



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

(21) PI 0716721-0 A2



(22) Data de Depósito: 29/08/2007
(43) Data da Publicação: 03/09/2013
(RPI 2226)

(51) Int.Cl.:

C09K 8/467

C04B 14/06

C04B 28/02

C04B 111/74

(54) Título: MÉTODO DE CIMENTAÇÃO DE UM REVESTIMENTO DE UMA TUBULAÇÃO DE ÓLEO OU GÁS EM UMA PAREDE DE POÇO CIRCUNDANTE, E, PASTA FLUIDA DE CIMENTO HIDRÁULICO PARA O USO NA CIMENTAÇÃO DE POÇO DE GÁS OU ÓLEO

(30) Prioridade Unionista: 15/09/2006 NO 20064174

(73) Titular(es): Elkem AS

(72) Inventor(es): Frank Vidar Rostol, Philippe Revil

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & Cia.

(86) Pedido Internacional: PCT NO2007000306 de 29/08/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/033027 de 20/03/2008

(57) Resumo: MÉTODO DE CIMENTAÇÃO DE UM REVESTIMENTO DE UMA TUBULAÇÃO DE ÓLEO OU GÁS EM UMA PAREDE DE POÇO CIRCUNDANTE, E, PASTA FLUIDA EM CIMENTO HIDRÁULICO PARA USO NA CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE GÁS OU ÓLEO. A presente invenção diz respeito a um método para a cimentação de um revestimento de uma tubulação de óleo ou gás em uma parede de poço circundante, onde uma pasta fluida de cimento hidráulico é formada e a pasta fluida é preparada na região circular entre o revestimento da tubulação e a parede de poço circundante. A pasta fluida de cimento é formada mediante a mistura entre si de um cimento hidráulico, de 12 a 24% de sílica com base no peso do cimento, e água; em que a sílica compreende de 1/3 a 2/3 de sílica microfina e de 2/3 a 1/3 de farelo de sílica. A invenção ainda refere-se a uma pasta fluida de cimento para uso no método.

“MÉTODO DE CIMENTAÇÃO DE UM REVESTIMENTO DE UMA TUBULAÇÃO DE ÓLEO OU GÁS EM UMA PAREDE DE POÇO CIRCUNDANTE, E, PASTA FLUIDA DE CIMENTO HIDRÁULICO PARA USO NA CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE GÁS OU ÓLEO”

5 Campo da Invenção

A presente invenção é envolvida com a cimentação de tubos de aço ou outras estruturas em poço de óleo e gás tais como revestimentos e revestimentos internos.

Fundamentos

10 Na cimentação de poços de óleo, uma pasta fluida de cimento é geralmente bombeada em declive dentro de um revestimento e colocada no espaço anular entre o lado de fora do revestimento e a parede do poço. Os dois propósitos mais importantes do processo de cimentação são impedir o transporte de gás e líquido entre as formações subterrâneas e amarrar e
15 sustentar o revestimento do cano. Além de vedar as formações produtoras de óleo, gás e água, o cimento também protege o revestimento contra corrosão, e impede o escape de gás ou óleo quando a pasta fluida de cimento veda o poço muito rapidamente e de forma impermeável.

20 Em temperaturas acima de 110 °C, as fases de hidratação do cimento Portland curado sofrem mudanças. Este fenômeno é conhecido como resistência de retrogressão (SR). Isto resulta em propriedades de isolamento mais fracas tais como resistência a compressão mais baixa e permeabilidade de cimento curado mais elevada, e leva a uma perda de isolamento zonal como descrito na indústria de cimentação de campo petrolífero com
25 possibilidade de influxo de líquido ou gás a partir da formação no poço e através das diferentes formações.

A resistência de retrogressão é facilmente identificada através da diminuição rápida e precoce da resistência a compressão e do aumento da permeabilidade do cimento curado durante um tempo em temperatura acima

de 110 °C. Quando nenhuma diminuição da resistência a compressão e nenhum aumento na permeabilidade do cimento curado podem ser observados, é então concluído que nenhuma resistência de retrogressão ocorre.

5 Durante 50 anos, as companhias têm rotineiramente adicionado 35 % em peso de cimento (BWOC) de farelo de sílica, com um diâmetro médio de partícula de cerca de 20 a 60 microns, ao cimento para impedir que a SR ocorra (Journal of American concrete institute V27, no. 6, 678, February 1956).

10 No entanto, existem dificuldades de manipulação e armazenagem associadas com o uso de misturas secas preparadas com cimento e farelo de sílica seco, tal como a falta de espaços nos anéis ou plataformas fora da costa para acomodar várias misturas secas diferentes, abuso de contaminação, e dificuldades gerais associadas com a preparação e
15 manipulação de pós finos.

 Mais recentemente, a suspensão líquida de sílica foi comercializada como uma alternativa para completar as operações de mistura seca. Estes aditivos líquidos têm provado eficazes na prevenção de SR quando usados em um equivalente de 35 % de sílica total BWOC. Eles têm mostrado
20 algumas vantagens sobre as operações de mistura seca, especialmente em operações ao largo ou remotas, quando apenas os revestimentos/revestimentos internos mais profundos requerem o uso de sílica para estabilizar o cimento Portland ou outro.

 Infelizmente, uma limitação que foi identificada precoce em
25 seu uso foi a concentração relativamente elevada de produto líquido que foi requerida para igualar aos 35 % de sílica total BWOC. Isto significa que um grande volume de aditivos líquidos teria que ser transportado e misturado durante a operação de cimentação. Isto é particularmente significativo no caso de anéis de perfuração ao largo, onde o espaço de coberta e armazenagem

pode ser extremamente limitado.

Existem assim problemas de armazenagem tanto com materiais secos diferentes quanto com aditivos líquidos.

Descrição da Invenção

5 É, portanto, um objetivo da presente invenção fornecer meios para a redução de SR no cimento usado para tubulações de óleo e gás, em particular, para poços fora da costa.

 É um outro objetivo evitar a necessidade de armazenar e misturar pó seco para formar pastas fluidas de cimento, e também minimizar
10 o volume de quaisquer aditivos de pasta fluida de cimento levado ao anel.

 Freqüentemente, no caso de poços fora da costa, as temperaturas de poço se encontram na faixa de 100 °C a 150 °C. Foi observado pelos presentes inventores que nestas temperaturas de poço, um método diferente para o uso de sílica como um aditivo de pasta fluida de
15 cimento pode ser adotado.

 De acordo com a invenção, portanto, é fornecido um método de cimentação de um revestimento de uma tubulação de óleo ou gás em uma parede de poço circundante, que compreende a formação de uma pasta fluida de cimento hidráulico, a disposição da pasta fluida na região circular entre o
20 revestimento da tubulação e a parede de poço circundante, e a permissão do cimento curar; em que a pasta fluida de cimento é formada mediante a mistura entre si de um cimento hidráulico, de 12 a 24 % de sílica com base no peso do cimento, e água; a sílica compreendendo de 1/3 a 2/3 de sílica microfina e de 2/3 a 1/3 de farelo de sílica.

25 De acordo com uma forma de realização preferida da invenção, a sílica está na forma de uma suspensão aquosa de sílica microfina e farelo de sílica.

 As partículas de sílica microfina preferidas usadas nesta invenção são de natureza amorfa tal como microsílica, mas também podem

ser cristalinas.

Foi observado pelos inventores que mediante a adoção de uma combinação de partículas de sílica microfina e farelo de sílica, preferivelmente na forma de uma suspensão aquosa, em uma pasta fluida de cimento para uso nos poços com temperaturas na faixa de 110 °C a 150 °C, a quantidade de sílica pode ser significativamente reduzida, enquanto ainda impede a SR de ocorrer no cimento.

Particularmente com o uso de sílica na forma de uma suspensão líquida, o uso de farelo de sílica seco é evitado, a mistura de ingredientes secos é evitada, um componente isolado (isto é, a suspensão de sílica aquosa) necessita apenas ser transportado e armazenado, e o volume que necessita ser transportado e armazenado é minimizado nas circunstâncias onde a disponibilidade de armazenagem está em um prêmio.

Preferivelmente, a sílica total representa de 15 a 20 % em peso de cimento.

Em níveis de sílica de 10 % de BWOC e menor, a supressão de SR não é eficaz, particularmente em temperaturas mais elevadas, enquanto em temperaturas acima de 150 °C se torna necessário utilizar níveis de sílica acima de 25 % de BWOC.

O termo “microssílica” usado no relatório descritivo e reivindicações deste pedido é particulado, o SiO_2 amorfo obtido de um processo em que a sílica (quartzo) é reduzida para SiO-gás e o produto de redução é oxidado na fase vapor para formar sílica amorfa. A microssílica pode conter pelo menos 70 % em peso de sílica (SiO_2) e possui uma densidade específica de 2,1 a 2,3 g/cm³ e uma área superficial de 15 a 40 m²/g. As partículas primárias são substancialmente esféricas e possuem um tamanho médio de cerca de 0,15 µm. A microssílica é preferivelmente obtida como um co-produto na produção de silício ou ligas de silício em fornos elétricos de redução. Nestes processos grandes quantidades de microssílica

são formadas. A microssílica é recuperada de maneira convencional usando filtros de manga ou outro mecanismo de coleta.

O termo “sílica cristalina microfina” usada no relatório descritivo e reivindicações deste pedido é sílica cristalina particular tendo uma D50 de 10 μm máximo e preferivelmente uma D50 de cerca de 3 μm .

O farelo de sílica é simplesmente sílica cristalina triturada com um tamanho médio de partícula ao redor de 25 μm .

Descrição Detalhada da Invenção

A invenção será agora ilustrada com maiores detalhes nos seguintes Exemplos não limitativos.

Exemplo 1 (Técnica anterior)

Uma pasta fluida de cimento padrão sem sílica foi misturada, fundida e curada em 150 °C.

A resistência a compressão foi medida e a permeabilidade do cimento curado foram medidas. Os resultados são mostrados na Tabela 1 e na Figura 1. Como pode ser visto a SR ocorre rapidamente após 9 h como mostrado na Figura 1.

Tabela 1

Medições da permeabilidade do cimento curado de cimento sem sílica curado a 150 °C.

Amostra #	Composição	Temperatura durante a cura do cimento	Permeabilidade
	Cimento sem sílica	150 °C	Elevada, tipicamente da ordem de 10 mD

Exemplo 2 (Técnica Anterior)

Cimento com 35 % de farelo de sílica seco BWOC foi misturado, fundido e testado com relação a resistência a compressão e permeabilidade em 150 °C. Os resultados são mostrados na Tabela 2. Como esperado nenhuma SR ocorreu com a adição de 35 % de BWOC.

Tabela 2

Cubos (48 h) Em 150 °C	C.S. (psi) (1 psi = 6,9 kPa)	UCA Resistência psi @ 48 h (1 psi = 6,9 kPa)
35 % de Farelo de Sílica	8503	3633
35 % de Farelo de Sílica	8946	

Medições da permeabilidade do cimento curado

Amostra #	Composição	Temperatura durante a cura do cimento	Permeabilidade de Ar
5	35 % de farelo de sílica BWOC	175 °C	0,000838 mD
Da literatura	35 % de farelo de sílica BWOC	150 °C	0,004 mD

Exemplo 3 (Técnica Anterior)

Cimento + 35 % de sílica BWOC que se origina de uma
5 suspensão líquida de 1/3 de microsílica e 2/3 de farelo de sílica foi
misturado, fundido e testado a 150 °C.

Os resultados são mostrados na Tabela 3 e na Figura 2.

Tabela 3

Cubos (48 h) Em 150 °C	C.S. (psi) (1 psi = 6,9 kPa)	UCA Resistência psi @ 48 h (1 psi = 6,9 kPa)
35 % de BWOC MBHT	8078	4069
35 % de BWOC MBHT	9197	

A partir da Figura 2 pode ser visto que a CS aumenta em um
10 valor de mais do que 2000 psi (1,38 MPa) e permanece neste nível. Nenhuma
resistência de retrogressão pode ser observada. Isto era esperado quando o
cimento tivesse teor de sílica convencional de 35 BWOC.

Exemplo 4 (Invenção)

Um cimento contendo 17 % de sílica total BWOC da
15 suspensão líquida de sílica contendo 1/3 de microsílica e 2/3 de farelo de
sílica foi misturado, fundido, curado e testado a 150 °C. A permeabilidade de
ar e a resistência a compressão foram medidas em intervalos durante um
período de tempo de um ano. Os resultados são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4.

Tempo de cura a 150 °C	3 semanas	3 meses	6 meses	1 ano
Permeabilidade de ar Klinkenberg mD	0,092	0,00082	0,00028	0,00036
Resistência a compressão PSI (1 psi = 6,9 kPa)	-	4630	6230	-

OBSERVAÇÃO

A permeabilidade de ar é de várias ordens mais elevada do que a permeabilidade de água. ref. Paper: “Klinkenberg effect for gas permeability and its comparison to water permeability for porous curary rocks” – W. Tanikawa and T. Shimamoto.

Nenhum sinal de SR tinha ocorrido após 1 ano a 150 °C. A permeabilidade de cimento curado permanece baixa e a CS permanece elevada. Exame das amostras após um ano mostrou uma porosidade muito baixa e poros muitos finos compondo o cimento muito bem adequados para a vedação das perfurações de poço tendo uma temperatura inferior de até 150 °C.

Foi surpreendente que a SR pode ser prevenida pelo uso de quase metade da quantidade de sílica comparado com a prática convencional.

Exemplo 5 (Invenção)

Um cimento contendo 17 % de sílica total BWOC que se origina de uma suspensão líquida de sílica preparada com 2/3 de microssílica e 1/3 de farelo de sílica foi misturado, fundido e testado a 150 °C.

Como mostrado na Figura 3 nenhum sinal de SR aparece após 15 dias de cura a 150 °C, mostrando que uma mistura líquida com esta relação de microssílica para farelo de sílica eficazmente previne a SR.

Exemplo 6 (Invenção)

Um cimento contendo 17 % de BWOC que se origina de uma suspensão líquida de sílica preparada com 1/3 de sílica cristalina microfina com uma D50 de 3 µm e 2/3 de farelo de sílica foi misturado, fundido e testado a 150 °C.

Como pode ser visto a partir da Figura 4, nenhum sinal de SR ocorre após 1 semana de cura a 150 °C. A partícula de sílica microfina na mistura de sílica líquida pode ser de origem amorfa ou cristalina.

Exemplo 7 (Invenção)

5 Um cimento contendo 10 % de sílica total BWOC que se origina da suspensão líquida de sílica contendo 1/3 microssílica e 2/3 de farelo de sílica foi misturado, fundido e testado a 150 °C.

10 Como pode ser visto a partir da Figura 5, sinais claros de SR ocorrem após 24 horas a 150 °C quando apenas 10 % de sílica total BWOC da suspensão líquida de sílica for usado. Um teor mínimo de sílica é necessário pra eficazmente impedir a SR.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de cimentação de um revestimento de uma tubulação de óleo ou gás em uma parede de poço circundante, caracterizado pelo fato de que compreende a formação de uma pasta fluida de cimento hidráulico, a disposição da pasta fluida na região circular entre o revestimento da tubulação e a parede de poço circundante, e a permissão do cimento curar; em que a pasta fluida de cimento é formada mediante a mistura entre si de um cimento hidráulico, de 12 a 24 % de sílica com base no peso do cimento, e água; em que a sílica compreende de 1/3 a 2/3 de sílica microfina e de 2/3 a 1/3 de farelo de sílica.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a sílica está na forma de uma suspensão aquosa de sílica microfina e farelo de sílica.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a sílica microfina e o farelo de sílica são adicionados separadamente.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a sílica microfina é microssílica, sílica cristalina microfina, sílica coloidal ou misturas destas.

5. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a sílica cristalina microfina possui uma D50 de 10 µm máximo.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a sílica representa de 15 a 20 % em peso de cimento.

7. Pasta fluida de cimento hidráulico para uso na cimentação de poços de gás ou óleo tendo uma temperatura inferior entre 100 e 150 °C, caracterizada pelo fato de que compreende: um cimento hidráulico, de 12 a 24 de sílica com base no peso do cimento e água em que a sílica compreende de 1/3 a 2/3 de sílica microfina e de 2/3 a 1/3 de farelo de sílica.

8. Pasta fluida de cimento hidráulico de acordo com a

reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que a sílica compreende uma suspensão aquosa de sílica microfina e farelo de sílica.

9. Pasta fluida de cimento hidráulico de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que a sílica microfina é
5 microssílica, sílica cristalina microfina, sílica coloidal ou misturas destes.

10. Pasta fluida de cimento hidráulico de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que a sílica cristalina microfina possui uma D50 de 10 μm máximo.

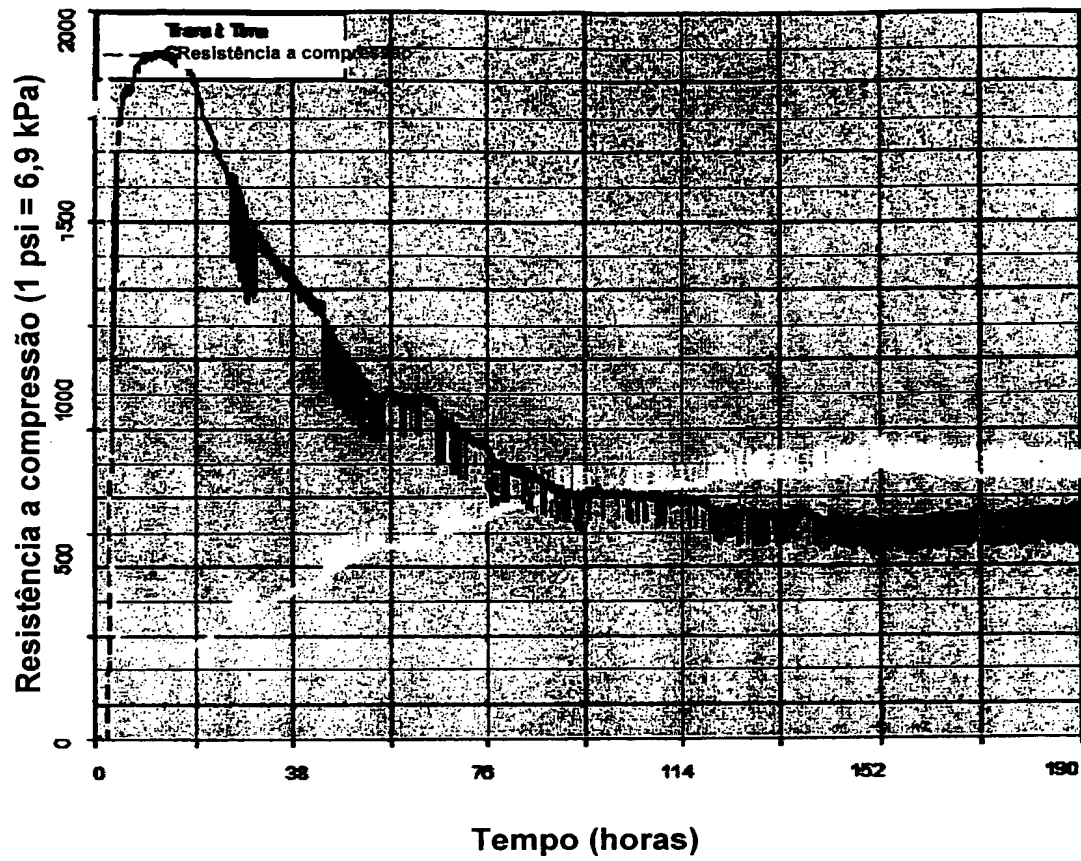


Figura 1

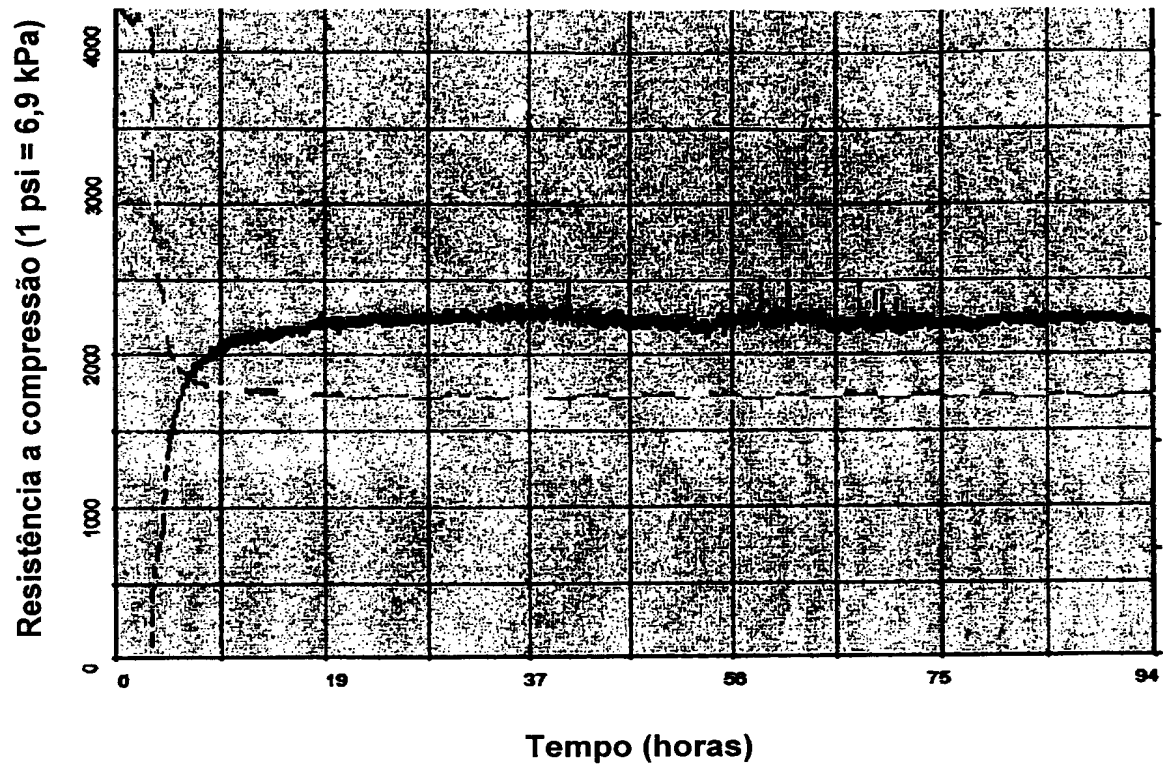


Figura 2

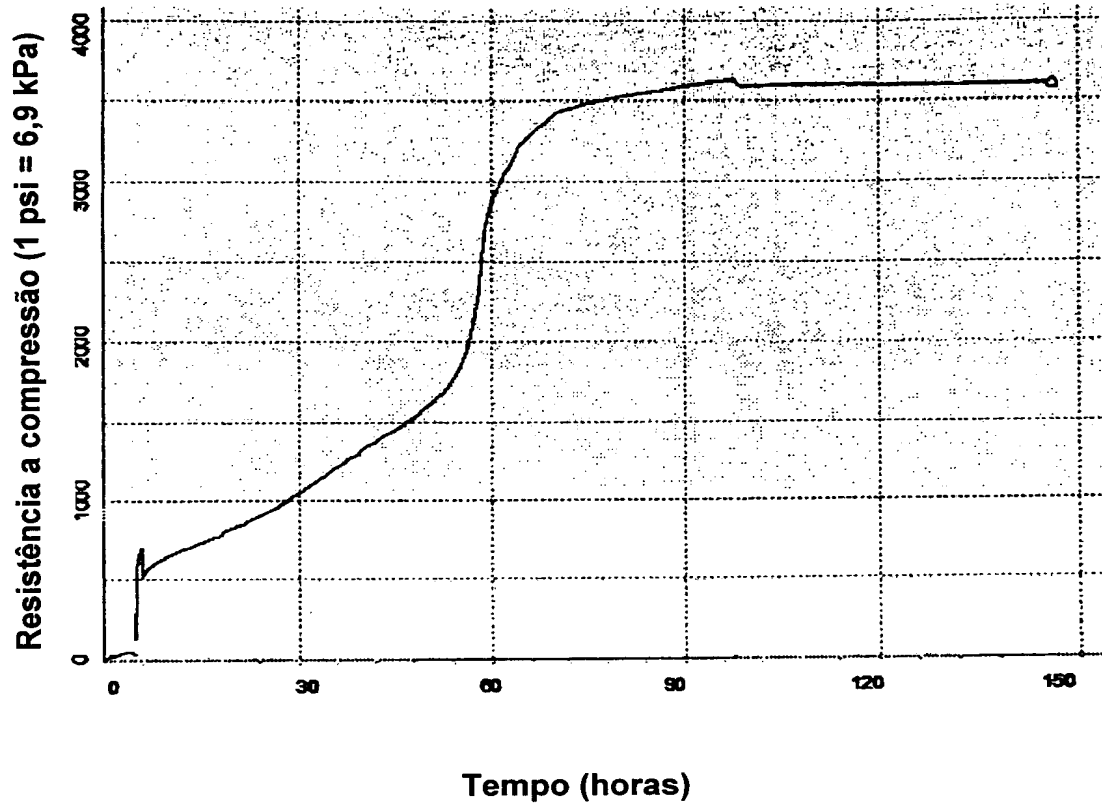


Figura 3

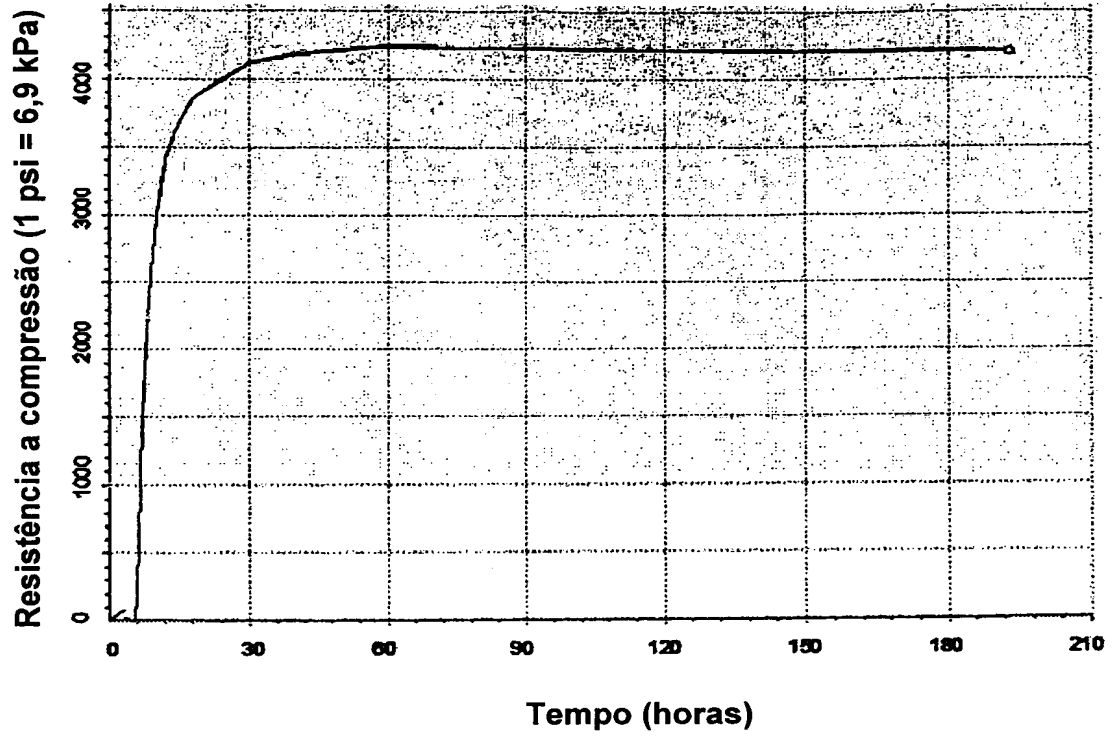


Figura 4

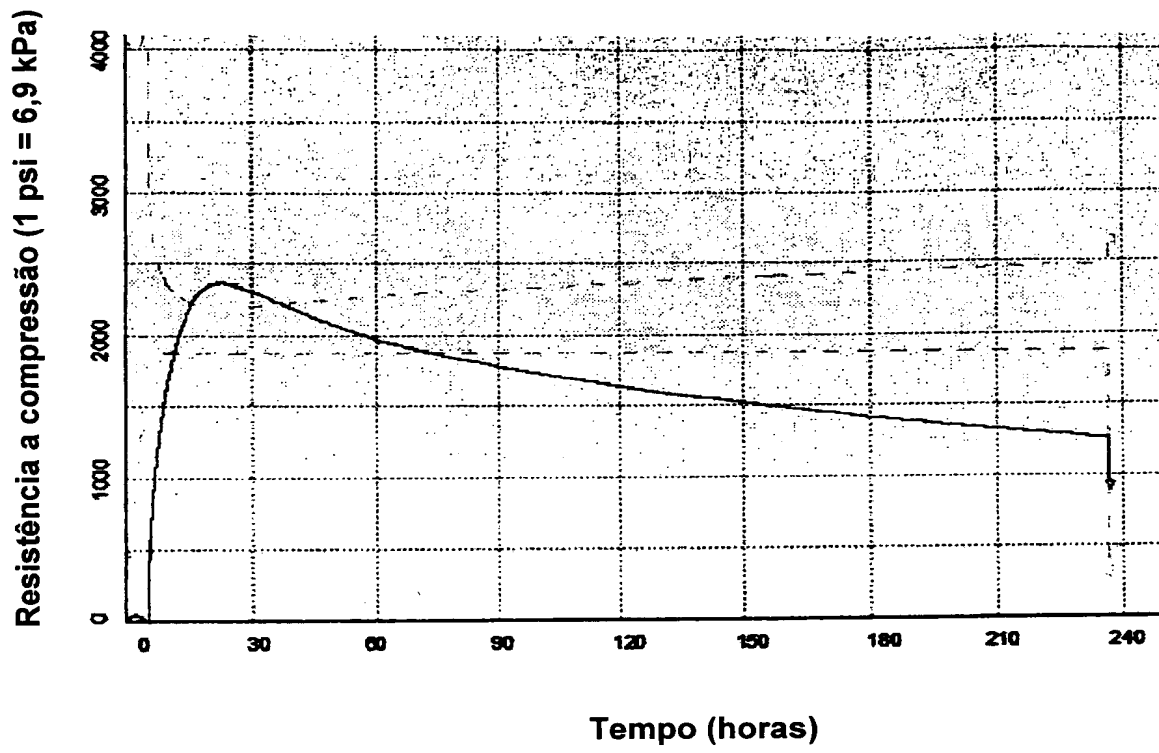


Figura 5

RESUMO

“MÉTODO DE CIMENTAÇÃO DE UM REVESTIMENTO DE UMA
TUBULAÇÃO DE ÓLEO OU GÁS EM UMA PAREDE DE POÇO
CIRCUNDANTE, E, PASTA FLUIDA DE CIMENTO HIDRÁULICO
5 PARA USO NA CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE GÁS OU ÓLEO”

A presente invenção diz respeito a um método para a
cimentação de um revestimento de uma tubulação de óleo ou gás em uma
parede de poço circundante, onde uma pasta fluida de cimento hidráulico é
formada e a pasta fluida é preparada na região circular entre o revestimento da
10 tubulação e a parede de poço circundante. A pasta fluida de cimento é
formada mediante a mistura entre si de um cimento hidráulico, de 12 a 24 %
de sílica com base no peso do cimento, e água; em que a sílica compreende de
1/3 a 2/3 de sílica microfina e de 2/3 a 1/3 de farelo de sílica. A invenção
ainda refere-se a uma pasta fluida de cimento para uso no método.