



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

(21) **PI 0720979-7 A2**

(22) Data de Depósito: 20/03/2007
(43) Data da Publicação: 08/01/2013
(RPI 2192)



(51) *Int.Cl.:*
C09K 8/80
E21B 43/267

(54) Título: MÉTODO PARA PRODUZIR MATERIAL PARA ESCORAMENTO DE FRATURAS, E MÉTODO DE AUMENTAR A PRODUÇÃO DE UM POÇO

(30) Prioridade Unionista: 28/02/2007 RU 2007107435

(73) Titular(es): Prad Research And Development Limited

(72) Inventor(es): Elena Mikhailovna Pershikova, O'Neill Eamonn

(74) Procurador(es): Walter de Almeida Martins

(86) Pedido Internacional: PCT RU2007000137 de 20/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/105678 de 04/09/2008

(57) Resumo: MÉTODO PARA PRODUZIR MATERIAL PARA ESCORAMENTO DE FRATURAS, E MÉTODO DE AUMENTAR A PRODUÇÃO DE UM POÇO. Essa invenção está relacionada à indústria de petróleo e gás e pode ser usado para prevenir o fechamento da fratura mediante bombear particulados especiais (material para escoramento de fraturas) para o interior da fratura após o fraturamento hidráulico do reservatório. De acordo com a invenção, o material para escoramento de fraturas é constituído de particulados de material cerâmico sinterizado os quais são modelados como esferas ideais. O uso desse tipo de material para escoramento de fraturas pode aumentar a produção do poço em cerca de 25 %.

MÉTODO PARA PRODUIR MATERIAL PARA ESCORAMENTO DE FRATURAS,
E MÉTODO DE AUMENTAR A PRODUÇÃO DE UM POÇO

Essa invenção está relacionada com a indústria de petróleo e gás e pode ser usada a melhoria da produção de poços através do uso de material para escoramento de fraturas e fraturamento hidráulico para reservatórios portadores de petróleo.

O fraturamento hidráulico de um reservatório é uma técnica bem estabelecida para a melhoria da produção de um poço. O elemento chave do fraturamento hidráulico para tratamento de um reservatório é o bombeamento em alta pressão de um fluido viscoso para o interior da parte rentável de um reservatório de petróleo ou gás: esse procedimento cria fraturas no reservatório. Para manter essas fraturas abertas, particulados esféricos (material para escoramento de fraturas) são acrescentados dentro do fluido bombeado. O material para escoramento de fraturas é aplicado pelo fluido ao interior da fratura preenchendo a fratura e construindo uma estrutura granulosa, que se deixa penetrar pelo fluxo de gás e óleo proveniente do reservatório no sentido ao furo de poço. Materiais para escoramento de fraturas são projetados para sustentar uma alta pressão de fechamento e prevenir o impacto dos fluidos corrosivos da formação (água, gases ácidos, água salinizada) nas altas temperaturas da formação. Dependendo

das condições quanto ao material para escoramento de fraturas, a matéria prima para a produção deles pode ser escolhida a partir de areia de quartzo, bauxita, argila caulinita, alumina, e diferentes tipos minerais silicato de
5 alumínio.

Os parâmetros importantes dos grãos do material para escoramento de fraturas são seu grau de arredondamento, esfericidade e uniformidade em tamanho e forma. Essas propriedades são crucias para a permeabilidade
10 do recheio de material para escoramento de fraturas e, portanto para a condutividade dos fluidos hidrocarbonetos através dos vazios do recheio de material para escoramento de fraturas.

A maioria dos materiais comercialmente disponíveis
15 atualmente para escoramento de fraturas não possuem forma esférica (exceto microesferas de vidro) mas em lugar disso são esferóides. Indiretamente, isso é confirmado pela existência do gráfico de Krumbein & Sloss usado nessa indústria: o gráfico descreve a perfeição da forma do grão
20 do material para escoramento de fraturas. Porém, o gráfico ainda assim não tem o valor 1 correspondente a uma forma perfeitamente esférica do material para escoramento de fraturas. A Patente russa RU 2.098.618 descreve o uso de grãos do material para escoramento de fraturas com formas
25 esféricas perfeitas (microesferas de vidro) porém sua aplicação prática está restringida pela baixa resistência

mecânica das microesferas.

A Patente norte americana U.S. No. 4879181 revela a fabricação de um material para escoramento de fraturas a partir de uma mistura de bauxita e argila caulinita. O material inicial para a modelagem de um material para escoramento de fraturas tem apropriada elasticidade; isso torna maiores os parâmetros de arredondamento e esfericidade quanto aos grãos do material para escoramento de fraturas (até 0,7 pelo gráfico de Rrumbein).

A desvantagem desse material para escoramento de fraturas é a insuficiente esfericidade que reduz a área de fluxo livre entre grãos do material para escoramento de fraturas; isso fluido da formação através do recheio de material para escoramento de fraturas.

A Patente norte americana U.S. No. 5.188.175 revela o método de fabricação de esferóides cerâmicos produzidos a partir de argila caulinita sinterizada, compreendendo também alumina, sílica, óxidos de ferro e titânio. A composição em óxidos desse material é a seguinte (%peso): alumina - 25-40, sílica - 50-65, óxido de ferro - 1,6, e óxido de titânio - 2,6. A esfericidade dos grãos produzidos é de 0,7. Esse tipo de material para escoramento de fraturas é eficiente principalmente para o tratamento de reservatórios de petróleo e gás em profundidades de baixa a moderada.

A desvantagem desse material para escoramento de

fraturas é a insuficiente esfericidade, que reduz a área de fluxo livre entre os grãos do material para escoramento de fraturas; isso reduz a velocidade de fluidez do fluido da formação através do recheio de material para escoramento de fraturas.

A Patente norte americana U.S. No. 3.929.191 revela um material para escoramento de fraturas para a estimulação da produção de petróleo através da técnica de fraturamento hidráulico: o material para escoramento de fraturas é obtido por sinterização de mineral alumino-silicato ou produzido a partir de aço ou ferro modelados na forma de grãos com tamanhos de 6-100 mesh, preferivelmente de 10-40 mesh; a esfericidade e arredondamento dos grãos pelo gráfico de Krumbein é acima de 0,8, a densidade é de 2,6 g/cm³; o material particulado é revestido com uma resina fenólica sólida fusível.

A desvantagem desse material para escoramento de fraturas é a insuficiente esfericidade que reduz a área de fluxo livre entre grãos do material para escoramento de fraturas; isso reduz a velocidade de fluidez do fluido da formação através do recheio de material para escoramento de fraturas.

O análogo mais próximo da nossa invenção é o material para escoramento de fraturas revelado na Patente norte americana U.S. No. 3.929.191 usado para hidrofraturamento de formações subterrâneas; o material para

escoramento de fraturas é produzido a partir de mineral alumino-silicato sinterizado na forma granular com tamanhos de 6-100 mesh, preferivelmente de 10-40 mesh, com o arredondamento e esfericidade pelo gráfico de Krumbein
5 acima de 0,8, a densidade é de 2,6 g/cm³; o material particulado é revestido com uma resina fenólica sólida fusível.

A desvantagem desse material para escoramento de fraturas é a insuficiente esfericidade que reduz a área de
10 fluxo livre entre grãos do material para escoramento de fraturas; isso reduz a velocidade de fluidez do fluido da formação através do recheio de material para escoramento de fraturas.

O objetivo da presente invenção é o desenvolvimento
15 de um material para escoramento de fraturas que facilite o fluxo do fluido da formação devido à otimização da forma do material para escoramento de fraturas; quanto melhor a forma mais aumenta a área de fluxo livre entre os canais formados pelos grãos do recheio na fratura. Isso pode
20 reduzir o arrasto do fluxo do fluido da formação.

Esse objetivo pode ser conseguido mediante produzir um material para escoramento de fraturas a partir de matéria prima cerâmica sinterizada na forma esférica (com desvio da perfeita esfericidade menor que 0,05% do raio da
25 esfera). A dispersão do raio do grão precisa estar ao mesmo nível como para uma drágea de uso medicinal na indústria

farmacêutica. O material inicial para a produção é uma carga de sílica, alumina, alumino-silicatos com aditivos de óxidos metálicos (grupo do ferro) ou óxido de manganês. O aprimoramento do resultado técnico pode ser conseguido
5 através do fracionamento do material para escoramento de fraturas pronto: isso aumenta as passagens do fluxo intersticial no recheio de material para escoramento de fraturas. É preferível que a relação do diâmetro máximo grão do material para escoramento de fraturas relativamente
10 ao diâmetro mínimo de uma fração seja menor que 2.

A tecnologia para a produção de materiais para escoramento de fraturas com forma esférica quase perfeita é a mesma como para a dos convencionais materiais para escoramento de fraturas, exceto quanto ao uso de pratos
15 nodulizadores e outros dispositivos que assegurem verdadeiramente a forma esférica do produto semi-acabado após nodulação; outras ferramentas necessárias são fornos-túneis ou unidades de sinterização para a sinterização no leito fluidizado. Esse equipamento em lugar dos fornos
20 giratórios garantem a forma esférica intacta do produto semi-acabado.

O uso e of materiais para escoramento de fraturas com forma esférica quase perfeita para a tecnologia de hidro-fraturamento, especialmente com distribuição
25 monodispersa de tamanho de grão e com a posterior aplicação dos grãos na formação subterrânea cria uma malha uniforme

do tipo capilar no recheio. Essa geometria reduz os efeitos adversos correlacionados com o turbilhonamento do fluxo nas irregularidades da estrutura e descritos pela equação de (1). A maior a velocidade de fluidez significa uma maior queda de pressão; portanto, a permeabilidade do recheio de material para escoramento de fraturas se reduz. O coeficiente que liga a queda de pressão e a velocidade de fluidez nessa equação é conhecido como um "fator beta", que descreve a tortuosidade de poro quanto a um fluxo de fluido através de um recheio de material para escoramento de fraturas.

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} = \frac{\mu v}{k} + \beta \rho v^2 \quad (1)$$

ΔP - queda de pressão;

ΔL - distância entre os sítios de medição da pressão;

μ - viscosidade do líquido;

v - velocidade do líquido; $v=q/s$, onde q - é a taxa de bombeio, s - é a seção transversal do recheio de material para escoramento de fraturas;

β - fator beta;

k - permeabilidade;

ρ - densidade do líquido.

Essa teoria indica que se o material para escoramento de fraturas é fabricado do mesmo material, o fator-beta para um recheio de esferas perfeitas é menor que

o fator-beta para um recheio de esferóides.

O uso de materiais cerâmicos para a fabricação de materiais para escoramento de fraturas é melhor que o vidro: a resistência do material cerâmico é maior devido à
5 presença das fases cristalinas na composição dos materiais cerâmicos que superam a resistência da fase vítrea amorfa. Além disso, o material compreendendo fases cristalinas torna o material menos sensível à deformação por altas temperaturas durante a queima (em comparação com as formas
10 em vidro).

O método preferível para a produção desse tipo de materiais para escoramento de fraturas começa com a moagem e a mistura dos ingredientes e a mistura é alimentada a um prato nodulizador e sinterização em fornos-túneis em um
15 suporte ou em um cadinho. A altura da camada de material para escoramento de fraturas como uma relação relativamente ao diâmetro do cadinho não é maior que 0,7/1, o produto sinterizado é para ser separado em frações. A composição usual da carga é de alumina e sílica e, pelo menos, um ou
20 mais componentes: óxido de magnésio, óxido de cálcio, óxido ferroso, óxidos de metais alcalinos ou de metais alcalino-terrosos, óxido de manganês ou óxido de titânio. A composição da carga depende da aplicação futura do material para escoramento de fraturas pronto.

25 As características importantes da produção do material para escoramento de fraturas são as seguintes:

Os ingredientes (talvez, recozidos) são triturados até que 90% do produto passe através da medida de 63 mesh. Se necessário, plastificantes e outros componentes podem ser acrescentados à mistura. O processo de trituração pode ser realizado para os materiais em separado ou para uma mistura. Os ingredientes são misturados parcialmente em moinhos (a menos que o procedimento de trituração combinada fosse aplicado) ou diretamente no nodulizador de prato (sem lâminas). Uma vez que não existem lâminas nesse projeto, isso exclui a deformação extra dos grãos no equipamento, as esferas somente aumentam em tamanho. Se necessário, um aglomerante plastificante temporário é acrescentado à carga - a quantidade requerida para formar o núcleo dos grãos esféricos e seu futuro crescimento. A faixa regular do material aglomerante temporário é de 3 a 20 %p, e o tempo total para a mistura e formação dos nódulos é de 2 a 10 minutos. Os aditivos aglomerantes são tomados das classes de água, soluções aquosas ou soluções orgânicas de polímeros, látex, micro-ceras, ceras, etc. Após os núcleos das esferas serem formados e o apropriado tamanho do grão ser conseguido, alimentação próxima de 12 %p do pó inicial é acrescentada ao nodulizador, e a carga mantém a mistura por um curto período de tempo, menos que 3 minutos. Em seguida, esses grãos são classificados por tamanho levando em conta a adicional contração durante o estágio de sinterização. Os grãos fora de tamanho podem ser enviados

para a reciclagem. Se são usados aglomerantes orgânicos temporários durante o estágio de mistura e de formação de nódulos, o pré-cozimento pode ser usado para a remoção desses orgânicos. Os grãos secados e dimensionados são alimentados para recozimento em um leito (em uma caixa de recozimento) ou em cadinhos em fornos-túneis. Essa abordagem para recozimento ajuda a evitar deformação nesse estágio. A temperatura e o tempo de residência são escolhidos para assegurar a apropriada sinterização do material tão logo a resistência seja conseguida. A separação em frações é também possível após o estágio do recozimento.

Embora a tecnologia para a aplicação do desenvolvido material para escoramento de fraturas seja a mesma para os tipos padrões dos materiais para escoramento de fraturas, o uso de material perfeitamente esférico para escoramento de fraturas pode ser benéfico para uma maior produção de fluido proveniente do reservatório e para a drenagem ao furo de poço.

Nesse ponto a invenção é ilustrada através de diversos exemplos.

Os experimentos foram realizados no conjunto de poços, isto é, sob condições idênticas.

1. Após o hidro-fraturamento ter sido realizado na profundidade em poços ativos na área da Sibéria Ocidental, o uso de materiais cerâmicos para escoramento de fraturas

com esfericidade de 0,7 propicia a produtividade do poço ao nível de 110 m³ por dia, embora a produtividade estimada esteja na faixa de 100 a 160 m³ por dia.

2. O uso do material para escoramento de fraturas de mesma composição e nas mesmas condições, mas com esfericidade de 0,85, aumenta a produção do poço ao nível de 157 m³ por dia, com a produtividade estimada de poço na faixa de 100 a 160 m³ por dia.

3. O uso do material para escoramento de fraturas de mesma composição com forma esférica perfeita (desvio é menor que 2% do raio) aumenta a produção do poço até 201 m³ por dia.

O material para escoramento de fraturas constituído de grãos com forma esférica perfeita em lugar do material para escoramento de fraturas com esfericidade de 0,9 aumenta a produção do poço em 25% mantendo-se as demais condições iguais.

- REIVINDICAÇÕES -

1. MÉTODO PARA PRODUZIR MATERIAL PARA ESCORAMENTO DE FRATURAS, caracterizado por compreender os particulados de material cerâmico sinterizado, em que o referido material para escoramento de fraturas possui uma forma esférica ideal.

2. Material para escoramento de fraturas com aperfeiçoamento, caracterizado por a matéria prima para a produção do material para escoramento de fraturas ser uma mistura de componentes compreendendo sílica, alumina, óxidos de metal alcalino, óxidos de metal alcalino-terroso, óxidos de metal do grupo do ferro, e óxido de manganês.

3. Material para escoramento de fraturas produzido de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o material para escoramento de fraturas ser separado na forma de frações.

4. Material para escoramento de fraturas de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por a relação do diâmetro máximo relativamente ao diâmetro mínimo do material para escoramento de fraturas de uma fração não ser maior que 2.

5. MÉTODO DE AUMENTAR A PRODUÇÃO DE UM POÇO, caracterizado por compreender o uso de material para escoramento de fraturas em que o referido material cerâmico para escoramento de fraturas tem a forma esférica ideal.

- RESUMO -

MÉTODO PARA PRODUIR MATERIAL PARA ESCORAMENTO DE FRATURAS,
E MÉTODO DE AUMENTAR A PRODUÇÃO DE UM POÇO

Essa invenção está relacionada à indústria de
5 petróleo e gás e pode ser usado para prevenir o fechamento
da fratura mediante bombear particulados especiais
(material para escoramento de fraturas) para o interior da
fratura após o fraturamento hidráulico do reservatório. De
acordo com a invenção, o material para escoramento de
10 fraturas é constituído de particulados de material cerâmico
sinterizado os quais são modelados como esferas ideais. O
uso desse tipo de material para escoramento de fraturas
pode aumentar a produção do poço em cerca de 25 %.