República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0617718-2 A2**

BRPI0617718A2

(22) Data de Depósito: 19/10/2006
(43) Data da Publicação: 02/08/2011
(RPI 2117)

(51) Int.Cl.:
G01V 3/18 2006.01

(54) Título: **FLUIDO PARA PERFILAGEM DE POÇOS POR PERFILAGEM ULTRA-SÔNICA COM CIMENTAÇÃO**

(30) Prioridade Unionista: 21/10/2005 US 60/729.424

(73) Titular(es): M-I L..L.C

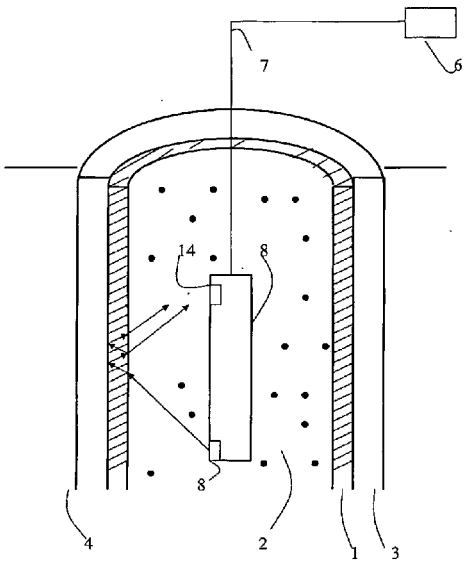
(72) Inventor(es): Michael A. Freeman

(74) Procurador(es): ORLANDO DE SOUZA

(86) Pedido Internacional: PCT US2006040948 de 19/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/047878de 26/04/2007

(57) Resumo: FLUIDO PARA PERFILAGEM DE POÇOS POR PERFILAGEM ULTRA-SÔNICA COM CIMENTAÇÃOUm fluido de perfilagem de poços, e métodos para o uso do mesmo, incluindo um fluido base selecionado dentre água, lama aquosa ou lama oleosa, e um material aditivo selecionado dentre sílica ou cortiça, ou similares. O fluido tem uma impedância substancialmente diferente daquela do fluido base. Uma impedância de tal forma modificada ajuda a melhorar a precisão da medida.



FLUIDO PARA PERFILAGEM DE POÇOS POR PERFILAGEM ULTRA-SÔNICA COM CIMENTAÇÃO

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

A invenção se refere, de forma geral, à perfilagem acústica (sônica ou ultra-sônica).

Fundamentos da Técnica

Em um processo típico de perfuração de poços de petróleo ou gás, uma seqüência de camisas, tipicamente feitas de aço, é baixada no furo do poço após o tubo de perfuração ser removido. Um fluido de perfuração ou perfilagem, tal como uma lama de base aquosa (LBA) ou uma lama de base oleosa (LBO), é usado no furo do poço para compensar a pressão de formação. Um material de enchimento (tipicamente cimento) é, então, bombeado para dentro do anel entre a camisa e a parede do poço, substituindo a lama e formando uma bainha (ou uma cimentação, como é comumente chamada), servindo às funções de isolamento das camadas de formação e proteção da camisa.

A avaliação da cimentação é importante para determinar se a cimentação está funcionando apropriadamente, impedindo que líquidos (tais como água, óleo ou lama) migrem de um camada de formação para outra. Uma tal avaliação é feita tipicamente durante a perfilagem com cimentação, usando-se transmissores e sensores sônicos ou ultra-sônicos. Durante a perfilagem acústica, pulsos acústicos são emitidos pelos transmissores em uma sonda. Estes pulsos passam através dos fluidos dentro da camisa, e são parcialmente refletidos pela interface fluido/aço. Parte dos pulsos se propagam adiante e são refletidos parcialmente na interface

aço/cimento e na interface cimento/formação. Os sinais refletidos são registrados pelos sensores e analisados.

A perfilagem com cimentação usando sensores acústicos depende da diferença entre as impedâncias da camisa de aço e fluidos comparada com a da camisa e cimento. Em uma aproximação grosseira, a impedância de um material 1 (Z_1) pode ser expressa como:

$$Z_1 = \rho_{01} C_t$$

Eq. (1)

onde ρ_{01} é a densidade estática do material 1, C_1 é a velocidade do som na material 1. A amplitude transmitida e refletida das ondas acústicas na interface entre o material 1 e o material 2, de impedâncias diferentes, é dada por:

$$A_i - A_r = \frac{Z_1 \sec\Theta_1}{Z_2 \sec\Theta_2} At$$

Eq. (2)

onde A_i é a amplitude da onda incidente, A_r é a amplitude da onda refletida, A_t é a amplitude total da onda transmitida, Θ_1 é o ângulo de propagação no material 1 e Θ_2 é o ângulo de propagação no material 2, medidos a partir de um eixo perpendicular à interface. Quando a impedância de um material é não isotrópica, Z tem a forma de um tensor. Para propósitos ilustrativos, nós não usamos a descrição de Z como tensor. Também há fatores constantes que normalizam a Eq.(2), produzindo resultados fracionários que foram omitidos. A forma simples da Eq.(2) é usada por todo o relatório para ilustrar os princípios físicos envolvidos.

Sumário da Invenção

Em um aspecto, concepções aqui reveladas se referem a um método para a perfilagem de poços, compreendendo a

modificação de uma impedância de um fluido de perfilagem de poços, e a transmissão de sinais acústicos através do fluido de perfilagem de poços em direção a uma camisa.

Em um outro aspecto, concepções aqui reveladas se referem a um método para a perfilagem de poços compreendendo a modificação de uma impedância de um fluido de perfilagem de poços, e a transmissão e recepção de sinais acústicos através do fluido de perfilagem de poços na direção, e a partir, de superfícies refletivas dentro e fora do furo do poço, incluindo as formações geológicas expostas na superfície da parede do furo do poço. Fraturas nas formações, tanto induzidas como naturais, podem também apresentar reflexões. Mudanças de composição consideráveis, tais como dobras fortes ou areias e xistos entremeados também podem ser refletivos. A magnitude, a fase e os tempos de trânsito dos sinais acústicos, refletidos por tais características, podem revelar o formato e a rugosidade do furo, a natureza e amplitude de tensões homogêneas e não homogêneas presentes nas formações dentro e em torno do furo do poço.

Em um outro aspecto, concepções aqui reveladas se referem a um método para usar um fluido de perfilagem de poços, preparar um fluido de perfilagem de poços compreendendo as etapas de: obtenção de um material aditivo tendo uma impedância substancialmente diferente em comparação ao material base, na forma de partículas tendo tamanhos substancialmente menores do que o comprimento de onde de um sinal acústico, mistura de um fluido base com o material aditivo, bombeamento do fluido de perfilagem de poços para dentro de um poço, e transmissão e recepção de

sinais acústicos através de tal fluido de perfilagem de poços.

Em um outro aspecto, concepções aqui reveladas se referem a um fluido de perfilagem de poços compreendendo um fluido base e um material aditivo tendo uma impedância substancialmente diferente em comparação ao material base.

Breve Sumário dos Desenhos

A Fig. 1 é um diagrama esquemático de uma operação de perfilagem.

A Fig. 2 mostra uma variedade de caminhos ilustrativos atravessados por pulsos acústicos em um poço encamisado.

Deve ser entendido que os desenhos devem ser usados apenas com o propósito ilustrativo, e nunca como uma definição das metas e limitações da invenção, ou como uma base para a leitura de limitações não existentes ou não expressas nas reivindicações.

Descrição Detalhada

Em um aspecto, concepções reveladas aqui se referem à perfilagem com cimentação, e métodos para manipular a impedância de um fluido de perfilagem de poços. Como indicado acima, a perfilagem com cimentação é importante no controle de qualidade da cimentação. Tal perfilagem é feita pela transmissão de sinais acústicos através do fluido e da camisa, e da recepção dos pulsos refletidos pela interface camisa/cimento.

Em geral, a sensibilidade da medição da qualidade da cimentação é determinada pela força e extensão temporal (tempo de toque) dos pulsos acústicos refletidos. Fatores que afetam as medições incluem a reflexão e a transmissão dos pulsos acústicos na interface fluido/camisa. A

amplitude dos pulsos refletidos depende fortemente da relação entre as impedâncias do fluido e da camisa, como mencionado acima.

Tipicamente, aplicações de perfilagem usam aço para o encamisamento e água, lama de base aquosa ou lama de base oleosa como fluido de perfilagem. Se a impedância da camisa ou a impedância do fluido de perfilagem puder ser ajustada, as medições dos pulsos refletidos podem ser otimizadas. Concepções reveladas aqui envolvem métodos para a manipulação da impedância do fluido de perfilagem, e um fluido de perfilagem tendo a impedância substancialmente modificada.

A Tabela 1 lista os fatores de velocidade do som (C em m/s), densidade (ρ) e Z para um certo número de materiais. A impedância de materiais compostos pode ser estimada como a média volumétrica das impedâncias dos componentes individuais, desde que o tamanho médio das partículas seja significativamente menor do que o comprimento de onda do som. Neste caso, os comprimentos de onda são da ordem de centímetros, ao passo que as partículas nos fluidos de perfuração têm tamanhos da ordem de 1 mícron a 100 micra, satisfazendo este critério. É importante notar que devido a não ser feita a perfuração com elas, pode-se também escolher empregar partículas maiores ou menores em um fluido de perfilagem, de forma a se obter as propriedades acústicas desejadas, tais como a difusão e a defasagem de sinais de comprimentos de onda menores.

É aparente, a partir da Tabela 1, que aço e cimento têm valores de Z bem diferentes. Usando a Eq. (2), a percentagem da amplitude incidente que é transmitida (com

objetivos ilustrativos assumindo-se uma incidência de 90°, sec(Θ) = 1) é proporcional à razão $Z_{aço}/Z_{cimento}$, aproximadamente 46926/9860, ou cerca de 4,8. Esta razão é significativamente diferente de $Z_{aço}/Z_{água}$ = 31.3. Esta diferença nas razões de Z determina as bases da perfilagem com cimentação, ou seja, a medição da potência refletida pelo lado posterior da camisa é um forma sensível de determinar se a interface é aço/cimento ou aço/fluido, em outras palavras, se o cimento completamente substituiu o fluido.

Tabela 1

Material	**C, m/s**	**ρ (GE)**	**Z_{est}**	**$Z_{aço}/Z$**	**$Z_{cimento}/Z$**
Alumínio	6420	2,7	17270	2,7	0,6
Berílio	12890	1,9	23847	2,0	0,4
Aço, 1% C	5940	7,9	46926	1,0	0,2
Titânio	6070	4,5	27315	1,7	0,4
Sílica	5968	2,6	15756	3,0	0,6
Vidro, sílex	3980	2,6	10348	4,5	1,0
Lucita	2680	1,2	3189	14,7	3,1
Nylon	2620	1,2	3144	14,9	3,1
Polietileno	1920	1,1	2112	22,2	4,7
Pentadeceno	1351	0,78	1054	44,5	9,4
Água	1497	1,0	1497	31,3	6,6
Água do mar	1535-3200	1,1	1689	27,8	5,8
Cimento	3600	2,9	9860	4,8	1,0
Cortiça	366-518	0,24	108	434,5	91,3
Barita	4000	4,2	1922	24,4	5,1
		Lama			
LBA, barita		1,00	1497	31	6,6
		1,25	1529	31	6,4

	1,50	1562	30	6,3
	1,75	1594	29	6,2
	2,00	1627	29	6,1
	2,25	1659	28	5,9
LBO, com uma razão de	0,844	1181	40	8,4
80:20 de óleo para	1,00	1214	39	8,1
salmoura emulsificada na	1,25	1269	37	7,8
fase líquida, e suspensão	1,50	1323	35	7,5
de barita	1,75	1377	34	7,2
	2,00	1431	33	6,9

Os pulsos das ondas acústicas devem ser transmitidos através do fluido de perfuração para dentro da camisa, e emanar da camisa para o receptor. Esta interface camisa/fluido também reflete o som. Se a reflexão for forte, ela retorna um segundo pulso para a face posterior da interface da camisa, permitindo uma segunda medição de potência refletida. Esta seqüência de ecos pode se estender por diversos ciclos. A potência recebida pelos sensores depende, criticamente, do valor de $Z_{aço}/Z_{fluido}$.

Com referência a Fig. 1, que mostra um diagrama esquemático de uma operação de perfilagem, em um processo de perfuração de um poço de gás ou petróleo, onde uma seqüência de camisas **1**, tipicamente feita de aço, é baixada para dentro do furo do poço, após o tubo de perfuração ser removido. Fluido de perfuração **2**, que foi bombeado para dentro de furo do poço durante a perfuração, permanece no furo do poço para compensar a pressão de formação. Um material de enchimento **3** (tipicamente cimento) é, então, bombeado para dentro do anel entre a camisa e a parede do poço **4**. O cimento substitui a lama e forma uma bainha (ou

uma cimentação, como é comumente chamada) servindo as funções de isolamento das camadas de formação na parede do poço **4** e proteção da camisa **1**. A avaliação da qualidade da cimentação é, tipicamente, feita durante a perfilagem com cimentação, onde um sistema de processamento de dados **5** processa dados enviados através do fio **6**, a partir da sonda **7**. Na sonda **7**, um transmissor acústico **8**, ou vários tais transmissores, emite pulsos sônicos ou ultra-sônicos. Os pulsos refletidos são coletados por um receptor **14**, ou vários tais receptores, e enviados para o sistema de processamento de dados **5**, para serem analisados.

Com referência à Fig. 2, pulsos sônicos ou ultra-sônicos emitidos pelo transmissor **8**, da Fig. 1, são transmitidos através do fluido **2**. O fluido **2**, nas concepções, tem uma impedância modificada. Um pulso parcialmente transmitido **10** na camisa **1** é refletido na fronteira aço/cimento e torna-se o pulso refletido **11**. O pulso refletido **11** pode ser adicionalmente refletido na fronteira aço/fluido e torna-se o pulso refletido **12**, ou pode ser parcialmente transmitido através da fronteira aço/fluido e torna-se o pulso **13**, que é recebido por um receptor, ou vários tais receptores.

Nesta concepção, a impedância do fluido dentro da camisa (Z_{fluido}) é modificada de forma a fornecer melhores medições da cimentação **3**. A engenharia de Z_{fluido} pode ser conseguida através do uso de aditivos tendo impedâncias substancialmente diferentes daquela do fluido base. Alternativamente, o fluido pode ser pré-formulado para ter uma impedância selecionada.

Através da redução de Z_{fluido}, uma reflexão mais forte do sinal **12** pode ser obtida, de forma a poder ser refletido muitas vezes dentro da camisa **1**, assim aumentando o tempo de toque mensurável. Isto vai melhorar a precisão da medição da potência refletida pelo lado posterior.

Por outro lado, o aumento de Z_{fluido} permite que uma maior parte do sinal refletido **11** escape e se torne o sinal transmitido **13**, sem que seja adicionalmente refletido, indo e voltando dentro da camisa **1**, desta forma diminuindo o tempo de toque e, por sua vez, aumentando a taxa na qual novos pulsos poderiam ser aplicados.

A presente invenção fornece um método para a redução de Z_{fluido}, ou para o aumento de Z_{fluido}, dependendo dos requerimentos de aumento da potência refletida ou do encurtamento do tempo de toque, para se obter resultados de medição melhorados.

Conforme mostrado na Tabela 1, vários materiais podem produzir mudanças substanciais em Z_{fluido}. Cortiça e sílica (quartzo) são dois exemplos de substâncias prontamente disponíveis, não tóxicas, que podem ser adicionadas à água, ou lama oleosa (LBO), para mudar sua impedância. Cortiça e quartzo permitem que sejam preparados fluidos que tenham a densidade requerida para assegurar pressão hidrostática, e que ainda tenham impedâncias substancialmente diferentes dos materiais atualmente usados em fluidos, durante atividades de perfilagem. Indivíduos tendo competência técnica mediana reconhecerão que existem vários materiais que podem ser usados para modificar a impedância de um fluido.

No seguinte Exemplo 1, mostra-se que a adição de sílica ao fluido de base aquosa (BA) reduz o valor de de 31,3 para uma faixa de 5-13. Isto corresponde a uma modificação de cerca de 60%-90%. Esta redução na razão é mostrada com finalidades apenas ilustrativas, e um técnico de competência normal entenderia que a quantidade de sílica na BA pode ser ajustada para se obter uma mudança diferente $Z_{aço}/Z_{BA}$. Concepções da presente invenção envolvem mudanças "substanciais" nestas razões. Na forma usada aqui, substancial se refere a uma mudança na razão maior do que cerca de 10%, ou de uma magnitude tal que afete a impedância de forma a melhorar a performance da perfilagem. Uma tal mudança pode ser conseguida através da adição de pelo menos 20% de sílica, em peso, à LA.

Exemplo 1

Material	C, m/s	ρ (GE)	Z_{est}	$Z_{aço}/Z$	$Z_{cimento}/Z$
Pastilha		1,25	3671	13	2,7
de		1,50	5844	8	1,7
sílica,		1,75	8018	6	1,2
LA		2,00	10191	5	1,0

Uma tal pastilha pode ser feita por um agente de suspensão, tal como goma xantana, em água em concentrações tão altas que efetivamente mantenham a areia suspensa por toda a duração das medições. Por exemplo, um barril de água com viscosidade modificada por 1,13 kg/bbl de goma xantana da marca FLO-VIS, poderia ser usado para suspender areia de diâmetro de 10 micra, por 24 horas a 20°C.

No seguinte Exemplo 2, mostra-se que a adição de sílica à lama de base oleosa (LBO) reduz a razão de $Z_{aço}/Z_{LBO}$ de 33-40 até uma faixa de 4-19. Isto corresponde a uma

mudança de 40%-90%. Esta faixa é para propósitos ilustrativos apenas, e um técnico de competência mediana pode ajustar a quantidade de sílica na LBO para obter uma mudança diferente na $Z_{aço}/Z_{LBO}$. Concepções da presente invenção envolvem mudanças "substanciais" nestas razões. Na forma usada aqui, substancial se refere a uma mudança na razão maior do que cerca de 10%, ou de uma magnitude tal que afete a impedância de forma a melhorar a performance da perfilagem. Uma tal mudança pode ser conseguida através da adição de pelo menos 10% de sílica, em peso, à LBO.

Exemplo 2

Material	C, m/s	ρ (GE)	Z_{est}	$Z_{aço}/Z$	$Z_{cimento}/Z$
Pastilha de		1,00	2447	19	4,0
sílica, LBO		1,25	4475	10	2,2
		1,50	6504	7	1,5
		1,75	8533	5	1,2
		2,00	10562	4	0,9
		2,25	12591	4	0,8

No seguinte Exemplo 3, mostra-se que a adição de cortiça a lama de base aquosa (LBA) aumenta a razão de $Z_{aço}/Z_{LBA}$ de 28-31 até uma faixa de 29-61. Isto corresponde a um aumento de até 100%. Esta faixa é para propósitos ilustrativos apenas, e um técnico de competência mediana pode ajustar a quantidade de sílica na LBA para obter uma mudança diferente na $Z_{aço}/Z_{LBA}$. Concepções da presente invenção envolvem mudanças "substanciais" nessas razões. Na forma usada aqui, substancial se refere a uma mudança na razão maior do que cerca de 10%, ou de uma magnitude tal que afete a impedância de forma a melhorar a performance da

perfilagem. Uma tal mudança pode ser conseguida através da adição de pelo menos 5% de cortiça, em peso, a LBA.

Exemplo 3

Material	C, m/s	ρ (GE)	Z_{est}	$Z_{aço}/Z$	$Z_{cimento}/Z$
Pastilha de		1,00	764	61	12,9
cortiça, LBA		1,25	980	48	10,1
		1,50	1195	39	8,2
		1,75	1411	33	7,0
		2,00	1627	29	6,1

Vantagens da presente invenção incluem, mas não estão limitadas a: manipulação da impedância do fluido de perfilagem fornece uma nova dimensão de liberdade para a obtenção de medições ótimas. Uma tal manipulação é muito mais fácil do que a mudança da impedância da camisa ou do cimento.

Por extensão, pode-se ver que uma tal manipulação oferece vantagens a outras aplicações de perfilagem acústica refletiva, tal como a determinação do formato real e rugosidade do furo do poço, dos campos de tensões próximos e distantes nas formações perfuradas, e a presença de fraturas naturais e induzidas.

Também por extensão, pode-se ver que uma tal manipulação oferece vantagens para a transmissão de energia acústica através da superfície do furo do poço, de forma a ser recebida por receptores externos ao poço, na superfície ou em furos adjacentes.

Enquanto a invenção foi descrita com respeito a um número limitado de concepções, aqueles versados na técnica, tendo o benefício desta descrição, poderão apreciar que outras concepções podem ser contempladas, sem que se afaste

do escopo da invenção, na forma aqui descrita. Da mesma forma, o escopo da invenção deve ser limitado apenas pelas reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a perfilagem de poços caracterizado por compreender:

a modificação de uma impedância de um fluido de perfilagem de poços para afetar a propagação e reflexão de sinais acústicos usados na perfilagem; e

a transmissão de sinais acústicos, através do dito fluido de perfilagem de poços, na direção de características refletivas sobre ou atrás da parede do furo do poço.

2. Método para a perfilagem de poços caracterizado por compreender:

a modificação de uma impedância de um fluido de perfilagem do poços com respeito à cimentação; e

a transmissão de sinais acústicos, através do dito fluido de perfilagem de poços, na direção da camisa.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita modificação da impedância do fluido de perfilagem de poços é obtida através da mistura de um fluido base com um material aditivo tendo uma impedância substancialmente diferente, quando comparada com a impedância do dito fluido base.

4. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o fluido base é pelo menos um selecionado dentre água, lama de base aquosa e lama de base oleosa.

5. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o material aditivo é pelo menos um selecionado dentre sílica e cortiça.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4,

caracterizado pelo fato de que o material aditivo está na forma de partículas suspensas no fluido base.

7. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que as partículas do material aditivo têm tamanhos na faixa de 1 micron a 100 micra.

8. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o material aditivo constitui ao menos 1%, em peso, do dito fluido de perfilagem de poços.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que sinais acústicos são transmitidos por um transmissor acústico, ou vários transmissores, e recebido por um sensor, ou vários sensores.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que os sinais acústicos são pulsos com um comprimento de onda na faixa sônica ou ultra-sônica.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os sinais acústicos são direcionados em um ângulo, ou na normal, à interface fluido/camisa.

12. Método para a utilização de um fluido de perfilagem de poços caracterizado por compreender:

a preparação de um fluido para a perfilagem de poços, que inclui:

a obtenção de um material aditivo tendo uma impedância substancialmente diferente em comparação com a impedância do material base, na forma de partículas tendo tamanhos substancialmente menores do que o comprimento de

onda de um sinal acústico; e

a mistura de um fluido base com o material aditivo;

o bombeamento do fluido para perfilagem de poços para dentro de um poço; e

a transmissão e recepção de sinais acústicos através do dito fluido de perfilagem de poços.

13. Fluido para perfilagem de poços caracterizado por compreender:

um fluido base; e

um material aditivo tendo impedância substancialmente diferente quando comparada com a impedância do dito material base.

14. Fluido de perfilagem de poços, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o fluido base é pelo menos um selecionado dentre água, lama de base aquosa e lama de base oleosa.

15. Fluido de perfilagem de poços, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o material aditivo é pelo menos um selecionado dentre sílica e cortiça.

16. Fluido de perfilagem de poços, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o material aditivo ao fluido base resulta em uma impedância substancialmente modificada do dito fluido de perfilagem de poços.

17. Fluido de perfilagem de poços, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o material aditivo constitui ao menos 1%, em peso, do dito fluido de perfilagem de poços.

18. Fluido de perfilagem de poços, de acordo com

a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o material aditivo está na forma de partículas suspensas no fluido base.

19. Fluido de perfilagem de poços, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o tamanho médio das partículas é significativamente menor do que o comprimento de onda de um sinal acústico.

20. Fluido de perfilagem de poços, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que as partículas do material aditivo têm tamanhos na faixa de 1 micron a 100 micra.

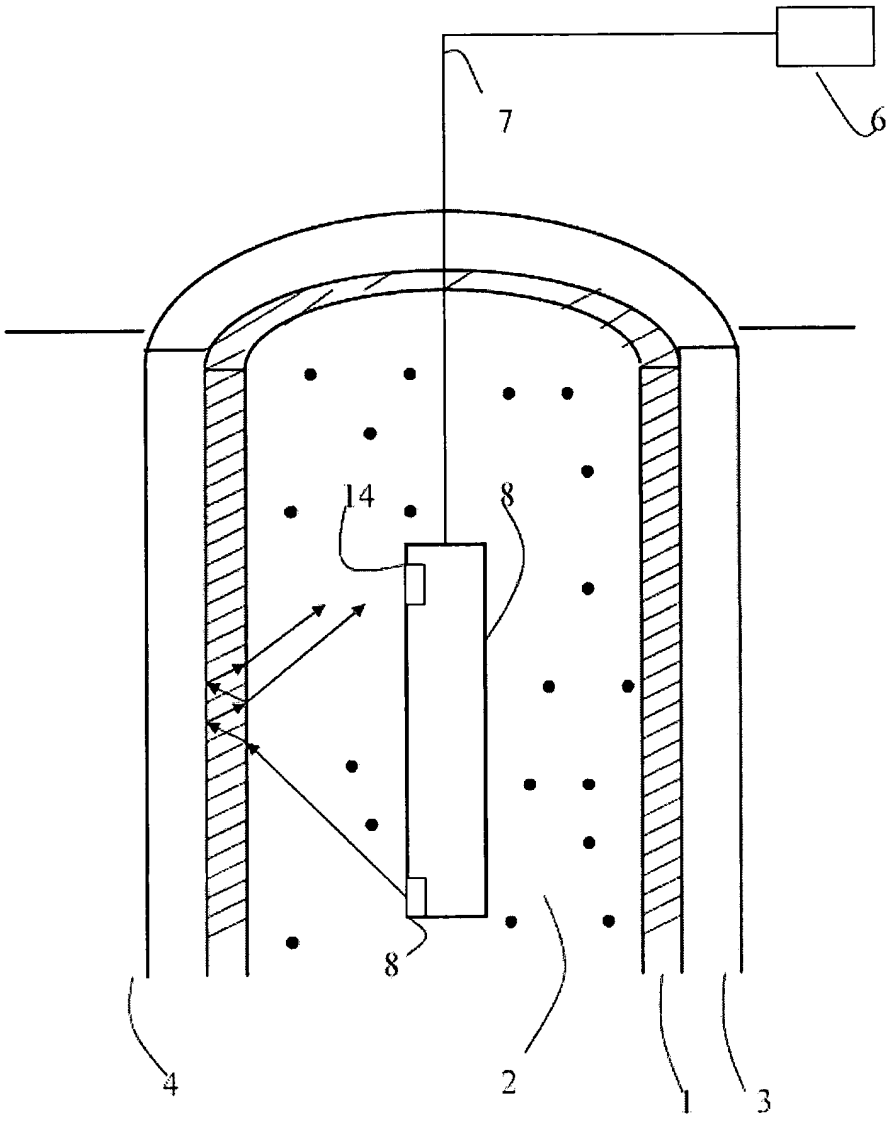


FIG. 1

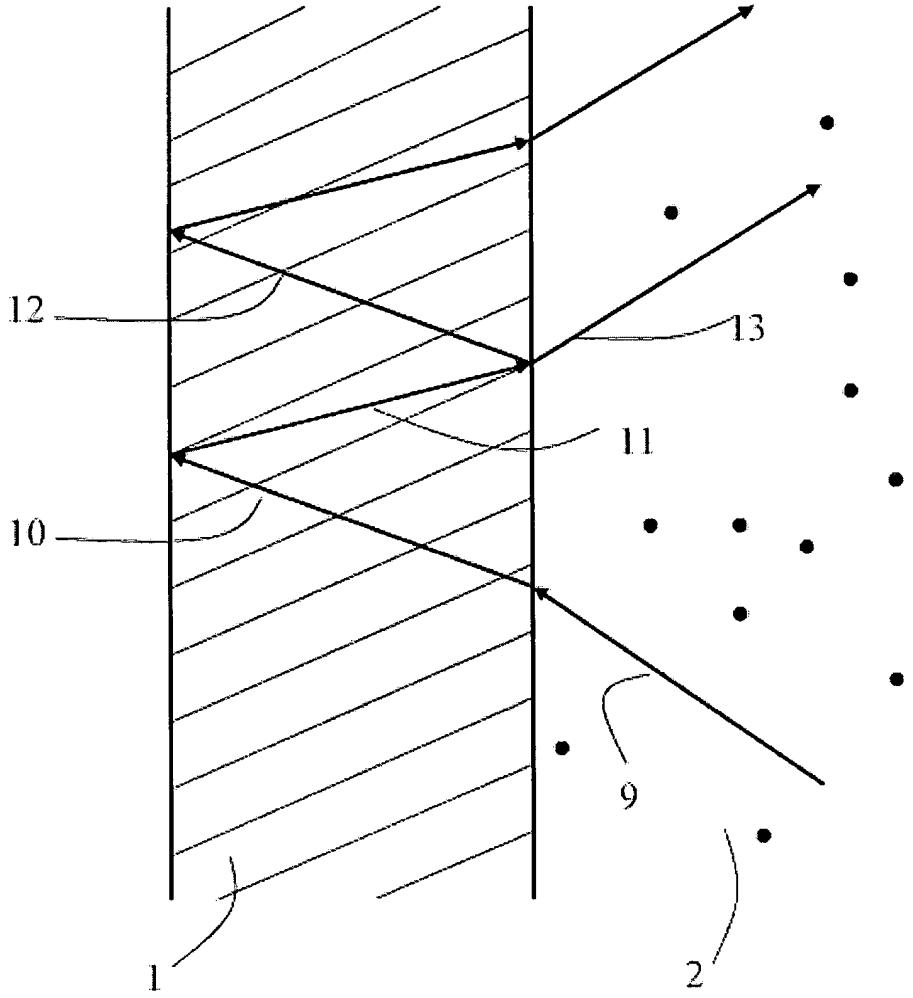


FIG. 2

PI0617718-2

FLUIDO PARA PERFILAGEM DE POÇOS POR PERFILAGEM ULTRA-SÔNICA COM CIMENTAÇÃO

Um fluido de perfilagem de poços, e métodos para o uso do mesmo, incluindo um fluido base selecionado dentre água, lama aquosa ou lama oleosa, e um material aditivo selecionado dentre sílica ou cortiça, ou similares. O fluido tem uma impedância substancialmente diferente daquela do fluido base. Uma impedância de tal forma modificada ajuda a melhorar a precisão da medida.