trecho de extremidade, em uma zona intermediária e em um trecho de extremidade;

- a figura 23 representa uma vista em detalhes da figura 18;

- a figura 24 representa uma vista em detalhes da figura 20;

- a figura 25 representa uma variante detalhada da figura 18;

- a figura 26 representa uma variante da figura 18;

- a figura 27 representa uma curva de esforço de flexão em função da posição sobre o eixo da haste, para vários estados de carregamento; e

- a figura 28 representa uma vista em corte axial de uma haste de perfuração.

Os desenhos contêm elementos de caráter determinado. Eles poderão, portanto, não somente servir para fazer compreender melhor a presente invenção, mas também contribuir para sua definição, se for o caso.

Quando da escavação de um poço, um mastro de perfuração é disposto em terra ou sobre uma plataforma no mar para perfurar um orifício nas camadas do solo. Uma gaxeta de perfuração fica suspensa no orifício e compreende um instrumento de perfuração tal como uma broca em sua extremidade inferior. A gaxeta de perfuração pode ser acionada em rotação em seu conjunto por um mecanismo de acionamento, acionado por meios não representados, por exemplo, hidráulicos. O mecanismo de acionamento po-

de então compreender uma haste de acionamento na extremidade superior da gaxeta de perfuração. Um fluido ou lâmina de perfuração é armazenado em um reservatório. Uma bomba com lama envia fluido de perfuração ao interior da gaxeta de perfuração pelo orifício central da cabeça de injeção, forçando o fluido de perfuração a escoar para baixo através da gaxeta de perfuração. O fluido de perfuração sai em seguida da gaxeta de perfuração por canais da broca, depois sobe no espaço de forma geral anular formado entre o exterior da gaxeta de perfuração e a parede do orifício.

O fluido de perfuração lubrifica o instrumento de perfuração eleva os restos de escavação liberados pela broca do fundo do orifício até à superfície. O fluido de perfuração é em seguida filtrado para poder ser reutilizado.

O conjunto de fundo do orifício pode compreender massa – hastes de perfuração, assegurando por sua massa ou apoio da broca contra o fundo do orifício. O conjunto de fundo de orifício pode também compreender componentes (MWD, LWD, subs ...) munidos de captadores de medida, por exemplo, de pressão, de temperatura, de esforço, de inclinação, de resistividade, etc. Sinais provenientes dos captadores podem ser subidos na superfície por um sistema de telemetria em forma de cabo. Uma pluralidade de acopladores eletromagnéticos pode ser interconectado a interior da gaxeta de perfuração para formar um ele de comunicação. Pode-se fazer referência às patentes US 6670880 ou US 6641434, por exemplo. As duas extremidades de um componente de perfuração são equipadas com acopladores de comunicação. Os dois acopladores do componente são ligados por um cabo, sensivelmente sobre a extensão do componente.

Tendo feito pesquisas sobre o comportamento mecânico das hastes de perfuração, como, por exemplo, o dano por fadiga das hastes de perfuração, o chamuscamento das hastes de perfuração nas trajetórias muito desviadas, os contatos de atrito entre as tubulações e as hastes de perfuração, os fenômenos vibratórios, etc., a Requerente percebeu que um controle preciso de parâmetros físicos ao longo do trem de hastes permite validar modelizações físicas, notadamente mecânicas e hidráulicas. Resulta daí

uma melhoria do desenrolar da perfuração de um ponto de vista dos desempenhos técnicos, da segurança operacional e do custo. Resulta daí assim uma maior capacidade de perfurar em profundidade e à grande distância horizontal da trajetória de perfuração.

Quando da perfuração de poços muito desviados (forte inclinação), os atritos gerados entre as hastes de perfuração e a parede do orifício são muito importantes, gerando uma compressão nas hastes de perfuração. Essa compressão está na origem de fenômenos de chamuscamento que podem então causar o cisalhamento do conjunto do trem de haste de perfuração no poço, até mesmo acarretar uma ruptura das hastes de perfuração. O chamuscamento das hastes de perfuração associado a rotação destas acarretam, com efeito dos fenômenos de fadiga. Nos dois casos, seguem-se perdas de produtividade na perfuração, até mesmo a impossibilidade de chegar ao reservatório petrolífero.

As técnicas atuais não fornecem dados físicos no nível de trem de hastes. A requerente desenvolveu um dispositivo, visando melhorar o conhecimento do estado do trem de hastes e/ou de seu ambiente. Numerosos parâmetros têm uma influência sobre os esforços sofridos pelo trem de hastes, notadamente a pressão da lama no interior e no exterior das hastes, a temperatura, o atrito das hastes contra as paredes do poço, o binário de rotação exercido, a deformação das hastes, as vibrações, etc. A duração de manobra (subida completa da gaxeta de perfuração, depois descida de novo desta) no decorrer da escavação do orifício pode ser diminuída, o que se mostra particularmente interessante em termos de redução da duração da etapa de escavação, daí uma economia considerável. Lembrar-se-á em relação a isso a subida completa da gaxeta de perfuração seguida de sua descida de novo é uma operação longa da ordem de uma semijornada a uma jornada de trabalho, segundo a profundidade do orifício. A redução da duração de escavação é, portanto, um fator importante de produtividade.

A requerente constatou também um melhor controle da subida dos restos de perfuração, uma melhor margem de segurança em sobre tração e em sobre torção, uma boa manutenção da integridade mecânica das

conexões filetadas, uma diminuição do desgaste por abrasão da parede interna do poço de perfuração e uma diminuição dos riscos de cisalhamento da gaxeta de perfuração, quando de uma manobra de subida.

No trem de hastes, uma haste de perfuração pode compreender elementos filetados e um tubo soldados ponta a ponta. A soldagem do tubo no elemento pode ser feita por atrito. Esse elemento pode ser usinado a partir de uma peça curta de diâmetro maior, enquanto que o tubo pode ser de diâmetro menor, daí uma redução muito grande da massa de metal a usinar e da quantidade de dejetos na usinagem. Esse elemento pode apresentar um comprimento da ordem de 0,2 a 1,5 metros. A gaxeta de perfuração pode também compreender além das hastes, hastes pesadas, massas – hastes, estabilizadores, etc.

Pelo menos uma haste de perfuração compreende uma caixa equipada com captadores de medida. A caixa pode ser equipada com pelo menos um captador de temperatura, um captador de deformações (ou régua de esforços), um captador de pressão, um acelerômetro, um magnetômetro, etc. A régua de esforços é capaz de medir os diversos componentes do teor de deformações e de esforços (tensões e cisalhamentos) e determinar os esforços axiais, circunferenciais, de torção ou de flexão e as deformações, notadamente o chamuscamento. O acelerômetro permite, se for orientado em um plano normal ao eixo da haste, medir uma aceleração lateral e as vibrações sofridas pela haste. O acelerômetro permite, se orientado no eixo da haste, medir uma aceleração axial e a inclinação da haste. O magnetômetro (captador de direção e de intensidade do campo magnético) permite conhecer a orientação angular da haste instrumentada face o campo magnético terrestre e a velocidade de rotação da haste.

Em um modo de realização, o trem de haste compreende pelo menos uma haste, segundo o pedido de patente FR 2851608 e/ou segundo o pedido de patente FR 2927936 às quais o leitor é convidado a se reportar.

Os componentes da gaxeta de perfuração são realizados sob a forma tubular e são ligados entre si ponta a ponta, de maneira que seus canais centrais se achem no prolongamento um do outro e constituem um es-

paço central contínuo de circulação de um fluido de perfuração de cima embaixo entre a superfície a partir da qual se realiza a perfuração até o fundo do orifício onde trabalha o instrumento de perfuração. O fluido ou lama de perfuração sob em seguida em um espaço anular delimitado entre a parede do orifício de perfuração e a superfície externa da gaxeta de perfuração.

O fluido de perfuração, no decorrer de sua subida ao exterior da haste de perfuração, arrasta os restos das formações geológicas atravessadas pelo instrumento de perfuração em direção à superfície a partir da qual se realiza a perfuração. A gaxeta de perfuração é concebe de maneira a facilitar a circulação ascendente do fluido de perfuração no espaço anular entre a gaxeta e a parede do poço. Procura-se arrastar os restos de perfuração de maneira eficaz e produzir uma varredura da parede do orifício de perfuração e as superfícies de apoio da gaxeta para facilitar a progressão da gaxeta de perfuração no interior do orifício.

As características de uma gaxeta de perfuração contribuem para as propriedades fundamentais de qualidade, de desempenho e de segurança do processo geral de perfuração, quer seja durante as fases de escavação propriamente ditas ou durante as fases de manobra entre o fundo a superfície. As evoluções da pesquisa dos hidrocarbonetos exigem a realização de perfis de trajetória cada vez mais complexa e em condições geológicas cada vez mais extremas. Pesquisam-se atualmente hidrocarbonetos a profundidades comumente superiores a quatro quilômetros e a distâncias à horizontal em relação a instalação fixa que pode ultrapassar uma dezena de quilômetros.

A requerente se deu conta que as características notadamente geológicas, mecânicas e hidráulicas na região do trem de hastes eram mal conhecidas. O conjunto de fundo de orifício pode ser equipado com captadores para fornecer dados relativos aos acontecimentos que ocorrem no fundo do orifício. O documento US 2005/0279532 descreve o princípio de uma gaxeta de perfuração com captadores distribuídos. Todavia, a disposição precisa de um captador e de uma haste de perfuração permanece ignorada.

O documento WO 2005/086691 menciona um captador montado

na extremidade da haste em uma zona muito espessa e, por outro lado, um captador alojado em um elemento de cobertura. A zona muito espessa, de inércia forte, e, portanto, pouco sensível à flexão e à torção, não permite uma detecção precisa dos esforços correspondentes. O elemento de cobertura se mostra frágil tanto fora do orifício de perfuração quanto dentro.

Ora, a constituição de uma haste de perfuração deve responder à exigências elevadas e frequentemente contraditórias de espessura, de rigidez em tração, em chamuscamento e em torção, de resistência à fadiga, à pressão interna e à pressão externa, de desmontabilidade (desaparafusação), de estanqueidade das conexões, de diâmetro externo, de perda de carga hidráulica tanto no interior quanto no exterior, de colocação em movimento das lamas lado externo, de pouco atrito sobre as paredes do poço, de resistência a compostos químicos agressivos, tal como H_2S, de transmissão de dados, etc. A isto se acrescenta o fato de dispor pelo menos um captador ao mesmo tempo protegido mecanicamente, hidraulicamente e quimicamente e exposto ao fenômeno para a medida da qual esse captador é concebido.

A requerente desenvolveu uma haste de perfuração melhorado munida de pelo menos um captador que permite, entre outros, medir o comportamento em chamuscamento da haste e das hastes dos ambientes. Denomina-se modelo de cálculo o modelo de cálculo do comportamento mecânico das gaxetas de perfuração.

Conforme se pode ver na figura 1, a haste 1 apresenta uma forma geral de revolução em torno de um eixo 2 que constitui sensivelmente o eixo da perfuração, quando a haste de um trem de hastes de perfuração está em posição de serviço no interior de um orifício de perfuração realizado por um instrumento, tal como uma broca disposta na extremidade da gaxeta de perfuração. O eixo 2 é o eixo de rotação do trem de hastes. A haste 1 apresenta uma forma tubular, um canal 3 de forma sensivelmente cilíndrica de revolução sendo aberto na parte central da haste 1.

Os componentes da gaxeta de perfuração, notadamente as hastes do trem de haste de perfuração, são realizados sob a forma tubular e são

ligados entre si ponta a ponta, de maneira que seus canais centrais 3 se acham no prolongamento um do outro e constitui um espaço central contínuo de circulação de um fluido de perfuração de cima embaixo, entre a superfície a partir da qual se realiza a perfuração até o fundo do orifício de perfuração onde trabalha a ferramenta de perfuração. O fluido ou lama de perfuração sob em seguida em um espaço anular delimitado entre a parede do orifício de perfuração e a superfície externa do trem de haste. Uma gaxeta de perfuração pode compreender hastes, hastes pesadas, massas – hastes, estabilizadores ou ainda conexões. O termo de haste de perfuração ou ainda haste no caso empregado designa, salvo menção contrária, tanto as hastes de perfuração, quanto as hastes pesadas ("heavy weight drill pipe" em língua inglesa) geralmente situadas entre o trem de hastes de perfuração e o conjunto do fundo do orifício ("bottom hole assembly" em língua inglesa). As hastes são ligadas ponta a ponta por parafusação em um trem de hastes que constituem uma parte importante do comprimento da gaxeta de perfuração.

A requerente se deu conta que as grandezas físicas ao longo do trem de hastes de perfuração, isto é, entre a superfície e o conjunto de fundo de orifício, apresentavam uma grande importância. Importa medi-las e explorar essas medidas. Com efeito, o trem de hastes se atrita em rotação e em translação contra a parede do orifício perfurado. O atrito provoca um desgaste lento, mas, contudo, significativo dos compostos do trem de hastes e um desgaste relativamente rápido das paredes do orifício perfurado ou da tubulação já instalada que pode recolocar em causa a integridade mecânica da tubulação e, portanto, acarretar um problema de estabilidade das paredes do poço. O atrito entre as hastes do orifício perfurado pode acarretar cisalhamentos de haste (keyscat) prejudicial para a operação de perfuração. A invenção permite uma redução desses riscos.

A haste 1 pode ser realizada em aço de elevada resistência mecânica, sob a forma de monobloco de origem ou obtida por trechos, depois soldados juntos. Mas particularmente, a haste perfilada 1 pode compreender dois trechos perfilados de extremidade 6 e 7 relativamente curtos (compri-

mento inferior a um metro, por exemplo, próximo de 0,50 m), cf figura 1A, formando conectores de ligação de hastes ditos "tool-joints", duas zonas intermediárias 4, 5, de comprimento inferior a um metro, por exemplo, próximo de 0,50 m, cf figura 1B, e um trecho central 8 tubular de comprimento, podendo ultrapassar 10 metros, conforme a figura 1C, soldados juntos. O trecho central 8 pode apresentar um diâmetro externo sensivelmente menor do que os trechos de extremidades (por exemplo, respectivamente 149,2 mm e 184,2 mm) e um diâmetro interno sensivelmente maior que os trechos de extremidade (por exemplo, respectivamente 120,7 e 111,1 mm). Desse modo, a inércia (ou momento quadrático) dos trechos de extremidade 6, 7 em relação ao eixo da haste pode ser muito maior (por exemplo, 3 a 6 vezes maior) que aquela do trecho central 8. A fabricação do trecho central 8 longo à parte dos trechos de extremidade 3,7 curtos permite reduzir significativamente a quantidade de dejetos, notadamente de cavacos na usinagem. Obtém-se desse modo um rendimento de matéria consideravelmente mais elevado. O trecho central 8 pode se apresentar sob a forma da parte central de um tubo de perfuração sensivelmente constante e de diâmetro externo sensivelmente constante (diâmetro nominal da haste de perfuração), com uma super espessura nas extremidades para os trechos 6 e 7 obtida por diminuição do diâmetro interno ("internal upset" em língua inglesa) para facilitar a ligação por soldagem nesses trechos 6 e 7. As zonas intermediárias 4 e 5 compreendem essas extremidades super espessas e ligam os trechos 6 e 7 ao trecho central 8. As zonas intermediárias têm inércias em relação ao eixo da haste 1 inferiores às inércias dos trechos 6 e 7 são superiores à inércia do trecho central 8.

De forma geral, a descrição que se segue é dada da extremidade livre do trecho 6 à extremidade livre do trecho 7. O trecho 6 (ou tool-joint fêmea) compreende uma parte de conexão fêmea 9 de superfície externa anular cilíndrica, comportando uma perfuração provida de uma filetagem fêmea 9a visando a conexão a uma filetagem macho de uma outra haste 1. A parte de conexão 9 pode ser segundo a especificação API 7 ou segundo a patente US 6153840 ou US 7210710 aos quais o leitor é convidado a se re-

ferir. A parte de conexão 9 constitui a extremidade livre do trecho de extremidade 6. O trecho 7 (tool-joint macho) compreende uma parte de conexão macho 10 de superfície externa anular cilíndrica, comportando uma filetagem macho 10a, visando a conexão a uma filetagem fêmea de uma outra haste 1. A filetagem macho 10a está em concordância de forma com a filetagem de uma outra haste. A parte de conexão 10 constitui a extremidade livre do trecho de extremidade 7.

No modo de realização da figura 1, a haste 1 compreende uma caixa 11 disposta em torno do trecho central 8 sensivelmente à meia – distância entre os trechos 6 e 7. A caixa 11 pode ser disposta a uma distância dos trechos 6 e 7 superior ou igual ao comprimento desses trechos 6, 7 preferencialmente a uma distância das zonas intermediárias 4 e 5 superior ou igual ao comprimento desse trechos 6, 7. A caixa 11 pode estar a uma distância da primeira e da segunda zonas intermediárias 4, 5 compreendida entre 40 e 60% da distância entre a primeira zona intermediária 4 e a segunda zona intermediária 5.

A caixa 11 apresenta uma forma externa exterior sensivelmente anular. A caixa 11 apresenta no caso uma superfície externa cilíndrica de revolução 11a concêntrica com o eixo central 8 ligando-se a superfície sensivelmente troncônica a montante 11b e uma superfície sensivelmente troncônica a jusante 11c, formando um perfil em comprimento limitando as perdas de carga ao escoamento do fluido de perfuração carregado em restos de perfuração em torno da haste (no anular entre a parede do orifício é a haste). O ângulo da geratriz dessas superfícies troncônicas 11b, 11c pode assim ser inferior ou igual a 30°. As superfícies sensivelmente troncônicas a montante 11b e a jusante 11c apresentam molduras de ligação às superfícies cilíndricas adjacentes (raio dessas molduras preferencialmente superior a 10 mm). A superfície externa 11a apresenta um diâmetro externo inferior ou igual ao diâmetro externo dos trechos de extremidade 6, 7. Mais precisamente, para considerar imperfeições de redondeza da caixa 11 e dos trechos de extremidade 6, 7, a superfície externa 11a pode ser inscrita em um circulo, cujo diâmetro externo máximo é inferior ou igual ao diâmetro máximo

dos trechos de extremidade 6, 7.

A caixa 11 pode compreender um corpo 12, também denominado base, e uma ou várias tampas 13. O corpo 12 forma uma bossagem em relação ao trecho central 8. O corpo 12 apresenta uma superfície externa tangente com a superfície externa do trecho central 8. O corpo 12 é preferencialmente monobloco com o trecho central 8, por exemplo, oriundo de forja ("external upset" em língua inglesa) ou de usinagem, de maneira notadamente que o corpo 12 seja submetido aos mesmos esforços que o trecho central 8. O corpo 12 e a tampa 13 delimitam um alojamento 14, no caso de forma sensivelmente paralelepipédica. A caixa 11 possui um diâmetro externo inferior ao diâmetro máximo da haste de forma a ser protegida da abrasão pelas paredes do orifício e um comprimento o mais curto possível, inferior a 200 mm, por exemplo, da ordem de 150 mm, para perturbar no mínimo as características hidráulicas do trecho central 8 e as soluções sofridas por este. O diâmetro externo da caixa 11 é vantajosamente escolhido para que a inércia da caixa 11 em relação ao eixo não seja muito superior aquela do trecho central próximo, por exemplo, compreendida entre 100 e 200%, e preferencialmente entre 130 e 180%, da inércia do trecho central. É também preferível que a inércia em relação ao eixo da caixa 11 seja inferior ou igual aquela das zonas intermediárias 4 e 5. A tampa 13 pode se apresentar sob a forma de uma placa com superfície externa arqueada convexa em corte transversal, cf figura 2, em concordância de forma com a superfície externa do corpo 12, e com superfície interna plana ou côncava. A tampa 13 pode obturar, de forma estanque aos líquidos de alojamento 14, aí compreendidos às fortes pressões de serviços encontradas quando de uma perfuração de hidrocarbonetos ou gel térmica, por meio, por exemplo, de uma junta de estanqueidade periférica em material sintético do gênero elastômero. A fixação da tampa 13 pode ser assegurada por parafusos. O rebordo da tampa 13 está em contato com o corpo 12 pode ser munido de pelo menos um friso ou ranhura, formando uma chicana que melhora a estanqueidade.

A haste 1 compreende pelo menos um captador 15 disposto no alojamento 14, por exemplo, conforme aqui parafusado em um orifício limite

regulado aberto no fundo do alojamento 14 e fazendo parte do alojamento. Vantajosamente, esse orifício limite tem uma profundidade tal que a espessura de matéria sob esse orifício limite (entre o fundo do orifício limite e a perfuração 3), seja pelo menos igual àquela da parte comum do trecho central 8 para não afetar a integridade mecânica da haste. Em outros termos, a espessura de matéria da caixa entre o captador 15 e uma perfuração 3 da haste é superior ou igual à espessura da zona central 8 da haste. O captador 15 pode, como variante, ser fixado no corpo 12 por qualquer outro meio, por exemplo, por colagem sobre uma parte plana do fundo do alojamento 14 (a espessura de matéria é então a considerar entre essa parte plana e perfuração 3). A haste 1 pode compreender uma fonte de energia elétrica 16 disposta no alojamento 14. A fonte de energia elétrica 16 ou alimentação pode compreender uma pilha ou uma bateria, por exemplo, disposta em um alojamento cilíndrico de revolução 17. Esse alojamento é cilíndrico de revolução 17 pode ser obturado por um bujão filetado 18 distinto da tampa 13 e cooperando com uma filetagem fêmea disposta na parede do corpo 12. Um cabo de alimentação 19 liga a fonte de energia elétrica 16 e o captador 15. O alojamento 14 pode também compreender uma eletrônica de tratamento dos sinais oriundos do captador 15, notadamente para numerar esses sinais.

Uma memória 20 pode ser disposta no alojamento 14, ligada ao captador 15 e parte de um cartão memória. Alternativamente ou além da memória 20, a haste 1 pode ser munida de uma ligação de comunicação à distância, a fim de que os operadores possam dispor dados provenientes do captador 15 em tempo real, ou em muito ligeiro diferido segundo a vazão da ligação. A ligação de comunicação à distância pode ser filar na haste 1, por exemplo, por um cabo de comunicação 21, e eletromagnético entre suas hastes. Pode-se se reportar ao documento US 6 670 880, US 6 641 434, US 6 516 506 ou ainda US 2005/115717 para o acoplamento de comunicação entre duas hastes próximas. Outros tipos de acoplamento podem também ser utilizados (contato direto, por antena ...).

O captador 15 pode ser um captador de temperatura, por exemplo, em uma faixa que pode ir até 350 °C. O captador 15 pode ser associado

a um filtro não representado para transmitir dados de temperatura além de um limite pré-regulado.

O captador 15 pode ser um captador de direção e de intensidade do campo magnético. O magnetômetro permite então conhecer a orientação angular da haste instrumentada face o campo magnético terrestre. Pode também permitir medir a velocidade de rotação efetivo da haste e por esse meio de detectar problemas de vibração de torção ("stick slip").

O captador 15 pode ser um captador de pressão, por exemplo, em uma faixa que pode ir até um valor compreendido entre $35*10^6$ Pa (sensivelmente 5100 psi) e $25*10^7$ Pa (sensivelmente 36300 psi). O captador de pressão pode apresentar um elemento que desemboca no canal 3 para medir uma pressão interna. O captador de pressão pode apresentar um elemento que desemboca no exterior da caixa 11 para medir uma pressão externa no anular entre a parede do orifício perfurado e haste de perfuração. Dois captadores de pressão podem ser dispostos no alojamento 14. Eles permitem notadamente então medir as perdas de carga do fluido de perfuração e detectar, em caso de grandes perdas de carga, um fenômeno de colagem entre a haste e a parede de poço e o início desse fenômeno.

O captador 15 pode ser um captador de aceleração (acelerômetro), por exemplo, na faixa de 0 a 100 ms^{-2}. O captador de aceleração pode detectar acelerações de frequência elevada, por exemplo, até 1000 Hz. A medida das acelerações por acelerômetros dispostos axialmente, tangencialmente e lateralmente, permite medir as vibrações axiais, de torção e laterais. Um acelerômetro axial permite, além disso, uma medida indireta da inclinação e um acelerômetro tangencial uma medida indireta da velocidade de rotação da haste. Portanto, é interessante instalar captadores 15 para medir os acelerômetros nessas diversas direções.

O captador 15 pode ser um captador de deformações (ou régua de esforços), permitindo medir componentes geométricos de torção, flexão, tensão, compressão, alongamento, cisalhamento, etc. e medir componentes do tensor de esforço, notadamente de tensão e cisalhamento, e determinar os esforços axiais, circunferências, de torção ou de flexão e as deformações,

notadamente o chamuscamento.

Em uma variante não representada do modo de realização da figura 1, a haste 1 é semelhante ao modo de realização precedente e isto aproximadamente da caixa 11 que é disposta defasada em relação ao meio da haste (plano situado à meia distância entre as zonas intermediárias 4 e 5), por exemplo, a uma distância que pode ir até da ordem de 3 metros em relação ao meio, mas preferencialmente até uma distância da ordem de um metro desse meio.

No modo de realização ilustrado na figura 3, a caixa é semelhante àquela do modo de realização ilustrado na figura 2, e isto aproximadamente da tampa 13 que se apresenta sob a forma de pelo menos um bujão munido de uma filetagem macho sobre sua superfície externa prevista para cooperar com uma filetagem fêmea correspondente disposta no corpo 12. A tampa 13 pode ser munida de um elemento de arrastamento, por exemplo, sob a forma de um orifício limite com seis abas, permitindo a parafusação ou desaparafusamento da tampa 13 por meio de uma chave macho apropriada. Esse modo de realização apresenta a vantagem de uma estrutura particularmente simples e de um bujão robusto. Esse modo de realização da caixa 11 é compatível com os diferentes posicionamentos possíveis da caixa 11, ao longo da haste 1. A tampa pode compreender uma pluralidade de bujões.

O modo de realização ilustrado na figura 4 é semelhante àquele da figura 1 com isto aproximadamente com uma caixa suplementar 41 está em contato com (ou integrado no) o trecho de extremidade 7. A caixa suplementar 41 apresenta um diâmetro externo superior ao diâmetro externo do trecho de extremidade 7. A caixa suplementar 41 recobre parcialmente o trecho de extremidade 7 do lado oposto à parte de conexão 10. A caixa suplementar 41 apresenta uma superfície externa 41a cilíndrica de revolução ou ligeiramente arqueada que se liga à superfície externa do trecho de extremidade sete por uma superfície de orientação sensivelmente troncônica 41b de geratriz retilínea ou arqueada convexa e ligando-se à superfície externa da zona intermediária 5 por uma superfície de orientação sensivelmente troncônica 41c de comprimento e/ou de inclinação superior à precedente,

mas de forma sensivelmente similar. A superfície externa 41a possui um diâmetro que é o diâmetro máximo da haste e está apta a se apoiar contra a parede do orifício perfurado ou tubos de revestimento que guarnece a parte superior deste. A superfície externa 41a comporta vantajosamente um revestimento antiabrasão, de duração superior à duração das outras superfícies externas da haste. Essa superfície externa e essas superfícies de orientação podem ser realizadas de acordo com as indicações dos documentos FR 2 851 608 e FR 2 927 936 pré-citados. Uma e/ou a outras das superfícies de orientação 41b, 41c podem notadamente compreender ranhuras helicoidais aptas a derramar os restos e a ejetá-los da zona de contato entre a superfície 41a e a parte do orifício ou do tubo de revestimento. A caixa suplementar 41 compreende uma perfuração escalonada com uma parte de diâmetro pequeno em contato com a superfície externa do trecho central 8 e uma parte de diâmetro maior em contato com a superfície externa do trecho de extremidade 7 e uma superfície troncônica de ligação. A estrutura interna da caixa suplementar 41 pode ser do tipo ilustrado na figura 2 ou na figura 4. A caixa suplementar 41 pode notadamente abrigar uma alimentação e/ou uma eletrônica para a caixa 11, o que pode permitir reduzir o tamanho dessa caixa 11 e, portanto, sua inércia em relação ao eixo. Uma passagem de cabos pode ser prevista entre a caixa 11 e a caixa suplementar 41. O trecho de extremidade oposto 6 pode também apresentar um diâmetro externo e um perfil sensivelmente idênticos àqueles da superfície 41a, segundo o ensinamento dos documentos FR 2 851 608 e FR 2 927 936. A caixa suplementar 41 pode ser monobloco com o trecho de extremidade 7 e/ou a zona intermediária 5.

No modo de realização ilustrado na figura 5, a caixa suplementar 41 apresenta uma forma similar àquela do modo de realização precedente e é disposta do lado oposto, em contato e com recobrimento parcial do trecho de extremidade seis. Sua superfície externa 41a de diâmetro máximo pode também ser munida de um revestimento antiabrasão. O trecho de extremidade oposta 7 pode também apresentar um diâmetro externo e um perfil sensivelmente idênticos àqueles da superfície externa de diâmetro maior da

caixa suplementar 41, segundo o ensinamento dos documentos FR 2 851 608 e FR 2 927 936. Um revestimento antiabrasão pode ser previsto sobre uma parte de diâmetro máximo de pelo menos um trecho de extremidade 6, 7.

Conforme representado na figura 6, uma caixa suplementar 41 pode ser disposta no nível de uma zona intermediária 4, 5. Pelo menos um e preferencialmente os dois trechos de extremidade 6, 7 podem apresentar uma parte 38 de diâmetro externo correspondente ao diâmetro máximo da haste, munida de um revestimento antiabrasão 37. O perfil dessa parte pode ser realizado sob o ensinamento de documentos FR 2 851 608 e FR 2 927 936. As caixas 11 e 41 são ligadas por uma ligação filar 39.

No modo de realização ilustrado na figura 7, a caixa 11 é disposto sobre o trecho central 8 conforme ilustrado nas figuras 1 e 3. O corpo 12 é monobloco com o trecho central 8, por exemplo, forjado ou usinado. O alojamento 14 é obturado por duas tampas estanques 13, do gênero placa, dispostos de forma diametralmente oposta e fixados no corpo 12 por parafusação. Uma pluralidade de captadores 15 é montada no alojamento 14, por exemplo, seis dispostos em duas linhas a 180° de três captadores para otimizar a medida dos esforços. Os captadores 15 podem compreender um captador de pressão em comunicação com o canal 3 por uma perfuração 22 para medir a pressão interna e em comunicação com o exterior da haste 1 por uma perfuração 23 que desemboca sobre uma superfície troncônica de ligação nas proximidades do trecho central 8. Os captadores podem compreender uma pluralidade de réguas de esforço, permitindo estimar deformações e esforços tridimensionais, notadamente a tensão, a compressão, a torção, os momentos de flexão, os chamuscamento. Os captadores 15 são munidos de uma ligação filar por um cabo 24 unindo o canal central 3, passando por uma perfuração correspondente aberta na espessura do corpo 12 e do trecho central 8. Um outro cabo de comunicação 25 desemboca no exterior da caixa 11 nas proximidades do trecho central 8 por uma perfuração correspondente que desemboca na superfície troncônica de extremidade do corpo 12, formando uma ligação entre o receptáculo 12 e uma outra caixa,

por exemplo, a caixa 41 da figura 5.

A caixa 11 compreende também um conector 26 disposto em uma cavidade 27 aberta no corpo 12 a partir da superfície troncônica de ligação e munida de um bujão estanque. O conector 26 é ligado por um cabo de comunicação 28 ao captor 15. O conector 26 permite o telecarregamento de dados oriundos dos captadores 15 e armazenados na memória 20, após subida da haste na superfície. O conector 26 pode ser substituído por um emissor wi-fi permitindo um telecarregamento sem contato com um receptor adequado.

No modo de realização ilustrado na figura 8, uma haste compreende uma pluralidade de caixas 11, 111, 211, por exemplo, três, cada uma de pequeno comprimento, por exemplo, inferior a 150 mm, até mesmo inferior a 130 mm. Cada caixa 11 compreende uma pluralidade de câmaras 14 formadas em orifícios limites abertos a partir da superfície externa do corpo 12. A uma câmara 14 pode corresponder uma bossagem. As bossagens de uma caixa são dispostas em pelo menos uma fileira circular. Pelo menos uma das fileiras pode ser munida de um revestimento antiabrasão. Essa fileira pode apresentar um diâmetro externo de pelo menos uma fileira vizinha.

Cada câmara 14 é fechada por uma tampa 13 do lado externo e recebe um captador 15 em seu fundo ou uma bateria 16 ou um componente eletrônico ou uma memória 20. A tampa 13 pode se apresentar sob a forma de um bujão com borda externa filetada vindo se prender com uma regulagem disposta sobre as paredes do orifício limite. As caixas 11, 111, 211 podem apresentar diâmetros externos sensivelmente iguais. Vantajosamente, a caixa central 211 possui um diâmetro externo inferior àquele das caixas laterais 11, 111, o que permite proteger sua superfície externa da abrasão. As caixas 11, 111, 211 podem apresentar uma superfície de diâmetro maior sensivelmente cilíndrica de geratriz retilínea ou ligeiramente arqueada convexa que se liga à superfície externa da parte comum da zona central 8 por uma zona troncônica a montante e uma zona troncônica a jusante que se liga com arredondados apropriados. As superfícies de diâmetro maior podem ser protegidas por um revestimento duro 37.

Conforme se pode ver nas figuras 9 e 10, as caixas podem apresentar formas diferentes em seção transversal. A caixa lateral 111 ilustrada na figura 9 (ou a caixa lateral 11 não representada) apresenta uma superfície externa circular. Zonas recarregadas de elevada dureza podem ser dispostas entre as câmaras. Conforme ilustrado na figura 10, a caixa 211 apresenta cavados que separam angularmente duas câmaras sensivelmente dispostas no mesmo plano radial. As câmaras são dispostas em bossagens em ressalto para o exterior.

O fato de dispor de uma série de caixas de comprimento pequeno permite se aproximar das características mecânicas da parte comum da zona central 8, notadamente em flexão e em torção. Resulta daí uma melhor a preensão do parâmetros mecânicos para medir ou a estimar. A caixa 211 ilustrada na figura 10 oferece pequenas perdas de carga para o escoamento da lama de perfuração. A caixa 111 ilustrada na figura 9 se beneficia de um desgaste reduzido quando de atrito contra as paredes externas do orifício de perfuração ou da tubagem pré-disposta e uma pequena abrasão das paredes internas do orifício ou da tubagem. A justa posição das caixas 111 e 211 a uma distância compreendida entre 100 e 300 mm se mostra interessante.

Conforme ilustrado nas figuras 11 e 12, uma gaxeta de perfuração 30 compreende um conjunto de fundo de orifício 31 e de um trem de hastes 32 disposto entre o conjunto de fundos de orifício e uma instalação de superfície 33. O trem de hastes 32 compreende uma pluralidade de hastes 1 com espaçamentos escolhidos segundo os resultados fornecidos pelo modelo numérico ou analítico de cálculo do comportamento mecânico das gaxetas de perfuração. As hastes 1 foram representadas em número de quatro (figura 11) ou cinco (figura 12) por razões de simplicidade do desenho. Na prática, seu número depende do comprimento do trem de hastes e pode ser expresso em percentagem do número de hastes, notadamente superior a 1%, preferencialmente superior a 5%. A repartição das hastes 1 pode ser regular ou não. As outras hastes do trem de hastes 32 podem ser do tipo com transmissão integrada, por exemplo, filar no interior de uma haste e eletromagnética entre duas hastes. Os dados fornecidos pelos captadores das

hastes 1 são assim comunicados na superfície e podem ser armazenados em memórias, depois tratados por um modelo, visando à colocação à disposição de uma interface homem máquina. O modelo pode ser um modelo numérico ou analítico de cálculo do comportamento mecânico das gaxetas de perfuração. Pode-se assim dispor de informações relativas ao comportamento das hastes do trem de hastes 32 e não mais somente ao comportamento dos componentes do conjunto de fundo de orifício 31. Os dados de medida dos captadores 15 dispostos nas hastes 1 se mostra tanto mais interessantes quanto mais longo for o orifício de perfuração e apresenta uma acentuada curvatura ou ainda mudanças de curvatura, função do tipo de trajetória de perfuração.

As figuras 11 e 12 mostram um exemplo de posicionamento do conjunto de fundo de orifício e do conjunto de trem de haste munidos de hastes instrumentadas com duas profundidades sucessivas de perfuração, MDj e MDj+1. Uma haste instrumentada de fileira 1 (IDP_1) é munida, por exemplo, de três captadores, permitindo medir uma grandeza física M1, M´1 e M"1, M podendo ser a medida de um captador de deformação (medida da tensão, compressão, torção, momento de flexão, deformação) ou de um acelerômetro (medida das acelerações axiais, de torção e laterais). A haste instrumentada de fileira i (IDPI) pode ter um ou vários captadores para uma ou várias medidas Mi, M´i, M"i, etc. Denomina-se MiJ a medida de uma grandeza fixa de uma haste instrumentada de fileira i (IDPI) feita a uma profundidade j (MDj) ou em um instante determinado durante a perfuração.

O modelo de cálculo (numérico ou analítico) do comportamento mecânico das gaxetas, ver figuras 13, 14 e 16, permite, em função da trajetória de perfuração (profundidade, inclinação e azimute), características da lama de perfuração (densidade, tipo, reologia), das características do conjunto do trem de haste e fundo de orifício (comprimento, diâmetro interno e externo do corpo da haste e das conexões, peso lineico, módulo de Young, etc. de cada elemento), características das tubagens instaladas (profundidade do cálcio, diâmetro interno e externo), parâmetros operacionais (velocidade de avanço da perfuração, velocidade de manobra, velocidade de rota-

ção, peso sobre a broca, etc.) e coeficientes de atrito entre as hastes de perfuração e as paredes do poço de perfuração, calcular a tensão, o binário, os momentos de flexão, os esforços cortantes, as forças de contato haste – poço, o alongamento, a torção, as deformações de qualquer elemento do trem de haste e/ou de qualquer posição de um elemento determinado. Esse modelo de cálculo frequentemente denominado modelo de "Torque and Grag" na profissão pode ser aquele descrito na publicação SPE 98965 "Advancement in 3D drillstring mechanics: from the bit to the Topdrive" (*Menand et al, 2006*). Esse modelo permite também calcular os modos próprios do trem de hastes, isto é, as frequências naturais pelas quais o trem de haste pode entrar em vibração.

O método de determinação do número e da posição das hastes instrumentadas é descrita na figura 13. A metodologia descrita permite determinar o número e a posição das hastes instrumentadas no trem de haste para a perfuração de um poço de perfuração determinado. Essa determinação ocorre geralmente na fase dita de planejamento de um poço de perfuração onde se determinam os equipamentos necessários à realização da operação de perfuração. Essa determinação com otimização do número e da posição das hastes instrumentadas é importante no sentido em que se define um número suficiente de hastes instrumentadas posicionadas em locais escolhidos, permitindo conhecer o comportamento mecânico do conjunto do trem de haste. Considerando-se os parâmetros do modelo de cálculo conhecido, um número n de hastes instrumentadas é posicionado com espaçamento determinado arbitrário no começo do processo interativo (regular ou irregular dependendo das características da trajetória). Um conjunto de m simulações é então realizado com o modelo de cálculo em diferentes profundidades de perfuração (MDI a MDn). Os resultados dessas m simulações são então analisados, de maneira a saber se o posicionamento das hastes instrumentadas for ótimo para descrever convenientemente o comportamento mecânico do conjunto do trem de haste e interpolar corretamente as medidas entre as duas hastes instrumentadas consecutivas. Deseja-se também conhecer o comportamento mecânico do conjunto do trem de hastes, utili-

zando medidas em locais discretos ao longo do trem de hastes de perfuração. A qualidade de interpolação das medidas via o modelo de cálculo é, portanto, importante. Se o número e a posição das hastes instrumentadas forem julgados ótimos, então o número e a posição de cada instrumentada serão definidos. A haste instrumentada de fileira 1 achando-se a uma distância DB1 do instrumento de perfuração, a haste instrumentada de fileira 1 achando-se a uma distância DBI do instrumento de perfuração. Se a posição não for julgada ótima, então o número e as posições das hastes instrumentadas ao longo do trem de hastes são modificados, para recomeçar o processo até se obter uma posição ótima das hastes instrumentadas ao longo do trem de hastes. Essa posição ótima visará assegurar que o modelo de cálculo possa interpolar de maneira satisfatória as medidas das hastes instrumentadas realizadas em locais discretos ao longo do trem de haste. A interpolação pode ser de tipo linear, quadrático ou cúbico. A haste instrumentada tendo dimensões similares às outras hastes ditas padrão, o comportamento mecânico do conjunto do trem de haste que se acha conservado. Por outro lado, isto facilita também a interpolação das medidas das hastes instrumentadas nas outras hastes ditas padrão em razão da similaridade geométrica. Exemplos de realização e de utilização das hastes instrumentadas são dados, a fim de facilitar a compreensão desse processo (figuras 15 e 17). O número m de simulações pode ser diferente do número n de hastes instrumentadas.

A figura 14 mostra uma utilização das medidas das hastes instrumentadas durante a perfuração visando um tratamento por um modelo de cálculo para detectar os disfuncionamentos (vibrações, flambagem, etc.) durante a perfuração (tratamento dito em "tempo real"). Considerando-se os parâmetros do modelo de cálculo conhecido. O número e o posicionamento das hastes instrumentadas definidos, o modelo de cálculo é utilizado para realizar uma simulação a uma profundidade MD_j. As medidas feitas sobre as hastes instrumentadas que podem subir à superfície pelo elemento de transmissão são analisadas e filtradas para ser diretamente utilizáveis pelo modelo de cálculo. Essas medidas são então diretamente comparadas aos

resultados do modelo de cálculo. Se os valores calculados pelo modelo forem coerentes com as medidas das hastes instrumentadas, então o modelo de cálculo permite estimar o comportamento mecânico do conjunto do trem de haste, aí compreendido o comportamento mecânico das hastes ditas padrões não instrumentadas, posicionadas entre as hastes instrumentadas. A tensão, as forças de contatos entre as hastes e as paredes do poço, os momentos de flexão, as deformações, o alongamento, torção são então conhecidos sobre o conjunto do trem de hastes, notadamente uma validação das medidas em pontos discretos, isto é, nas hastes instrumentadas. A ausência de hastes instrumentadas não poderia permitir obter esse gênero de resultados com efeito medidas unicamente sobre a gaxeta no fundo do orifício e na superfície não permitem saber o que se passa no conjunto do trem. Podem-se detectar o chamuscamento, as vibrações do conjunto do trem de haste ou qualquer outro disfuncionamento de perfuração no trem de hastes. Seus valores calculados pelo modelo não forem coerentes com as medidas hastes instrumentadas, então os parâmetros do modelo de cálculo serão ajustados para refazer uma simulação à mesma profundidade MDj. Esse processo iterativo é reiterado até que os valores teóricos concordem com os valores medidos. Uma interface homem-máquina utilizando o modelo de cálculo e o processo iterativo descritos mais acima permitem então dispor de informações úteis ao perfurador para controlar o comportamento mecânico no conjunto do trem de hastes, visando melhor análise dos eventuais disfuncionamentos.

Um exemplo de realização é mostrado na figura 15. O conjunto de fundo de orifício e o conjunto do trem de hastes munidos de hastes instrumentadas são dispostos a uma profundidade MDj. Dois parâmetros físicos diferentes ou o mesmo parâmetro físico medido com dois posicionamentos diferentes são medidos pelas hastes instrumentadas em pontos discretos e os mesmos parâmetros físicos calculados pelo modelo, após interpolação segundo o modo descrito na figura 14. Esse parâmetro físico pode ser a tensão, a torção, os momentos de flexão, a aceleração lateral, etc. Pode-se estimar o valor físico entre os dois pontos de medida, portanto, entre duas has-

tes instrumentadas. Pode-se, por um ajuste em pontos de medida discretos, estimado o comportamento mecânico do conjunto do trem de haste, e ter um bom conhecimento do que se passa no trem de hastes.

A figura 16 mostra uma utilização do conjunto das medidas das hastes instrumentadas após a operação de perfuração, visando uma otimização de perfuração (pós-análise), por exemplo, uma otimização da construção do trem de haste. Considerando-se os parâmetros de modelo de cálculo conhecidos, o número e o posicionamento das hastes instrumentadas definidos, o modelo de cálculo é utilizado para realizar m simulações a várias profundidades, MDj, de 1 a n. O conjunto das medidas transmitidas ou armazenadas sobre as hastes instrumentadas é recuperado analisado e filtrado para ser diretamente utilizável pelo modelo de cálculo. Essas medidas são então diretamente comparadas aos resultados do modelo de cálculo. Se os valores calculados pelo modelo forem coerentes com as medidas das hastes instrumentadas, então o modelo de cálculo permitirá estimar o comportamento mecânico do conjunto do trem de haste, aí compreendido o comportamento mecânico das hastes ditas padrões não instrumentadas, e isto a diversas profundidades de perfuração. A tensão, as forças de contatos entre as hastes e as paredes do poço, os momentos de flexão, as deformações, o alongamento, a torção são então conhecidos sobre o conjunto do trem de haste. Isto permite, além disso, detectar o chamuscamento, as vibrações no conjunto do trem de haste ou qualquer outro disfuncionamento de perfuração no trem de hastes. Se os valores calculados pelo modelo não forem coerentes com as medidas das hastes instrumentadas, então os parâmetros do modelo de cálculo serão então ajustados para refazer as m simulações a várias profundidades MDj. Esse processo iterativo é reiterado até que os valores teóricos concordem com os valores medidos.

Um exemplo de realização é mostrado na figura 17. A figura mostra a evolução de um parâmetro físico medido sobre duas hastes instrumentadas calculado pelo modelo após interpolação segundo a metodologia descrita na figura 16, e isto a diferentes profundidades MDj. Compreender-se-á melhor com a visualização dessa figura que a metodologia permite, por-

tanto, retraçar a evolução dos esforços sofridos sobre as hastes de perfuração, úteis notadamente para os problemas de fadiga e de desgaste. Além disso, quantificando-se o desvio entre os valores calculados pelo modelo de cálculo e as medidas das hastes instrumentadas, isto permite detectar as zonas do trem de haste em disfuncionamento (vibrações, chamuscamento) e conhecer a duração para a qual as hastes são entradas em disfuncionamento. Com efeito, a utilização do modelo de cálculo em estático permite conhecer o comportamento mecânico normal (sem disfuncionamento) do conjunto do trem de haste. Qualquer desvio em relação a essa tendência mecânica dita normal poderia, portanto, ser interpretado como anormal, e, portanto, potencialmente com um disfuncionamento. O modelo de cálculo permite, então, em uma segunda etapa testar as características do trem de haste que permitem evitar esses disfuncionamentos tornando possível uma otimização da construção da gaxeta de perfuração.

No modo de realização ilustrado na figura 18, uma haste compreende pelo menos um trecho de extremidade 6, 7 instrumentado. O trecho 6 compreende uma região 61 de diâmetro externo nominal nas proximidades de uma superfície terminal da haste e uma região 62 de diâmetro externo superior ao diâmetro externo nominal nas proximidades da zona intermediária 4. A região 62 de diâmetro maior tem uma inércia superior à inércia da região 61 de diâmetro externo nominal. A região 62 de diâmetro maio externo fica situada axialmente entre a parte de conexão fêmea 9 e a zona intermediária 4. As superfícies externas das regiões 61 e 62 se ligam por uma superfície intermediária globalmente troncônica. As superfícies externas da região 62 de diâmetro maior externo e a zona intermediária 4 se ligam por uma superfície intermediária globalmente troncônica. A região 62 de diâmetro maior forma uma caixa suplementar 41.

Alojamentos 14 são dispostos da região 62 de diâmetro maior externo, ver também a figura 19 os alojamentos 14, no caso em número de 4, são regularmente repartidos circunferencialmente. Os alojamentos 14 são perfurados em forma de orifício limite. Os alojamentos 14 são de eixo radial. Os alojamentos 14 são radialmente alinhados. Módulos eletrônicos de trata-

mento 63 são dispostos nos alojamentos 14. Os módulos eletrônicos de tratamento 63 podem ser ligados entre si. Os módulos eletrônicos de tratamento 63 são ligados à caixa 11. Os módulos eletrônicos de tratamento 63 podem ser flexíveis para se conformarem em uma superfície de alojamento não plana, de forma permanente ou em uma superfície arredondada. Os módulos eletrônicos de tratamento 63 compreendem um repetidor.

O trecho 7 compreende uma região 71 de diâmetro externo nominal nas proximidades de uma superfície terminal da haste e uma região 72 de diâmetro externo superior ao diâmetro externo nominal nas proximidades da zona intermediária 5. A região 72 de diâmetro maior externo tem uma inércia superior à inércia da região 71 de diâmetro externo nominal. A região 72 de diâmetro externo maior fica situada axialmente entre a parte de conexão macho 10 e a zona intermediária 5. As superfícies externas das regiões 71 e 72 se ligam por uma superfície intermediária globalmente troncônica. As superfícies externas da região 72 de diâmetro externo maior e a zona intermediária 5 se ligam por uma superfície intermediária globalmente troncônica. A região 72 de diâmetro maior é munida de um revestimento duro 37. A região 72 de diâmetro maior forma uma caixa suplementar 41. Mais particularmente, a região 72 de diâmetro maior compreende uma luva 73 de diâmetro maior formando em parte a superfície externa dessa região 72. A luva 73 compreende o revestimento duro 37. Alternativamente, a luva 73 é fabricada em material duro, notadamente de dureza superior à dureza da zona intermediária 5, por exemplo, de dureza superior a 35 Rockwell HRC. A luva 73 é fixada por parafusação no corpo da região 72 de diâmetro maior. A região 72 de diâmetro maior compreende um tambor 74 anular disposto entre o corpo da região 72 de diâmetro maior monobloco com a região 71 e a luva 73. O tambor 74 é disposto em uma ranhura anular aberta no corpo da região 72 de diâmetro maior, a partir de uma superfície externa. O tambor 74 pode ser fabricado em material flexível, por exemplo, sintético. O tambor 74 pode ser realizado em um duas peças complementares semicirculares. O tambor 74 é mantido pela luva 73.

O tambor 74 compreende uma pluralidade de alojamentos 75,

ver também a figura 22. Os alojamentos 75, no caso em número de 16, são regularmente repartidos circunferencialmente. Os alojamentos 75 são perfurados em forma de orifício limite. Os alojamentos 75 são orientados axialmente. Os alojamentos 75 são radialmente alinhados. Fontes de energia elétrica 76 são dispostas nos alojamentos 75. As fontes 76 são ligadas à caixa 11. As fontes 76 podem compreender pilhas ou baterias, em forma de cilindro de revolução. Os alojamentos 75 podem ser adaptados a fonte de tamanho padrão disponíveis no comércio. A disposição dos alojamentos 75 de eixos paralelos permite alojar um grande número de fonte. Uma importante quantidade de energia pode ai ser estocada, daí um funcionamento de longa duração. Os alojamentos 75 são de eixos paralelos ao eixo da haste. A região 72 de diâmetro maior é munida de uma tomada 77 de conexão com uma tomada complementar, não representada e externa à haste. A tomada complementar pode ser ligada a um carregador de baterias, a uma memória para coletar os dados, a um dispositivo de tratamento, etc. Módulos 79, eletrônicos ou elétricos, são dispostos em cavados abertos no corpo da região 72 de diâmetro maior. Os módulos 79 são envolvidos pela perfuração do tambor 74. Os módulos 79 podem compreender captadores, emissores, etc. Os módulos 79 podem compreender uma eletrônica de tratamento. Os módulos 79 são ligados às fontes 76. os módulos 79 são ligados à tomada 77.

No modo de realização ilustrado na figura 18, a haste compreende duas caixas 11, 111. No modo de realização ilustrado na figura 26, a haste compreende uma caixa 11. A caixa 11, 111 é monobloco com o trecho central 8. A caixa 11, 111 apresenta uma superfície externa arqueada, com raio maior de curvatura em corte axial. A título de exemplo, o raio de curvatura pode ser superior ao diâmetro nominal da haste. A caixa 11, 111 compreende 4 câmaras 14. As câmaras 14 são alinhadas axialmente. As câmaras 14 são repartidas circunferencialmente. A caixa 11, 111 apresenta uma superfície externa circular. A superfície externa circular da caixa 11, 111 é de diâmetro superior ao diâmetro do trecho central 8, por exemplo, de aproximadamente 15 a 30%. Pelo menos um captador 15, notadamente de deformação uma régua de esforço, é disposto em uma câmara 14. Enxertos 137

de materiais duros, por exemplo, de carboneto de tungstênio são previstos na superfície da caixa 11, 111, niveladores, cf. figura 23. Os enxertos 137 podem se apresentar sob a forma de pastilhas, notadamente redondas. As pastilhas têm um diâmetro de 5 a 15 milímetros. Os enxertos 137 podem ser dispostos em torno das tampas 13 das câmaras 14. Os enxertos 137 podem ser dispostos em duas coroas em torno da caixa 11, 111.

A ligação entre os módulos eletrônicos de tratamento 63 e a caixa 11 e/ou entre os módulos eletrônicos e tratamento 63 e a caixa 11 pode ser assegurada por um tubo de comunicação 64 disposto pelo menos na perfuração do trecho central 8 e em contato com essa perfuração. Um cabo de transmissão de sinais e/ou de energia pode ser disposto no tubo. O tubo de comunicação 64 pode compreender um corpo formado de pelo menos uma fita metálica disposta com uma componente anular. O corpo compreende, em seção segundo um plano que passa pelo eixo do tubo, pelo menos dos trechos alongados axialmente com recobrimento mútuo parcial com uma folga axial escolhido para absorver a deformação elástica máxima do componente sob o esforço de compressão axial e/ou de flexão. Pode-se se reportar a FR 2 940 816.

A inserção do tubo de comunicação 64 nas regiões 62 e 72 de diâmetro maior externo e na caixa 11 pode ser feita em um orifício segundo FR 2 936 554 ao qual é convidado a se reportar.

No modo de realização ilustrado nas figuras 18 e 23, um cabo de transmissão 65 liga a câmara 14 da caixa 11 à câmara 14 da caixa 111. Nas figuras 20 e 21, um cabo de transmissão 66 liga duas câmaras 14 de uma mesma caixa 11, 111. Para isso, uma perfuração é prevista na espessura da caixa 11, 111, por exemplo, duas perfurações retas, partindo, cada uma, de uma câmara 14 e unindo-se a meio caminho. Todas as câmaras 14 de uma caixa 11, 111 podem ser ligadas desse modo. No modo de realização ilustrado na figura 24, cabo de transmissão 96 passa por três perfurações retas, unindo-se em intercessão, por exemplo, um indo de uma câmara 14 à superfície externa da caixa suplementar 41, o segundo partindo da saída do primeiro, o terceiro estendendo-se de uma outra câmara 14 à superfície exter-

na da caixa suplementar 41, encontrando o segundo na espessura da parede. Na figura 19, um cabo de transmissão 67 liga as câmaras 14 da caixa suplementar 41. Na figura 22, um cabo de transmissão 78 liga os módulos 79 da caixa suplementar 41.

Na variante da figura 25, a região 72 de diâmetro maior externo compreende alojamentos 14 análogos aos alojamentos 14 da região 62. A região 72 de diâmetro maior externo compreende alojamentos 114 sob a forma de orifícios limites de seção circular. Os alojamentos 114 são dispostos a partir das superfícies intermediárias globalmente troncônicas 115, 116 respectivamente entre a zona intermediária e a região 72 de diâmetro maior externo, e entre a região 72 de diâmetro externo maior, e a região 71 de diâmetro externo nominal. Os alojamentos 114 são dispostos segundo eixos dispostos em um plano que passa pelo eixo da haste e secantes com o eixo da haste. O eixo dos alojamentos 114 podem ser inclinados de 10 a 40° em relação ao eixo da haste. Os alojamentos 114 são obturados por tampas 113. Fontes 76 são dispostas em alojamentos 114. A inclinação dos alojamentos 114 permite aproveitar a espessura da região 72 de diâmetro externo maior para constituir um conservatório de energia. Os alojamentos 114 são ligados ao tubo de comunicação 64. Os alojamentos 114 são ligados aos módulos 79 por cabos 80.

A haste de perfuração pode compreender uma região de estocagem de energia, uma região de tratamento de dados e uma região de detecção de grandezas mecânicas. A região de estocagem de energia pode compreender uma pluralidade de alojamentos para fontes de energia. A região de estocagem de energia pode ficar situada em uma extremidade. A região de tratamento de dados pode compreender uma pluralidade de alojamentos para módulos eletrônicos de tratamento. A região de tratamento de dados pode ficar situada em uma extremidade. A região de detecção de grandezas mecânicas pode compreender uma pluralidade de captadores de grandeza mecânica. A região de detecção de grandezas mecânicas fica situada em uma caixa disposta em zona central a distância das extremidades e das zonas intermediárias. A caixa pode apresentar um diâmetro externo

máximo inferior ao diâmetro externo máximo de uma e a outra extremidade.

As figuras 27 e 28 mostra a evolução do esforço de flexão expressa em MPa ao longo da haste. Conforme anteriormente, a haste compreende um trecho central 8, trechos de extremidade 6, 7, e zonas intermediárias 4, 5. A haste da figura 28 é alinhada em relação à curva da figura 27, a fim de colocar em correspondência a curva e o perfil ao longo da haste. A figura 28 comporta três curvas estabelecidas para três estados de esforço axial (tensão / compressão) essas curvas compreendem zonas características que se distinguem uma das outras e correspondentes ao trecho central 8, aos trechos de extremidade 6, 7, e às zonas intermediárias 4, 5. A curva em pontilhados foi estabelecida por um estado de compressão sem contato lateral da haste com uma parede de poço. A curva em contínuo foi estabelecida por um estado de tensão sem contato lateral da haste com uma parede de poço. A curva em tracejado foi estabelecida por um estado de tensão superior ao caso precedente, sem contato lateral da haste com uma parede de poço. Em caso de contato lateral, as curvas em contínuo e em tracejados tomariam uma forma W com um local máximo pequeno no centro, ao invés de uma marcha em V. Portanto, é muito interessante dispor dos captadores de grandeza mecânica no trecho central 8. Captadores são também considerados nas zonas intermediárias 4, 5, cf. os modos de realização com caixa(s) suplementar(es) 41 em torno de uma zona intermediária.

REIVINDICAÇÕES

1. Haste de perfuração (1) de uma gaxeta (30) de perfuração, para a perfuração de um orifício, a gaxeta (30) de perfuração compreendendo um trem de hastes de perfuração (32) e um conjunto de fundo de orifício (31), essa haste (1) compreendendo:

uma primeira extremidade (9) que compreende uma filetagem fêmea e que tem uma primeira inércia,

uma segunda extremidade (10) compreendendo uma filetagem macho e tendo uma segunda inércia,

uma primeira zona intermediária (4) próxima da primeira extremidade e tendo uma terceira inércia,

uma segunda zona intermediária (5) próxima da segunda extremidade e tendo uma quarta inércia,

uma zona central (8) sensivelmente tabular de diâmetro externo inferior ao diâmetro externo máximo de pelo menos a primeira ou a segunda extremidade e tendo uma quinta inércia, a terceira e a quarta inércias sendo, cada uma, inferior à primeira e à segunda inércias e a quinta inércia sendo inferior à terceira e à quarta inércias

caracterizada pelo fato de que compreende ainda

uma caixa (11) fixada na haste sobre uma parte da superfície externa desta,

pelo menos um captador (15) de grandeza física disposto na caixa (11), e

pelo menos um elemento de transmissão/armazenagem de dados ligado à saída do captador,

a caixa (11) sendo disposta a uma distância da primeira e da segunda extremidades (9, 10), a caixa (11) sendo monobloco com a zona central (8) a uma distância da primeira e da segunda zonas intermediárias e possuindo uma inércia inferior à primeira e à segunda inércias.

2. Haste, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a caixa (11) apresenta uma superfície externa (11a) inscrita em um círculo cujo diâmetro externo máximo é inferior ou igual ao diâmetro máximo

das extremidades.

3. Haste, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a espessura de matéria da caixa entre captador (15) e uma perfuração (3) da haste é superior ou igual à espessura da zona central (8) da haste.

4. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a caixa (11) compreende uma base (12) monobloco com a zona central e uma tampa amovível estanque (13).

5. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a base (12) apresenta uma superfície externa tangente com a superfície externa da zona central, a base formando uma bossagem em relação à zona central (8).

6. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que compreende pelo menos um captador (15) dentre: captador de temperatura, régua de esforços, captador de deformações, captador de pressão, acelerômetro.

7. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o elemento de transmissão/armazenagem de dados compreende uma memória.

8. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a caixa (11) é disposta a três metros no máximo do plano situado à meia distância entre as zonas intermediárias.

9. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a caixa (11) é única.

10. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizada pelo fato de que compreende uma caixa suplementar (41) monobloco com uma extremidade ou uma zona intermediária.

11. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de compreender um revestimento antiabrasão disposto sobre uma parte pelo menos da superfície externa de pelo menos uma extremidade (10, 9) da haste ou de uma caixa suplementar (41)

realizada sobre uma extremidade da haste, essa parte possuindo um diâmetro que é o maior diâmetro da haste.

12. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a caixa (11) compreende uma pluralidade de tampas com borda filetada.

13. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma caixa (11) apresenta um comprimento inferior a 150 mm, preferencialmente 130 mm.

14. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a caixa (11) é munida de bossagens.

15. Haste, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que as bossagens são dispostas em fileiras circulares, pelo menos uma das fileiras sendo munida de um revestimento antiabrasão e apresentando um diâmetro externo superior ao diâmetro externo de pelo menos uma fileira vizinha.

16. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma fonte de energia elétrica (16) é disposta na caixa (11) e que alimenta o captador (15).

17. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que essa parte da superfície externa da haste é tubular.

18. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que compreende um tambor disposto em uma extremidade e provido de alojamentos para fontes elétricas.

19. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que compreende alojamentos para fontes elétricas, esses alojamentos sendo eixos secantes com o eixo da haste.

20. Haste, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a caixa (11) está a uma distância da primeira e da segunda zonas intermediárias compreendidas entre 40 e 60% da distância entre a primeira zona intermediária e a segunda zona in-

termediária.

21. Gaxeta de perfuração (30), compreendendo uma haste de perfuração como definida na reivindicação 1, a gaxeta caracterizada por compreender ainda:

um trem de hastes (32), e

um conjunto de fundo de orifício (31),

o conjunto de fundo de orifício sendo provido de uma broca, o trem de hastes (32) sendo disposto entre o conjunto de fundo de orifício e um elemento de acionamento do trem de hastes,

o trem de hastes compreendendo a haste de perfuração montadas em locais escolhidos segundo as indicações de um modelo de cálculo do comportamento mecânico das gaxetas de perfuração.

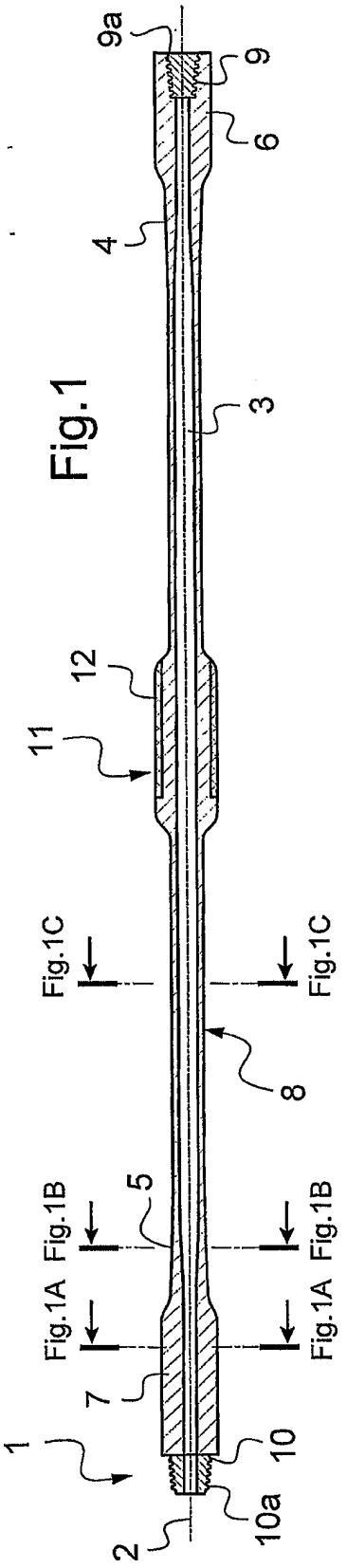


Fig.1

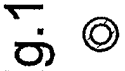


Fig.1C

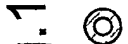


Fig.1B



Fig.1A

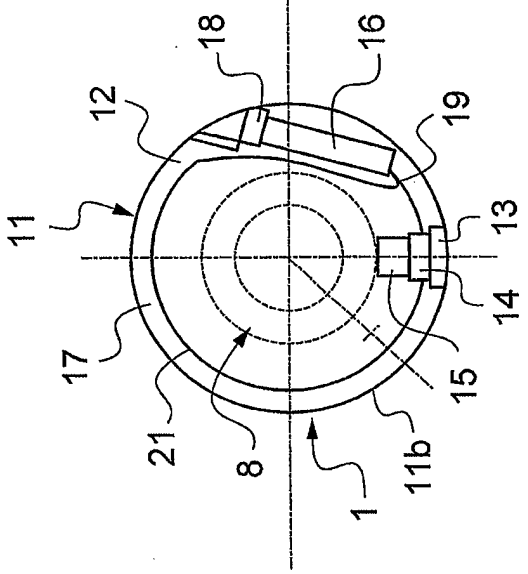


Fig.3

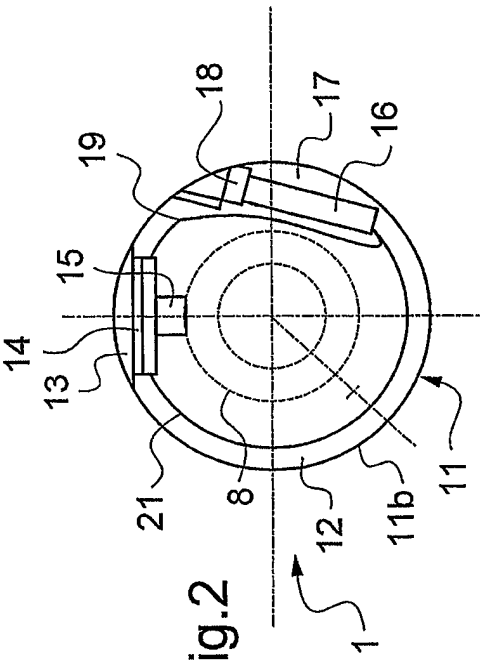


Fig.2

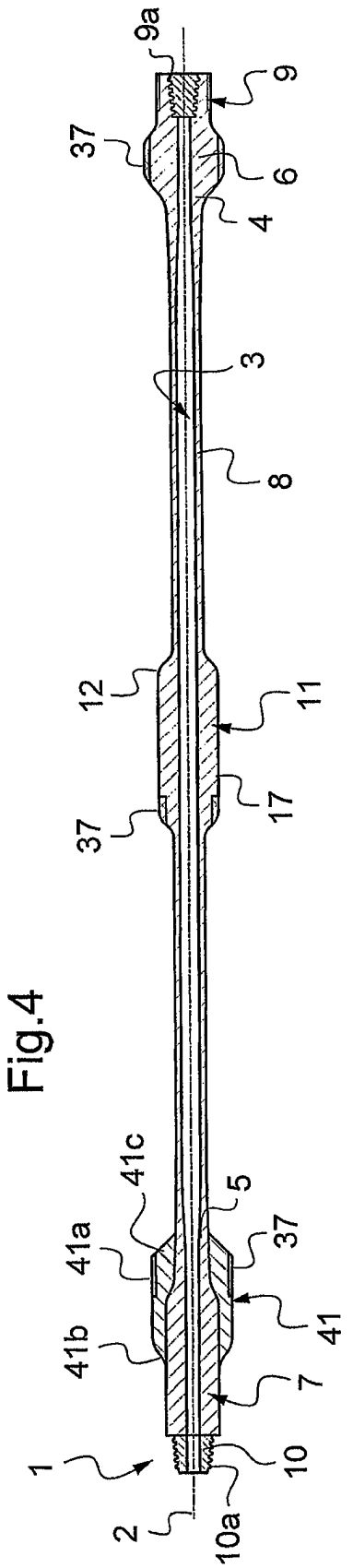

9a
9
37
6
4
3
8
12
11
37
17
41c
5
41a
37
41b
41
7
1
10
2
10a

Fig.4

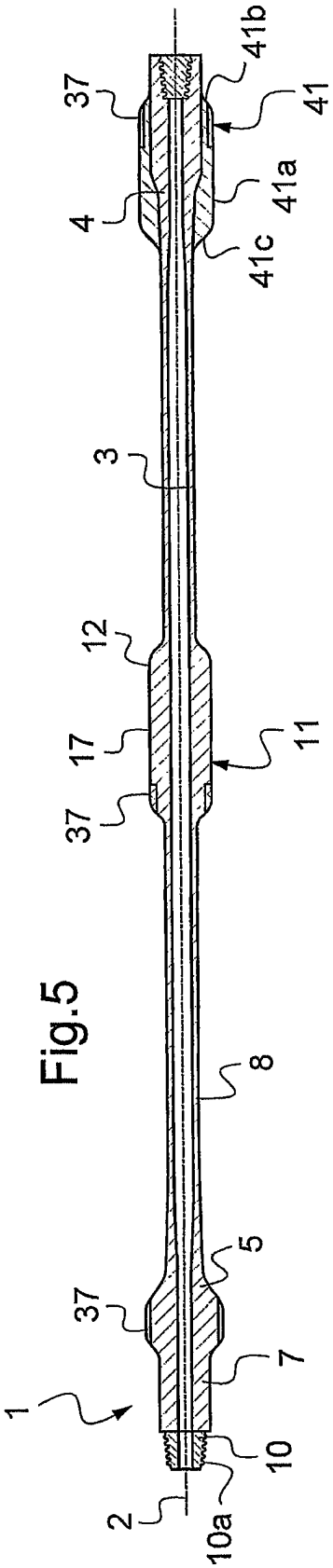

41b
37
41
4
41a
41c
3
12
17
37
11
8
5
37
7
1
10
2
10a

Fig.5

Fig.6

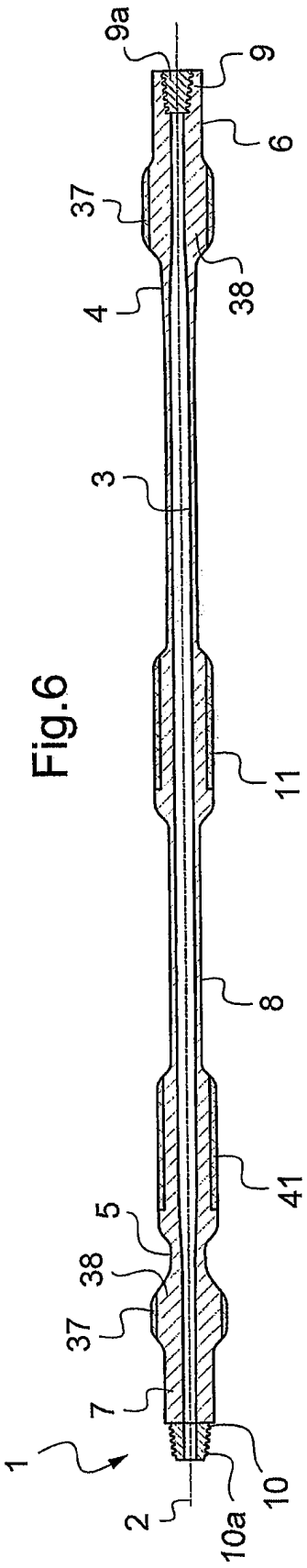

9a
9
6
37
38
4
3
11
8
41
5
38
37
7
1
10
2
10a

Fig.7

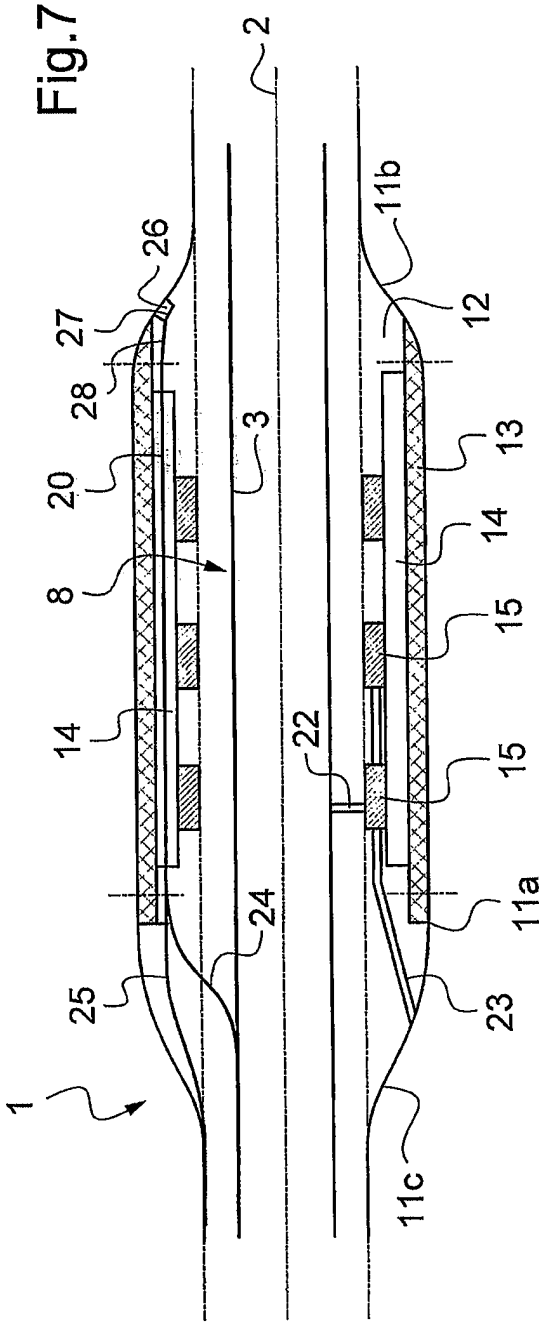

2
11b
26
27
12
28
3
13
20
14
8
15
14
22
15
24
11a
25
23
1
11c

Fig.10

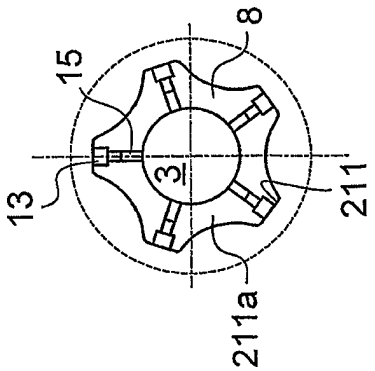


Fig.8

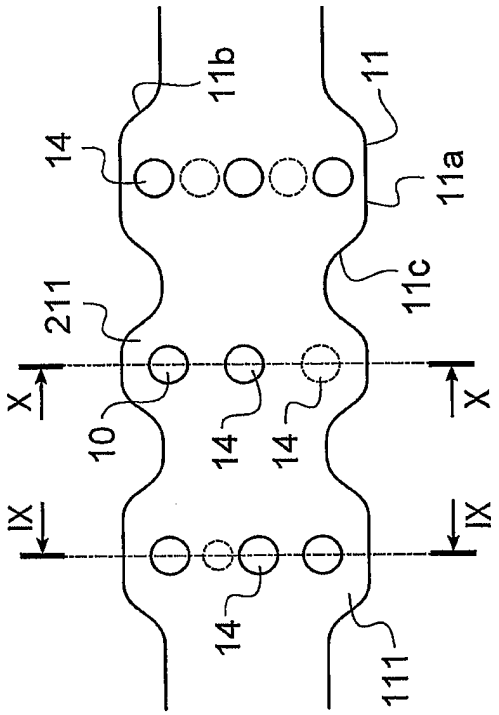
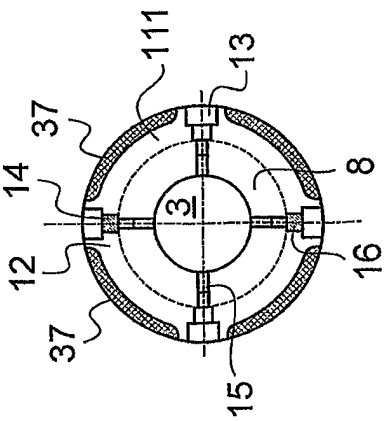


Fig.9



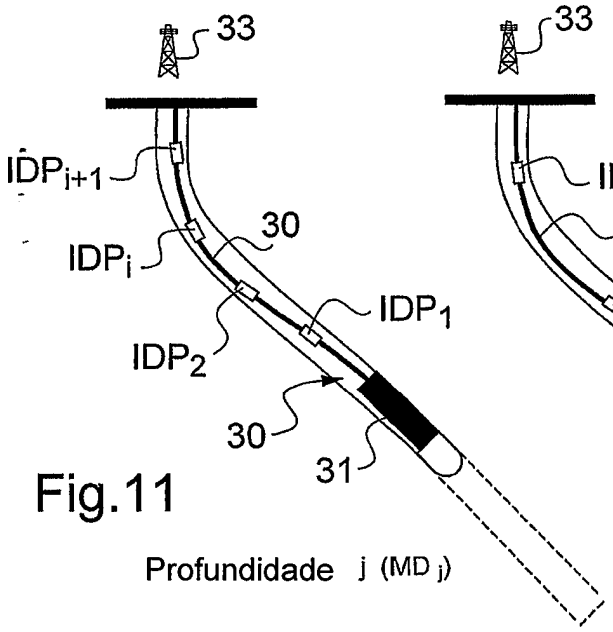


Fig.11

Profundidade j (MD $_j$)

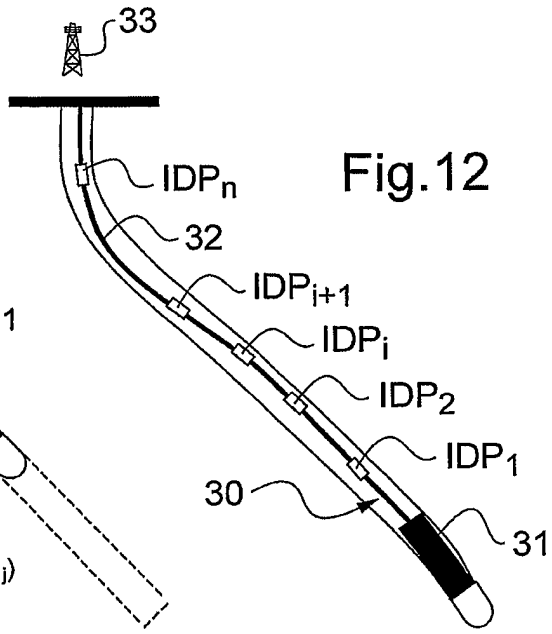


Fig.12

Profundidade j+1 (MD $_{j+1}$)

Fig.13

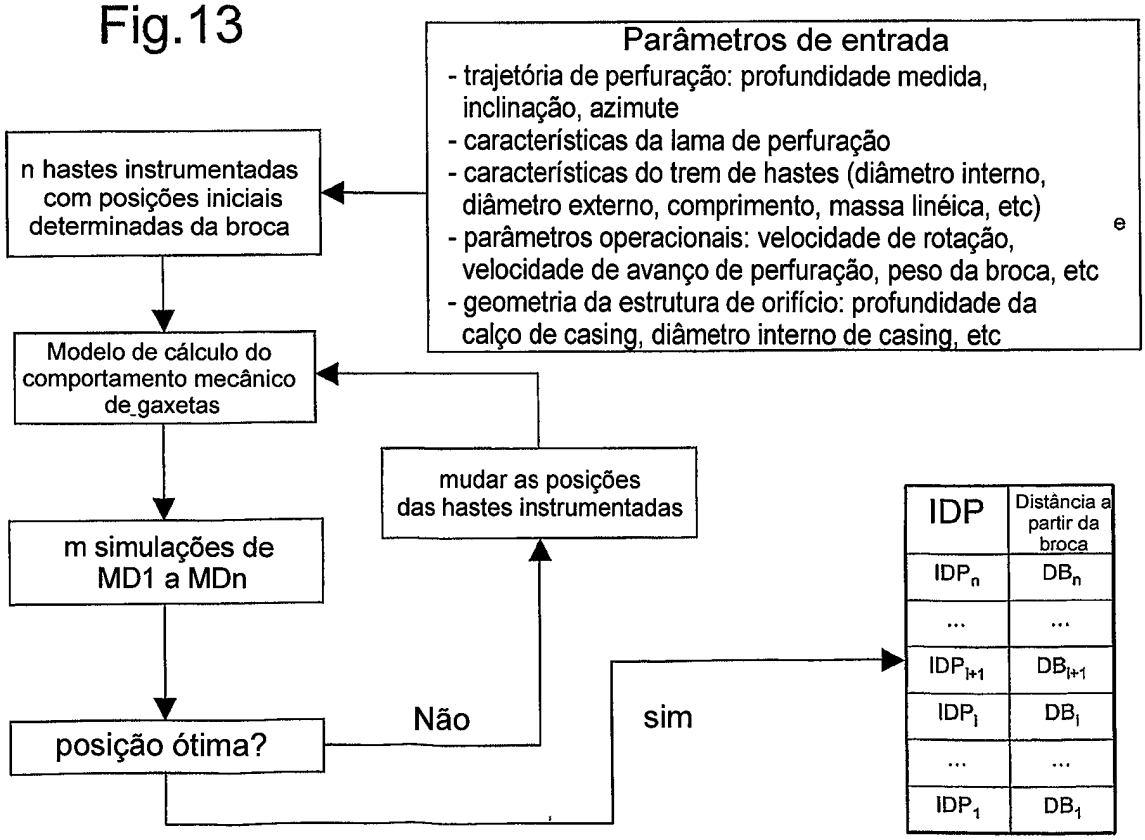


Fig.14

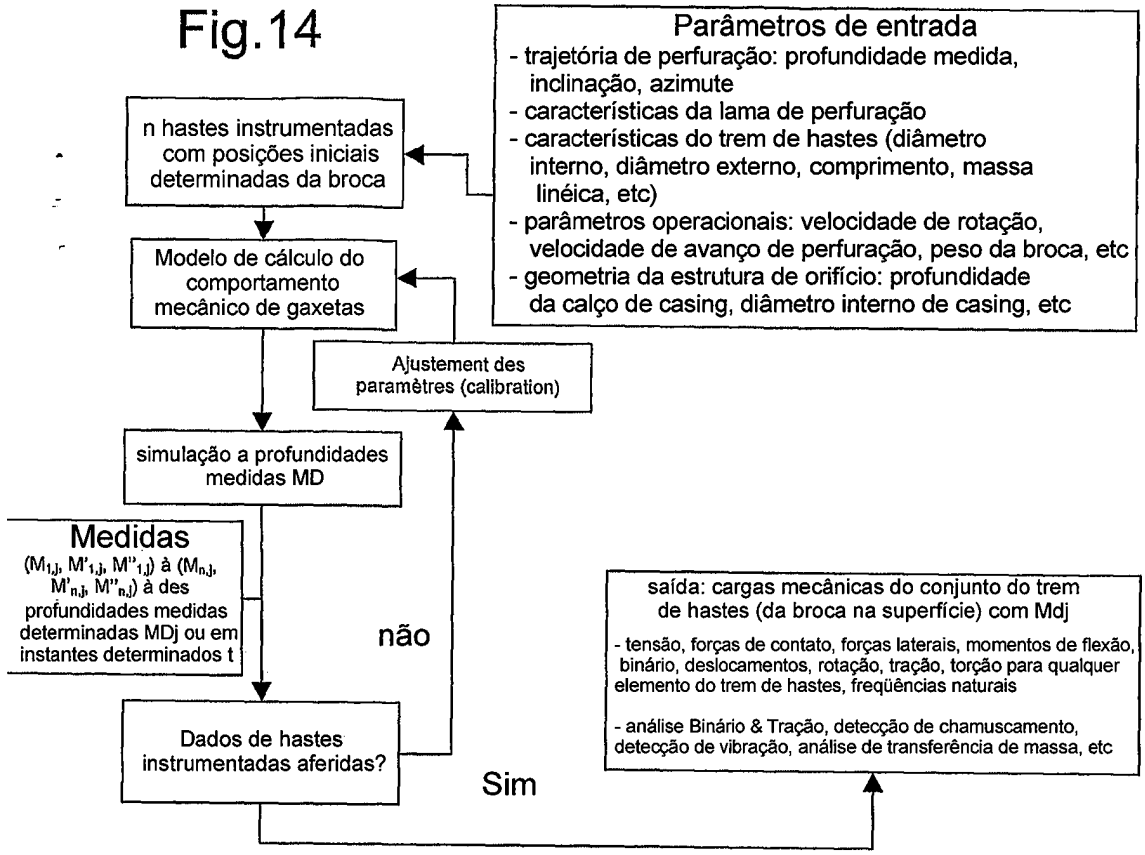

Parâmetros de entrada
- trajetória de perfuração: profundidade medida, inclinação, azimute
- características da lama de perfuração
- características do trem de hastes (diâmetro interno, diâmetro externo, comprimento, massa linéica, etc)
- parâmetros operacionais: velocidade de rotação, velocidade de avanço de perfuração, peso da broca, etc
- geometria da estrutura de orifício: profundidade da calço de casing, diâmetro interno de casing, etc
n hastes instrumentadas com posições iniciais determinadas da broca
Modelo de cálculo do comportamento mecânico de gaxetas
Ajustement des paramètres (calibration)
simulação a profundidades medidas MD
Medidas
(M1,j, M'1,j, M''1,j) à (Mn,j, M'n,j, M''n,j) à des profundidades medidas determinadas MDj ou em instantes determinados t
não
Dados de hastes instrumentadas aferidas?
Sim
saída: cargas mecânicas do conjunto do trem de hastes (da broca na superfície) com Mdj
- tensão, forças de contato, forças laterais, momentos de flexão, binário, deslocamentos, rotação, tração, torção para qualquer elemento do trem de hastes, freqüências naturais
- análise Binário & Tração, detecção de chamuscamento, detecção de vibração, análise de transferência de massa, etc

Fig.15

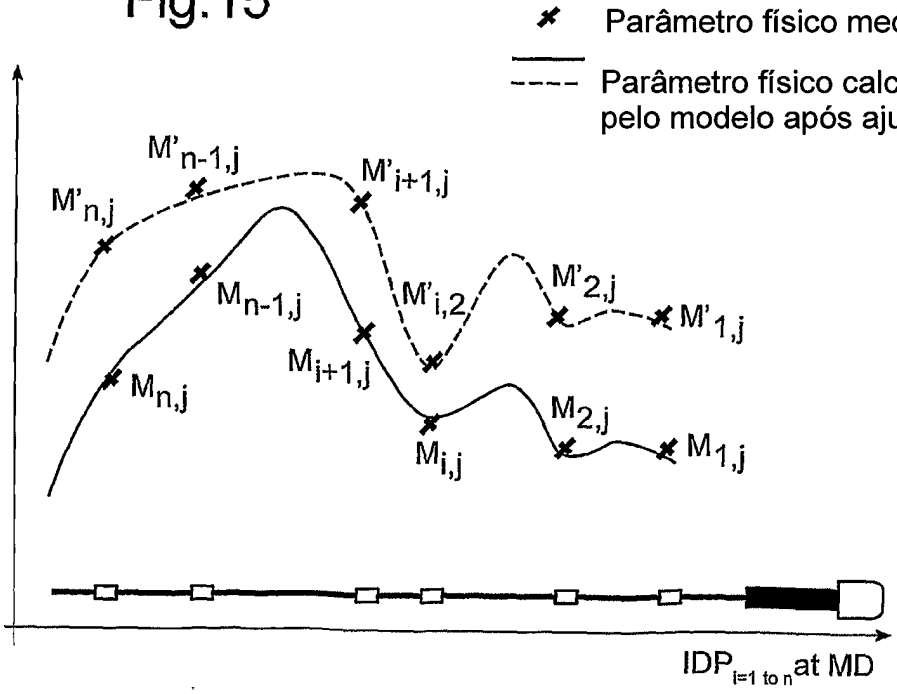

Parâmetro físico medido
Parâmetro físico calculado pelo modelo após ajuste.
M'n-1,j
M'i+1,j
M'n,j
Mn-1,j
M'i,2
M'2,j
M'1,j
Mi+1,j
Mn,j
M2,j
Mi,j
M1,j
IDPi=1 to n at MD

Fig.16

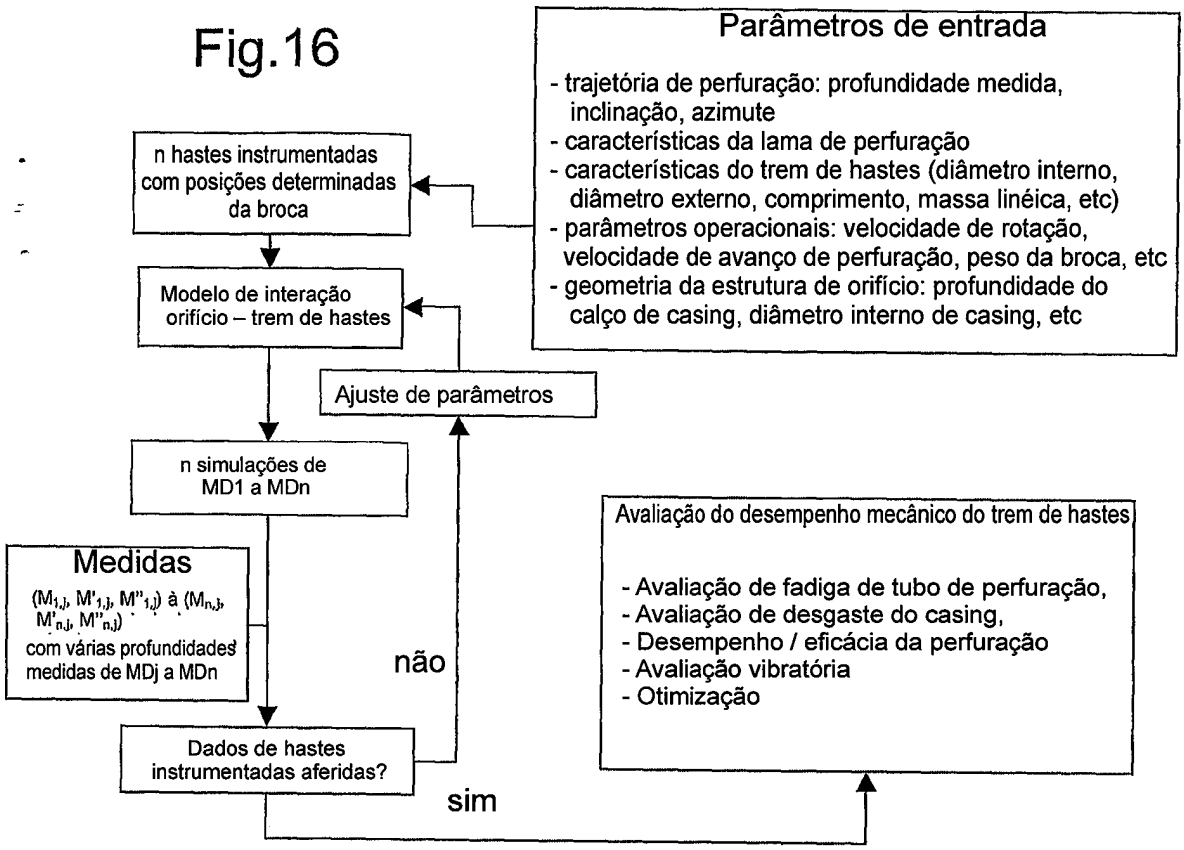
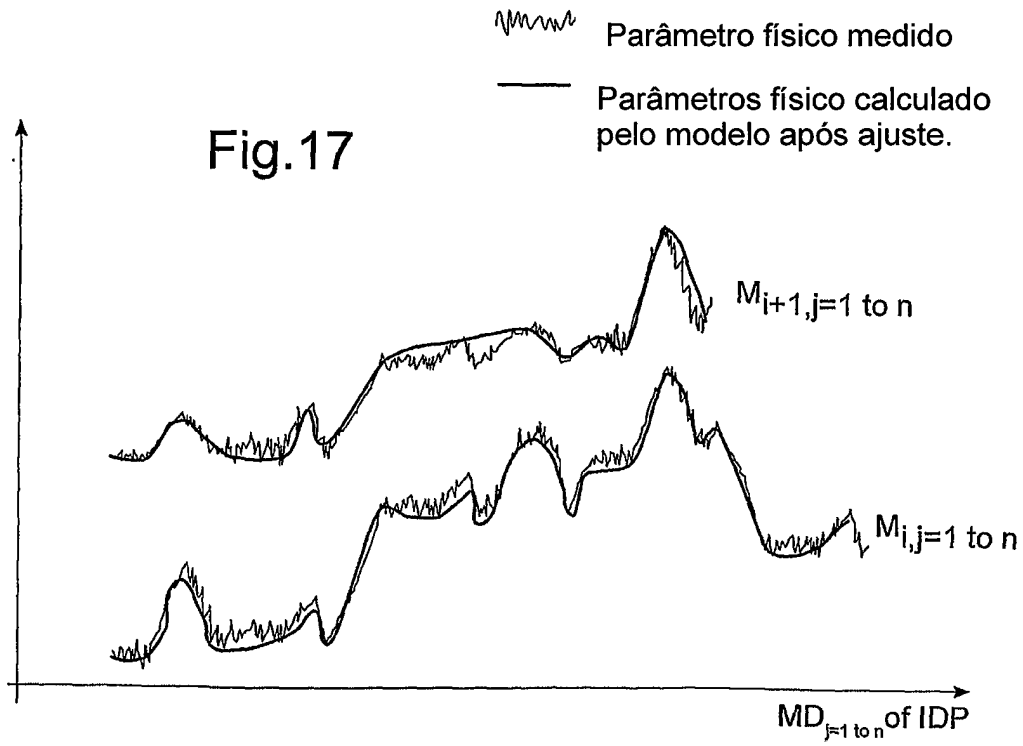

Parâmetros de entrada
- trajetória de perfuração: profundidade medida, inclinação, azimute
- características da lama de perfuração
- características do trem de hastes (diâmetro interno, diâmetro externo, comprimento, massa linéica, etc)
- parâmetros operacionais: velocidade de rotação, velocidade de avanço de perfuração, peso da broca, etc
- geometria da estrutura de orifício: profundidade do calço de casing, diâmetro interno de casing, etc
n hastes instrumentadas com posições determinadas da broca
Modelo de interação orifício – trem de hastes
Ajuste de parâmetros
n simulações de MD1 a MDn
Medidas
(M1,j, M'1,j, M"1,j) à (Mn,j, M'n,j, M"n,j)
com várias profundidades medidas de MDj a MDn
não
Dados de hastes instrumentadas aferidas?
sim
Avaliação do desempenho mecânico do trem de hastes
- Avaliação de fadiga de tubo de perfuração,
- Avaliação de desgaste do casing,
- Desempenho / eficácia da perfuração
- Avaliação vibratória
- Otimização

Fig.17


Parâmetro físico medido
Parâmetros físico calculado pelo modelo após ajuste.
Mi+1,j=1 to n
Mi,j=1 to n
MDj=1 to n of IDP

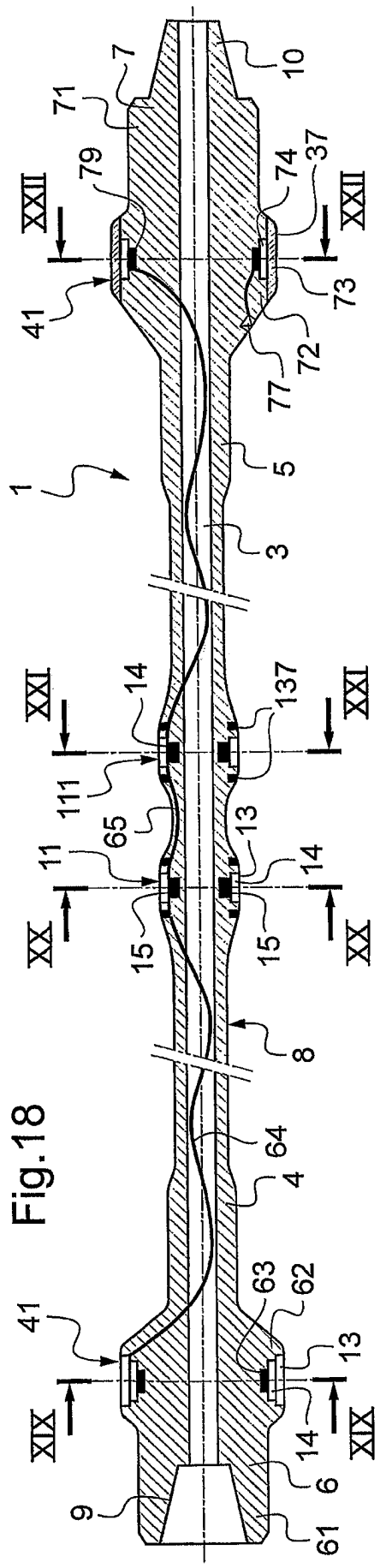


Fig.18

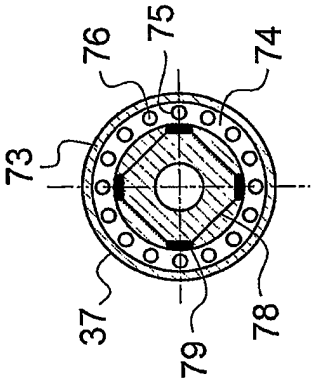


Fig.22

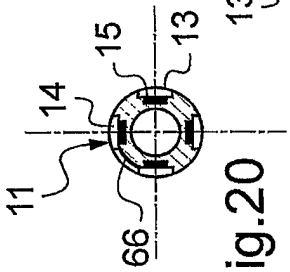


Fig.20

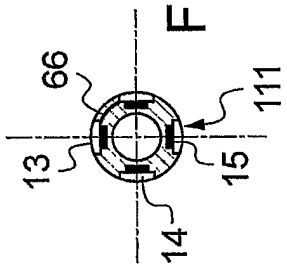


Fig.21

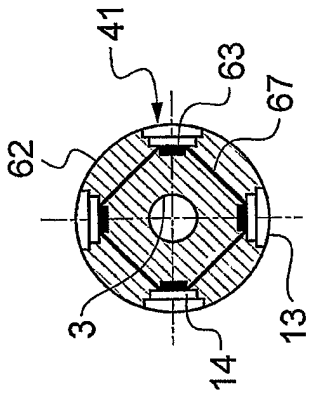


Fig.19

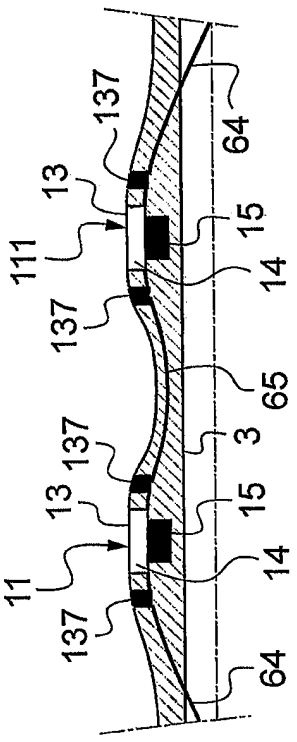


Fig.23

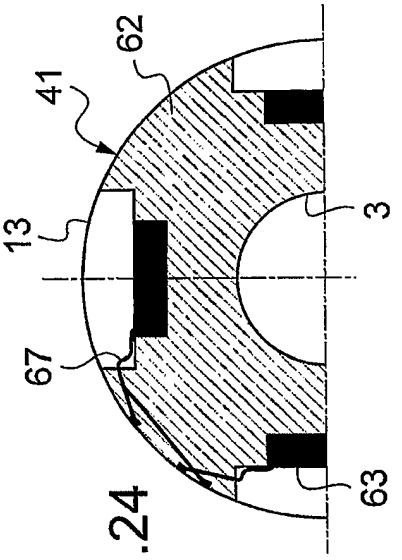


Fig.24

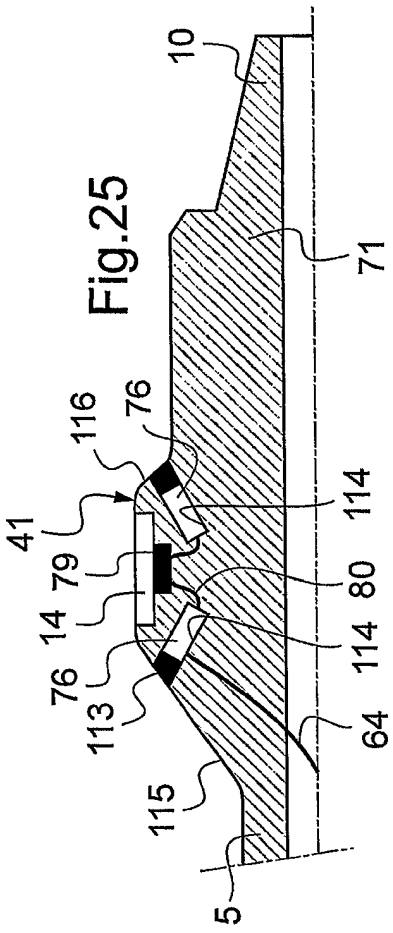


Fig.25

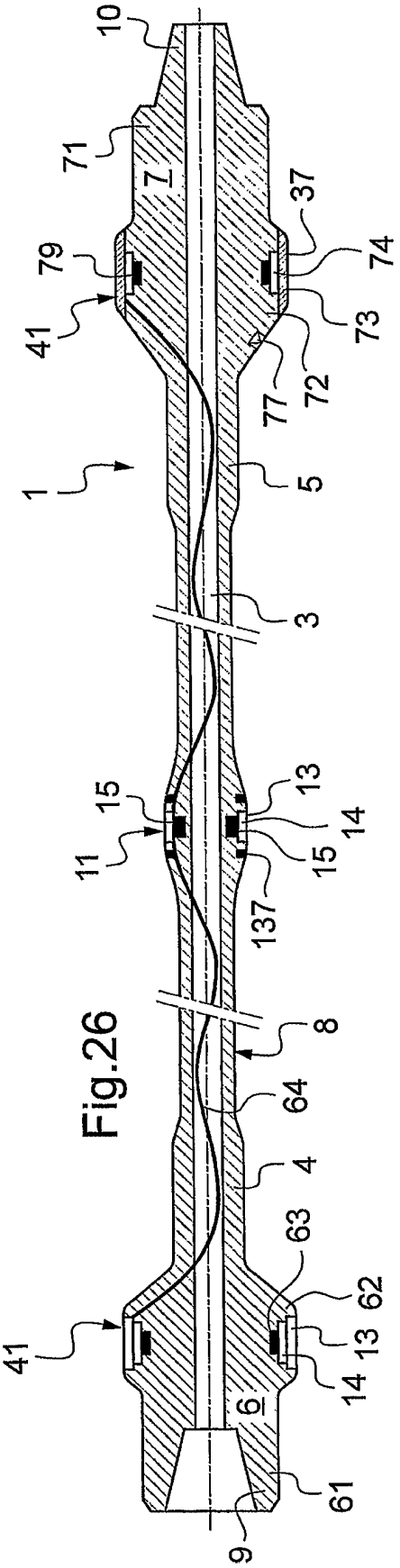


Fig.26

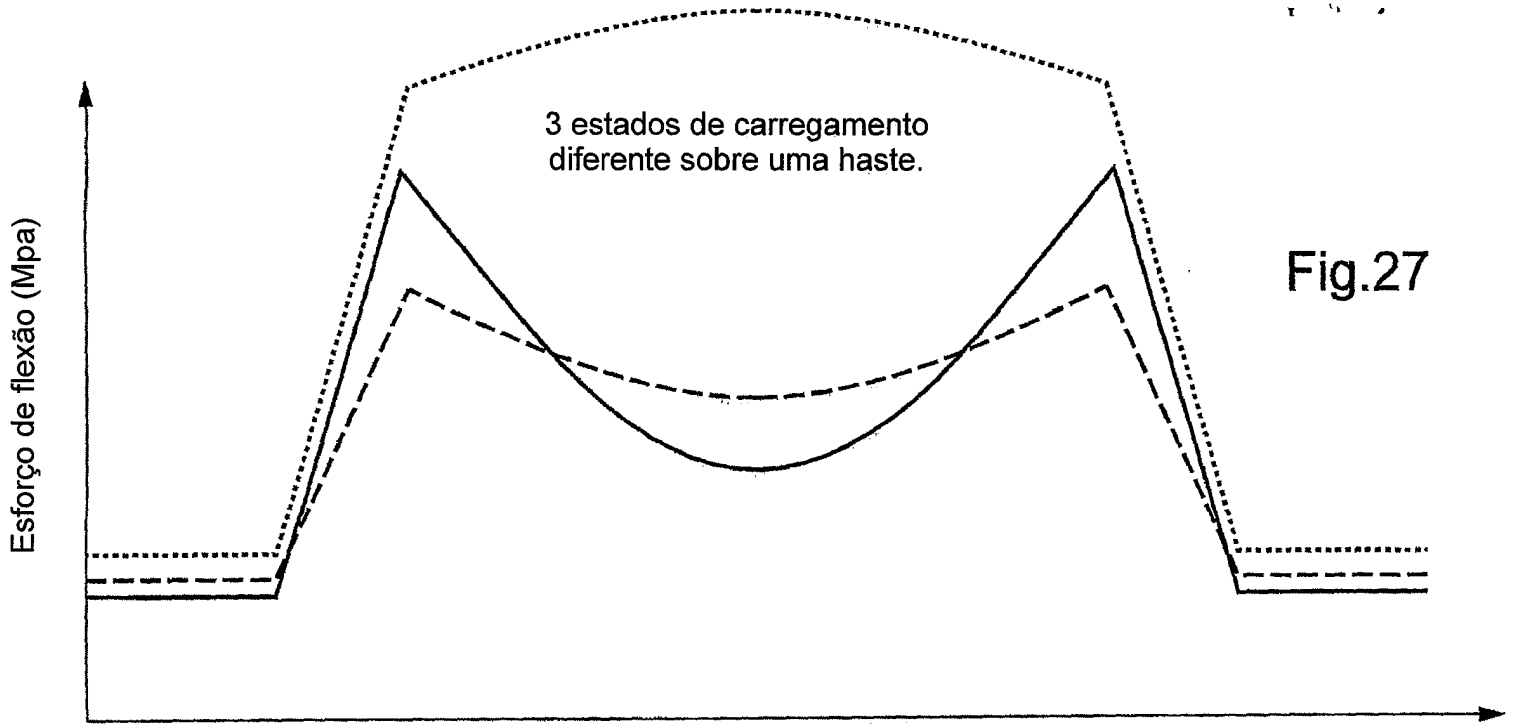

3 estados de carregamento
diferente sobre uma haste.
Esforço de flexão (Mpa)

Fig.27

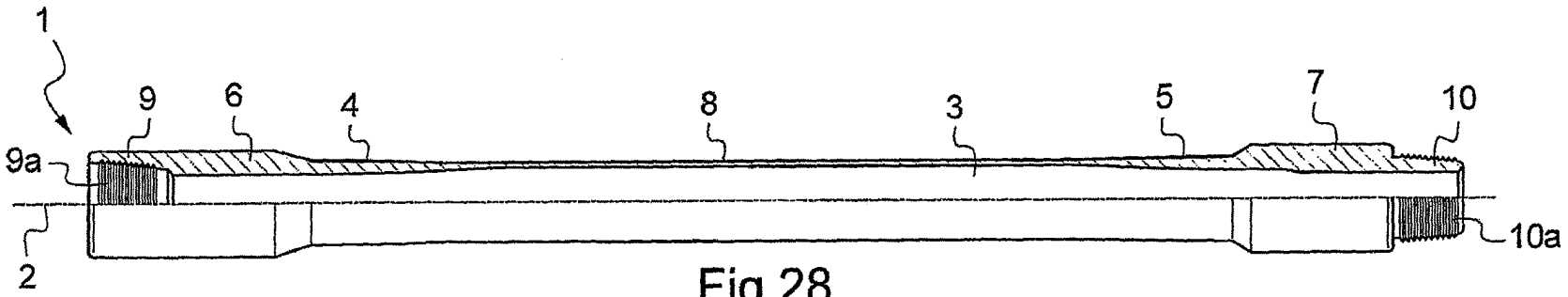

1
9
6
4
8
3
5
7
10
9a
2
10a

Fig.28