

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201790269** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2017.06.30

(22) Дата подачи заявки
2015.07.30

(51) Int. Cl. *E21B 43/26* (2006.01)
E21B 43/267 (2006.01)
C09K 8/80 (2006.01)

(54) **СПОСОБЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СРЕДСТВА
ДЛЯ ОБРАБОТКИ В ПОРИСТЫЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ РАСКЛИНИВАЮЩИЙ
НАПОЛНИТЕЛЬ**

(31) **62/031,564**

(32) **2014.07.31**

(33) **US**

(86) **PCT/US2015/042819**

(87) **WO 2016/019101 2016.02.04**

(71) Заявитель:
КАРБО КЕРАМИКС, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
**Хоу Стивен С., Каннан Чад, Ропер
Тодд (US)**

(74) Представитель:
**Лыу Т.Н., Угрюмов В.М., Гизатуллина
Е.М., Глухарёва А.О., Дементьев
В.Н., Карпенко О.Ю., Клюкин В.А.,
Строкова О.В., Христофоров А.А.
(RU)**

(57) Описаны способы и системы для пропитки керамического расклинивающего наполнителя и пропитанный керамический расклинивающий наполнитель, полученный с их помощью. Способ может включать подачу керамического расклинивающего наполнителя и химического средства для обработки в смеситель, смешивание керамического расклинивающего наполнителя и химического средства для обработки в смесителе с получением смеси, подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева смеси до температуры, достаточной для получения пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего по меньшей мере часть химического средства для обработки, и извлечение пропитанного керамического расклинивающего наполнителя из смесителя.

A1

201790269

201790269

A1

СПОСОБЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ В ПОРИСТЫЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ РАСКЛИНИВАЮЩИЙ НАПОЛНИТЕЛЬ

ОПИСАНИЕ

Ссылка на родственную заявку

Согласно настоящей заявке испрашивается приоритет по дате подачи в соответствии с патентной заявкой США №62/031564, поданной 31 июля 2014 г., полное раскрытие которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Область техники

Настоящее изобретение относится к расклинивающему наполнителю для нефтяных и газовых скважин и, более конкретно, к керамическому расклинивающему наполнителю, в который ввели химическое средство для обработки.

Уровень техники

Нефть и природный газ получают из скважин, имеющих пористые и проницаемые подземные пласты. Пористость пласта обеспечивает хранение нефти и газа в пласте, а проницаемость пласта обеспечивает перемещение жидкой нефти или газа через пласт. Проницаемость пласта важна для обеспечения течения нефти и газа в место, где их можно выкачать из скважины. Иногда нефть или газ удерживаются в пласте, имеющем недостаточную проницаемость для рентабельного извлечения нефти и газа. В других случаях, при работе скважины проницаемость пласта падает до такой степени, что дальнейшее извлечение становится нерентабельным. В таких случаях необходимо разрывать пласт и расклинивать разрыв в открытом состоянии посредством расклинивающего материала или расклинивающего наполнителя. Такой разрыв обычно выполняют при помощи гидравлического давления, и расклинивающий материал или расклинивающий наполнитель представляет собой материал в виде частиц, такой как песок, стеклянные шарики или керамические частицы, которые вносятся в разрыв посредством жидкости.

В ходе добычи в нефтяной и газовой скважинах могут часто образовываться отложения и/или происходить запарафинивание, что может снижать производительность скважины. Многие типы химических средств для обработки

использовались для предотвращения образования отложений и/или запарафинивания. Одна техника доставки таких химических средств для обработки в скважину включает введение в частицы пористого керамического расклинивающего наполнителя химического средства для обработки. Во многих случаях химическое средство для обработки следует сначала растворять в водном, органическом или неорганическом растворителе для облегчения введения химического средства для обработки в частицы пористого керамического расклинивающего наполнителя. Однако, если химическое средство для обработки слишком вязкое, это может приводить к тому, что более низкие эффективные количества химического средства для обработки присутствуют в пропитанном расклинивающим наполнителе, чем желательно, или к неравномерной или вообще неэффективной пропитке. Растворение химического средства для обработки в растворителе также является дополнительной стадией, которая может быть капиталоемкой и времязатратной.

Таким образом, существует необходимость в введении химического средства для обработки непосредственно в пористый керамический расклинивающий наполнитель без необходимости в растворителе. Также существует необходимость в равномерном распределении химического средства для обработки по пористому керамическому расклинивающему наполнителю.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлено схематическое изображение системы для введения химического средства для обработки в пористый керамический расклинивающий наполнитель согласно некоторым типичным вариантам осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 представлено схематическое изображение другой системы для введения химического средства для обработки в пористый керамический расклинивающий наполнитель согласно некоторым типичным вариантам осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 3 представлено схематическое изображение системы для получения пористого керамического расклинивающего наполнителя, пропитанного химическим средством для обработки, согласно некоторым типичным вариантам осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 4 представлено графическое изображение проницаемости легкого керамического расклинивающего наполнителя, керамического расклинивающего

наполнителя средней плотности и керамического расклинивающего наполнителя высокой плотности.

На фиг. 5 представлено графическое изображение длительной проницаемости стандартного непористого легкого керамического расклинивающего наполнителя и легкого пористого керамического расклинивающего наполнителя (при пористости 25%).

На фиг. 6А представлено поперечное сечение партии 1, полученное при помощи энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS), показывающее распределение фосфора и качество пропитки.

На фиг. 6В представлено поперечное сечение партии 2, полученное при помощи энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS), показывающее распределение фосфора и качество пропитки.

Подробное описание изобретения

В следующем описании изложен ряд конкретных подробностей. Однако, следует понимать, что варианты осуществления настоящего изобретения можно осуществлять на практике без этих конкретных подробностей. В других случаях хорошо известные конструкции и техники не были показаны подробно, чтобы не затруднять понимание данного описания.

Выражение «кажущаяся плотность» при использовании в настоящем документе представляет собой массу на единицу объема (граммы на кубический сантиметр) частиц, включая внутреннюю пористость. Значения кажущейся плотности, данные в настоящем документе, были определены по закону Архимеда для вытеснения жидкостью (водой) согласно API RP60 способом, который хорошо известен специалистам в данной области техники. Для целей данного раскрытия способы тестирования характеристик расклинивающего наполнителя касательно кажущейся плотности являются стандартными тестами Американского института нефти, которые обычно проводят для образцов расклинивающего наполнителя.

Выражение «проводимость» при использовании в настоящем документе определено как произведение ширины созданного разрыва и проницаемости расклинивающего наполнителя, который остается в разрыве.

Выражение «по существу круглый и сферический» и связанные формы при использовании в настоящем документе определено как означающее среднее отношение минимального диаметра к максимальному диаметру приблизительно 0,8 или более или

имеющее среднее значение сферичности приблизительно 0,8 или более по шкале Крумбейна и Слосса.

Выражение «расклинивающий наполнитель высокой плотности» при использовании в настоящем документе означает расклинивающий наполнитель с кажущейся плотностью более 3,4 г/см³.

Выражение «расклинивающий наполнитель средней плотности» при использовании в настоящем документе означает расклинивающий наполнитель с кажущейся плотностью от приблизительно 3,1 до 3,4 г/см³.

Выражение «легкий расклинивающий наполнитель» при использовании в настоящем документе означает расклинивающий наполнитель с кажущейся плотностью менее 3,0 г/см³.

Выражение «внутренняя открытая пористость» при использовании в настоящем документе определено как процент объема пор или пространство объема пор относительно общего объема пористых керамических частиц.

Выражение «химическое средство для обработки» при использовании в настоящем документе определено как элемент, соединение или композиция, которые могут подавлять вредные свойства, которые скважинные флюиды могут в ином случае проявлять, и/или обеспечивать некоторую функцию, которая полезна для продуктивности пласта скважины с гидравлическим разрывом.

Выражение «разлагаемый» при использовании в настоящем документе означает способность химического вещества или покрытия реагировать до растворения или разложения на более мелкие компоненты при одном или нескольких скважинных условиях.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения получают композицию сложного керамического расклинивающего наполнителя для использования при гидравлическом разрыве. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения сложный керамический расклинивающий наполнитель содержит непористую часть в виде частиц и пористую керамическую часть в виде частиц, причем пористые керамические частицы пропитаны химическим средством для обработки. Кроме того, согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения проницаемость и проводимость композиции сложного керамического расклинивающего наполнителя, по меньшей мере, равны проницаемости и проводимости непористой части в виде частиц отдельно. Пористые керамические частицы или пористые керамические расклинивающие наполнители

могут иметь любую внутреннюю пористость или процент (%) пористости. Внутреннюю пористость пористого керамического расклинивающего наполнителя можно пропитывать химическим средством для обработки так, что пористый керамический расклинивающий наполнитель выступает в качестве носителя для химического средства для обработки при операции гидравлического разрыва.

В настоящем документе раскрыты системы и способы для введения, пропитки, впрыска или внесения иным образом химического средства для обработки в поровое пространство или пространство пор пористых керамических частиц. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления системы и способы могут включать микроволновое смешивание, введение под вакуумом, термическое введение, капиллярное воздействие, введение с помощью ленточного смесителя при комнатной или повышенной температуре, или обработку в шнеке-смесителе, или любую их комбинацию. В частности, системы и способы раскрыты в настоящем документе для использования микроволновой энергии для введения химических средств для обработки в пористые керамические расклинивающие наполнители, используемые при стимулировании гидравлическим разрывом газовых, нефтяных или геотермальных пластов. Также в настоящем документе описаны пропитанные пористые керамические частицы и системы и способы их получения из суспензии содержащего оксид алюминия исходного материала для использования в качестве расклинивающих наполнителей. Было обнаружено, что введение одного или нескольких химических средств для обработки в одно или несколько пористых керамических веществ в виде частиц в присутствии микроволновой энергии может давать однородное размещение химического средства для обработки в пористых керамических частицах так, что химические средства для обработки равномерно распределяются или по существу равномерно распределяются в частицах.

На фиг. 1 представлено схематическое изображение системы 100 для введения химического средства для обработки в пористые керамические частицы согласно некоторым типичным вариантам осуществления. Система 100 может содержать один или несколько первых микроволновых генераторов 102, один или несколько вторых микроволновых генераторов 104 и один или несколько смесителей 106. Первый и второй микроволновые генераторы 102, 104 могут включать любое число микроволновых генераторов. Например, первый микроволновый генератор 102 может включать 1, 2, 3, 4, 5 или 6 или более микроволновых генераторов. Второй микроволновый генератор 104 может также включать 1, 2, 3, 4, 5 или 6 или более

микроволновых генераторов.

Смеситель 106 может содержать одну или несколько мешалок 122, расположенных в нем. Мешалка 122 может располагаться любым образом в смесителе 106. Например, мешалка 122 может располагаться по существу параллельно продольной центральной оси смесителя 106. Как показано на фиг. 1, мешалка 122 по существу параллельна и смещена от продольной центральной оси смесителя 106. Мешалка может содержать вал 124 и одну или несколько лопастей 126 мешалки, соединенных или иным образом прикрепленных к нему. Лопастей 126 мешалки могут располагаться линейно, спиральным образом и/или чередующимся образом по длине вала 124.

Первый микроволновый генератор 102 можно приспособить для подачи микроволновой энергии в смеситель 106 посредством одного или нескольких первых волноводов 108. Второй микроволновый генератор 104 можно приспособить для подачи микроволновой энергии в смеситель 106 посредством одного или нескольких вторых волноводов 110. Первый и второй волноводы 108, 110 могут представлять собой или включать любой трубную, цилиндрическую или другую конструкцию, которая может быть достаточна или способна направлять микроволны, образованные первым и вторым генераторами 102, 104 в смеситель 106. Первый и второй генераторы 102, 104 могут также находиться в жидкостной связи с одним или несколькими баками-смесителями 106 посредством первого и второго волноводов 108, 110. Первый и второй волноводы 108, 110 могут соединяться со смесителем 106 в любом подходящем месте(ах). Первый волновод 108 может соединяться со смесителем 106 в месте около первого конца 130 смесителя 106. Второй волновод 110 может соединяться со смесителем 106 в месте около второго конца 132 смесителя 106.

Один или несколько питающих трубопроводов 112 для керамических частиц и один или несколько питающих трубопроводов 114 для химических средств для обработки можно подключать или могут находиться в жидкостной связи со смесителем 106. Питающий трубопровод 112 для керамических частиц и питающий трубопровод 114 для химических средств для обработки можно подключать к смесителю 106 в любом подходящем месте(ах). Питающий трубопровод 112 для керамических частиц и питающий трубопровод 114 для химических средств для обработки можно подключать к смесителю 106 в одном или нескольких местах между первым концом 130 и вторым концом 132 смесителя 106. Выпускной трубопровод 128 для пропитанного продукта можно подключать к смесителю 106 в любом подходящем месте, например, месте около

второго конца 132 смесителя 106.

Ссылаясь теперь на фиг. 1 увидим, что при работе композицию пористого керамического расклинивающего наполнителя можно вводить в смеситель 106 посредством питающего трубопровода 112 для керамических частиц. Композиция пористого керамического расклинивающего наполнителя, подаваемая в смеситель 106 посредством трубопровода 112, может включать любые подходящие керамические частицы. Подходящие керамические частицы могут быть любым одним или несколькими из легкого керамического расклинивающего наполнителя, расклинивающего наполнителя средней прочности, расклинивающего наполнителя высокой прочности, а также любым пористым керамическим расклинивающим наполнителем. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления керамические частицы включают диоксид кремния и/или оксид алюминия в любых подходящих количествах. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель содержит менее 80 масс. %, менее 60 масс. %, менее 40 масс. %, менее 30 масс. %, менее 20 масс. %, менее 10 масс. % или менее 5 масс. % диоксида кремния в пересчете на общую массу расклинивающего наполнителя. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель содержит от приблизительно 0,1 масс. % до приблизительно 70 масс. % диоксида кремния, от приблизительно 1 масс. % до приблизительно 60 масс. % диоксида кремния, от приблизительно 2,5 масс. % до приблизительно 50 масс. % диоксида кремния, от приблизительно 5 масс. % до приблизительно 40 масс. % диоксида кремния или от приблизительно 10 масс. % до приблизительно 30 масс. % диоксида кремния. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель содержит по меньшей мере приблизительно 30 масс. %, по меньшей мере приблизительно 50 масс. %, по меньшей мере приблизительно 60 масс. %, по меньшей мере приблизительно 70 масс. %, по меньшей мере приблизительно 80 масс. %, по меньшей мере приблизительно 90 масс. % или по меньшей мере приблизительно 95 масс. % оксида алюминия в пересчете на общую массу расклинивающего наполнителя. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель содержит от приблизительно 30 масс. % до приблизительно 99,9 масс. % оксида алюминия, от приблизительно 40 масс. % до приблизительно 99 масс. % оксида алюминия, от приблизительно 50 масс. % до приблизительно 97 масс. % оксида алюминия, от приблизительно 60 масс. % до

приблизительно 95 масс. % оксида алюминия или от приблизительно 70 масс. % до приблизительно 90 масс. % оксида алюминия.

Пористый керамический расклинивающий наполнитель может также содержать расклинивающий наполнитель, изготовленный согласно способам вызванного вибрацией просачивания, в настоящем документе называемых «капельное литье». Подходящие способы капельного литья и расклинивающие наполнители, полученные ими, раскрыты в патентах США №8865631 и №8883693, публикации патентной заявки США №2012/0227968 и патентных заявках США №14/502483 и №14/802,761, полное раскрытие которых включено в настоящий документ ссылкой. Расклинивающие наполнители, полученные способами капельного литья, могут характеризоваться удельной массой по меньшей мере приблизительно 2,5, по меньшей мере приблизительно 2,7, по меньшей мере приблизительно 3, по меньшей мере приблизительно 3,3 или по меньшей мере приблизительно 3,5. Расклинивающие наполнители, полученные способами капельного литья, могут характеризоваться удельной массой менее 5, менее 4,5 или менее 4. Расклинивающие наполнители, полученные капельным литьем, могут также характеризоваться шероховатостью поверхности менее 5 мкм, менее 4 мкм, менее 3 мкм, менее 2,5 мкм, менее 2 мкм, менее 1,5 мкм или менее 1 мкм. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления расклинивающие наполнители, полученные капельным литьем, характеризуются средним размером наибольших пор менее чем приблизительно 25 мкм, менее чем приблизительно 20 мкм, менее чем приблизительно 18 мкм, менее чем приблизительно 16 мкм, менее чем приблизительно 14 мкм или менее чем приблизительно 12 мкм и/или стандартным отклонением размера пор менее 6 мкм, менее 4 мкм, менее 3 мкм, менее 2,5 мкм, менее 2 мкм, менее 1,5 мкм или менее 1 мкм. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления расклинивающие наполнители, полученные капельным литьем, характеризуются менее 5000, менее 4500, менее 4000, менее 3500, менее 3000, менее 2500 или менее 2200 видимыми порами при увеличении 500х на квадратный миллиметр частиц расклинивающего наполнителя.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель имеет по существу круглую или сферическую форму с размером в диапазоне от приблизительно 6 до 270 меш США. Например, размер расклинивающего наполнителя можно выражать как показатель зернистости (GFN) в диапазоне от приблизительно 15 до приблизительно 300, или от приблизительно 30 до приблизительно 110, или от приблизительно 40 до

приблизительно 70. Согласно таким примерам образец пористого керамического расклинивающего наполнителя можно классифицировать в лаборатории для разделения по размеру, например, промежуточным размерам 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200 и 270 размерам сит США для определения GFN. Корреляцию между размером сита и GFN можно определить согласно процедуре 106-87-S из American Foundry Society Mold and Core Test Handbook, который известен специалистам в данной области техники.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель может иметь любой подходящий размер. Например, пористый керамический расклинивающий наполнитель может иметь номер сита по меньшей мере приблизительно 6 меш, по меньшей мере приблизительно 10 меш, по меньшей мере приблизительно 16 меш, по меньшей мере приблизительно 20 меш, по меньшей мере приблизительно 25 меш, по меньшей мере приблизительно 30 меш, по меньшей мере приблизительно 35 меш или по меньшей мере приблизительно 40 меш. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель имеет размер сита приблизительно 6 меш, приблизительно 10 меш, приблизительно 16 меш или от приблизительно 20 меш до приблизительно 25 меш, приблизительно 30 меш, приблизительно 35 меш, приблизительно 40 меш, приблизительно 45 меш, приблизительно 50 меш, приблизительно 70 меш или приблизительно 100 меш. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель имеет размер сита от приблизительно 4 меш до приблизительно 120 меш, от приблизительно 10 меш до приблизительно 60 меш, от приблизительно 16 меш до приблизительно 20 меш, от приблизительно 20 меш до приблизительно 40 меш или от приблизительно 25 меш до приблизительно 35 меш.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель может иметь любую подходящую форму. Пористый керамический расклинивающий наполнитель может быть по существу круглым, цилиндрическим, квадратным, прямоугольным, эллиптическим, овальным, яйцевидным или пилюлеобразным. Например, пористый керамический расклинивающий наполнитель может быть по существу круглым и сферическим. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться кажущейся плотностью менее $4,0 \text{ г/см}^3$, менее $3,6 \text{ г/см}^3$, менее $3,3 \text{ г/см}^3$, менее $3,1 \text{ г/см}^3$, менее $3,0 \text{ г/см}^3$, менее $2,8 \text{ г/см}^3$ или менее $2,5 \text{ г/см}^3$. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления

пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться кажущейся плотностью от приблизительно 3,1 до 3,4 г/см³, от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5 г/см³ или от приблизительно 2,6 до приблизительно 3,2 г/см³.

Пористый керамический расклинивающий наполнитель может иметь любую подходящую насыпную плотность. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется насыпной плотностью менее 3 г/см³, менее 2,5 г/см³, менее 2,2 г/см³, менее 2 г/см³, менее 1,8 г/см³, менее 1,6 г/см³ или менее 1,5 г/см³. Пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться насыпной плотностью приблизительно 1 г/см³, приблизительно 1,15 г/см³, приблизительно 1,25 г/см³, приблизительно 1,35 г/см³ или от приблизительно 1,45 г/см³ до приблизительно 1,5 г/см³, приблизительно 1,6 г/см³, приблизительно 1,75 г/см³, приблизительно 1,9 г/см³ или приблизительно 2,1 г/см³ или более. Например, пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться насыпной плотностью от приблизительно 1,3 г/см³ до приблизительно 1,8 г/см³, от приблизительно 1,35 г/см³ до приблизительно 1,65 г/см³ или от приблизительно 1,5 г/см³ до приблизительно 1,9 г/см³.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться любой подходящей пористостью. Пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться внутренней открытой пористостью от приблизительно 1%, приблизительно 2%, приблизительно 4%, приблизительно 6%, приблизительно 8%, приблизительно 10%, приблизительно 12% или приблизительно 14% до приблизительно 18%, приблизительно 20%, приблизительно 22%, приблизительно 24%, приблизительно 26%, приблизительно 28%, приблизительно 30%, приблизительно 34%, приблизительно 38%, приблизительно 45%, приблизительно 55%, приблизительно 65% или приблизительно 75% или более. В некоторых типичных вариантах осуществления внутренняя открытая пористость пористого керамического расклинивающего наполнителя составляет от приблизительно 5% до приблизительно 75%, от приблизительно 5% до приблизительно 15%, от приблизительно 10% до приблизительно 30%, от приблизительно 15% до приблизительно 35%, от приблизительно 25% до приблизительно 45%, от приблизительно 30% до приблизительно 55% или от приблизительно 35% до приблизительно 70%. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический

расклинивающий наполнитель может иметь любой подходящий средний размер пор. Например, пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться средним размером пор от приблизительно 2 нм, приблизительно 10 нм, приблизительно 15 нм, приблизительно 55 нм, приблизительно 110 нм, приблизительно 520 нм или приблизительно 1100 до приблизительно 2200 нм, приблизительно 5500 нм, приблизительно 11000 нм, приблизительно 17000 нм или приблизительно 25000 нм или более в своем наибольшем размере. Например, пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться средним наибольшим размером пор от приблизительно 3 нм до приблизительно 30000 нм, от приблизительно 30 нм до приблизительно 18000 нм, от приблизительно 200 нм до приблизительно 9000, от приблизительно 350 нм до приблизительно 4500 нм или от приблизительно 850 нм до приблизительно 1800 нм.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления настоящего изобретения пропитанные при помощи микроволнового излучения, пористые керамические частицы, называемые в настоящем документе «пропитанным при помощи микроволнового излучения расклинивающим наполнителем», могут быть получены из обычного предварительно обожженных расклинивающих наполнителей, таких как керамический расклинивающий наполнитель. Такие обычные расклинивающие наполнители можно получать до стадии обжига согласно любому подходящему способу, включая, помимо прочего, непрерывное мелкодисперсное разбрызгивание, распылительное ожижение, распылительную сушку или прессование. Подходящие обычные расклинивающие наполнители и способы их получения до стадии обжига раскрыты в патентах США №4068718, №4427068, №4440866 и №5188175, полное раскрытие которых включено в настоящий документ ссылкой. Керамический расклинивающий наполнитель можно также получать таким образом, который создает пористость в зерне расклинивающего наполнителя. Способ получения подходящего пористого керамического расклинивающего наполнителя описан в патенте США №7036591, полное раскрытие которого включено в настоящий документ ссылкой.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель имеет любую подходящую проницаемость и удельную проводимость флюида согласно ISO 13503-5: «Процедуры измерения длительной проводимости расклинивающих наполнителей», и они выражены в единицах Дарси (Д). Пористый керамический расклинивающий

наполнитель может характеризоваться длительной проницаемостью при 7500 фунтов/кв. дюйм по меньшей мере приблизительно 1 Д, по меньшей мере приблизительно 2 Д, по меньшей мере приблизительно 5 Д, по меньшей мере приблизительно 10 Д, по меньшей мере приблизительно 20 Д, по меньшей мере приблизительно 40 Д, по меньшей мере приблизительно 80 Д, по меньшей мере приблизительно 120 Д или по меньшей мере приблизительно 150 Д. Пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться длительной проницаемостью при 12000 фунтов/кв. дюйм по меньшей мере приблизительно 1 Д, по меньшей мере приблизительно 2 Д, по меньшей мере приблизительно 3 Д, по меньшей мере приблизительно 4 Д, по меньшей мере приблизительно 5 Д, по меньшей мере приблизительно 10 Д, по меньшей мере приблизительно 25 Д или по меньшей мере приблизительно 50 Д. Пористый керамический расклинивающий наполнитель может также характеризоваться длительной проводимостью при 7500 фунтов/кв. дюйм по меньшей мере приблизительно 100 миллидарси-фут (мД-фут), по меньшей мере приблизительно 200 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 300 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 500 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 1000 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 1500 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 2000 мД-фут или по меньшей мере приблизительно 2500 мД-фут. Например, пористый керамический расклинивающий наполнитель может характеризоваться длительной проводимостью при 12000 фунтов/кв. дюйм по меньшей мере приблизительно 50 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 100 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 200 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 300 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 500 мД-фут, по меньшей мере приблизительно 1000 мД-фут или по меньшей мере приблизительно 1500 мД-фут.

В некоторых вариантах осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется прочностью на раздавливание при 10000 фунтах/кв. дюйм от приблизительно 5% до приблизительно 8,5% и длительной удельной проводимостью флюида при 10000 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 2500 мД-фут до приблизительно 3000 мД-фут. В некоторых других вариантах осуществления пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется прочностью на раздавливание при 10000 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 5% до приблизительно 7,5%.

В некоторых типичных вариантах осуществления пористые керамические расклинивающие наполнители характеризуются прочностью на раздавливание при

7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1%, приблизительно 1,5%, приблизительно 2,0% или приблизительно 2,5% до приблизительно 3,0%, приблизительно 3,5%, приблизительно 4,0% или приблизительно 4,5%, длительной удельной проводимостью флюида при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1475 мД-фут, приблизительно 1800 мД-фут, приблизительно 2250 мД-фут, приблизительно 2750 мД-фут или приблизительно 3500 мД-фут до приблизительно 4500 мД-фут, приблизительно 5500 мД-фут, приблизительно 6500 мД-фут, приблизительно 7500 мД-фут или приблизительно 8825 мД-фут и длительной проницаемостью при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 90 Д до приблизительно 480 Д, от приблизительно 150 Д до приблизительно 475 Д, от приблизительно 250 Д до приблизительно 450 Д или от приблизительно 375 Д до приблизительно 425 Д. В некоторых типичных вариантах осуществления пористые керамические расклинивающие наполнители характеризуются прочностью на раздавливание при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1,5% до приблизительно 3,2%, от приблизительно 1,8% до приблизительно 2,9% или от приблизительно 2,1% до приблизительно 2,6%.

В некоторых типичных вариантах осуществления пористые керамические расклинивающие наполнители характеризуются длительной удельной проводимостью флюида при 10000 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 2000 мД-фут, приблизительно 2250 мД-фут или приблизительно 2400 мД-фут до приблизительно 2500 мД-фут, приблизительно 2650 мД-фут, приблизительно 2750 мД-фут или приблизительно 3500 мД-фут и длительной проницаемостью при 10000 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 130 Д до приблизительно 165 Д, от приблизительно 140 Д до приблизительно 160 Д, от приблизительно 145 Д до приблизительно 155 Д или от приблизительно 160 Д до приблизительно 280 Д. В некоторых типичных вариантах осуществления пористые керамические расклинивающие наполнители характеризуются длительной удельной проводимостью флюида при 12000 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1000 мД-фут, приблизительно 1250 мД-фут или приблизительно 1400 мД-фут до приблизительно 1500 мД-фут, приблизительно 1650 мД-фут, приблизительно 1750 мД-фут, приблизительно 2000 мД-фут, приблизительно 2500 мД-фут или приблизительно 2800 мД-фут и длительной проницаемостью при 12000 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 75 Д до приблизительно 105 Д, от приблизительно 85 Д до приблизительно 100 Д, от приблизительно 95 Д до приблизительно 100 Д или от приблизительно 105 Д до приблизительно 240 Д.

Химическое средство для обработки можно подавать в смеситель 106 через питающий трубопровод 114 для химического средства для обработки. Химическое средство для обработки, подаваемое в смеситель 106 через трубопровод 114, может включать любой элемент, соединение или композицию, подходящие для обеспечения некоторой функции, которая полезна для отдачи пласта скважины с гидравлическим разрывом. Подходящие химические средства для обработки могут представлять собой или включать любое одно или несколько из маркеров, ингибиторов образования отложений, ингибиторов образования гидратов, поглощающих сероводород материалов, ингибиторов коррозии, ингибиторов образования парафинов или восков, включая сополимеры этиленвинилацетата, ингибиторов образования асфальтена, ингибиторов органических отложений, биоцидов, деэмульгаторов, противовспенивателей, реагентов для разрушения гелей, ингибиторов солеобразования, поглотителей кислорода, поглотителей сульфида железа, поглотителей железа, стабилизаторов неустойчивых глин, ферментов, биологических средств, флокулянтов, ингибиторов образования нафтенатов, ингибиторов образования карбоксилатов, дисперсий наночастиц, поверхностно-активных веществ, их комбинаций или любых других нефтепромысловых химических веществ, которые могут быть полезными в процессе гидравлического разрыва.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления ингибитор образования отложений может ингибировать образование отложений солей кальция, бария, магния и подобного, включая отложения сульфата бария, сульфата кальция и карбоната кальция. Композиты могут также иметь применение при обработке других неорганических отложений, таких как сульфид цинка, сульфид железа и пр. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления ингибиторы образования отложений представляют собой анионные ингибиторы образования отложений. Ингибиторы образования отложений могут включать сильные кислоты, такие как фосфоновая кислота, фосфорная кислота, ортофосфорная кислота, фосфатные сложные эфиры, фосфонаты/фосфоновые кислоты, аминополикарбоновые кислоты, хелатообразующие средства и полимерные ингибиторы и их соли. Ингибиторы образования отложений могут также включать органофосфонаты, органофосфаты и фосфатные сложные эфиры, а также их соответствующие кислоты и соли. Ингибиторы образования отложений могут также включать полимерные ингибиторы образования отложений, такие как полиакриламиды, соли сополимера акриламидометилпропансульфоната/акриловой кислоты (AMPS/AA),

фосфинированный малеиновый сополимер (PHOS/MA) или натриевую соль терполимеров полималеиновой кислоты/акриловой кислоты/акриламидометилпропансульфоната (PMA/AMPS). В одном или нескольких типичных вариантах осуществления ингибиторы образования отложений могут включать ДТРА (также известную как диэтилен triаминпентауксусная кислота; диэтилен triамин-N,N,N',N',N''-пентауксусная кислота; диэтилен triаминпентауксусная кислота; N,N-бис(2-(бис-(карбоксиметил)амино)этил)-глицин; [[(карбоксиметил)имино]бис(этиленнитрило)]-тетра-уксусная кислота); EDTA (также известная как эдетовая кислота; этилендинитрилотетрауксусная кислота; свободное основание EDTA; свободная кислота EDTA; этилендиамин-N,N,N',N'-тетрауксусная кислота; гампен; версен; N,N'-1,2-этандинилбис-(N-(карбоксиметил)глицин); этилендиаминтетрауксусная кислота); NTA (также известная как N,N-бис(карбоксиметил); триглицольаминовая кислота; трилон А; альфа,альфа',альфа''-триметиламинтрикарбоновая кислота; три(карбоксиметил)амин; аминотриуксусная кислота; Гэмпшир NTA кислота; нитрило-2,2',2''-триуксусная кислота; титриплекс i; нитрилотриуксусная кислота); АРСА (аминополикарбоновые кислоты); фосфоновые кислоты; EDTMP (этилендиаминтетраметилен-фосфоновая кислота); DTPMP (диэтилен triаминпентаметиленфосфоновая кислота); NTMP (нитрилотриметиленфосфоновая кислота); поликарбоновые кислоты, глюконаты, цитраты, полиакрилаты и полиаспартаты или любая их комбинация. Ингибиторы образования отложений могут также включать любой из ингибиторов образования отложений ACCENT™, коммерчески доступных от The Dow Chemical Company. Ингибиторы образования отложений могут также включать калиевые соли сополимеров малеиновой кислоты. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки представляет собой DTPMP.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой один или несколько деэмульгаторов. Деэмульгаторы могут включать, помимо прочего, конденсационные полимеры алкиленоксидов и гликолей, такие как этиленоксидные и пропиленоксидные конденсационные полимеры дипропиленгликоля, а также триметилпропан; и алкилзамещенные фенолформальдегидные смолы, бис-фенилдиэпоксиды и их сложные эфиры и диэфиры. Деэмульгаторы могут также включать оксиалкилированные фенолформальдегидные смолы, оксиалкилированные амины и полиамины, диэпоксидированные оксиалкилированные полиэфиры,

четвертичный метилхлорид политриэаноламина, коллоид меламиновой кислоты и аминометилированный полиакриламид.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой один или несколько ингибиторов коррозии. Подходящие ингибиторы коррозии могут включать, помимо прочего, жирные имидазолины, алкилпиридины, четвертичные алкилпиридины, четвертичные жирные амины и фосфатные соли жирных имидазолинов. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любое одно или несколько подходящих вспенивающих средств. Подходящие вспенивающие средства могут включать, помимо прочего, оксиалкилированные сульфаты или этоксилированные сульфаты спиртов или их смеси. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой один или несколько подходящих поглотителей кислорода. Подходящие поглотители кислорода могут включать триазины, малеинимиды, формальдегиды, амины, карбоксамиды, алкилкарбоксил-азосоединения, кумин-пероксидные соединения, морфолино- и аминопроизводные морфолина и производные пиперазина, аминоксиды, алканоамины, алифатические и ароматические полиамины.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой один или несколько ингибиторов солеобразования. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления ингибитор солеобразования может включать любой подходящий ингибитор солеобразования, включая, помимо прочего, Na-Minus[®], Na-Minus[®]-55 и WFT 9725, все коммерчески доступны от компании Weatherford International Ltd., ингибитор солеобразования Desalt Liquid, коммерчески доступный от компании JACAM Chemicals, LLC, и феррицианид калия и любую их комбинацию.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой один или несколько ингибиторов образования парафина. Подходящие ингибиторы образования парафина могут включать, помимо прочего, сополимеры этилена/винилацетата, акрилаты (такие как сложные эфиры полиакрилата и сложные эфиры метакрилата жирных спиртов) и олефин/ сложные эфиры малеиновой кислоты. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой один или несколько ингибиторов

образования асфальтена. Подходящие ингибиторы образования асфальтена могут включать, помимо прочего, химические вещества для обработки асфальтена, такие как помимо прочего гомополимеры и сополимеры сложных эфиров жирных кислот (такие как полимеры и сополимеры жирных сложных эфиров акриловой и метакриловой кислот) и сорбитан моноолеат.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любое одно или несколько подходящих поверхностно-активных веществ. Одно или несколько подходящих поверхностно-активных веществ можно выбрать на основании необходимого регулирования смачивающих характеристик расклинивающего наполнителя для желаемого повышения нефтеотдачи пласта. Например, подходящие поверхностно-активные вещества можно найти в публикации патентной заявки США №2005/0244641, включенной ссылкой в настоящий документ во всей ее полноте. Поверхностно-активные вещества можно также выбирать из любого ряда поверхностно-активных веществ, известных специалисту в данной области техники, включая, например, анионные, катионные, неионные и амфотерные поверхностно-активные вещества или их комбинации. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления подходящие поверхностно-активные вещества включают, помимо прочего, насыщенные или ненасыщенные длинноцепочечные жирные кислоты или соли кислот, длинноцепочечные спирты, многоатомные спирты, диметилполисилоксан и полиэтилгидросилоксан. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления подходящие поверхностно-активные вещества включают, помимо прочего, линейные и разветвленные карбоновые кислоты и соли кислот, имеющие от приблизительно 4 до приблизительно 30 атомов углерода, линейные и разветвленные алкилсульфоновые кислоты и соли кислот, имеющие от приблизительно 4 до приблизительно 30 атомов углерода, линейный алкилбензолсульфонат, причем линейная алкильная цепь содержит от приблизительно 4 до приблизительно 30 атомов углерода, сульфосукцинаты, фосфаты, фосфонаты, фосфолипиды, этоксилированные соединения, карбоксилаты, сульфонаты и сульфаты, полигликолевые эфиры, амины, соли акриловой кислоты, пиррофосфат и их смеси. Катионные поверхностно-активные вещества могут включать содержащие фрагмент четвертичного аммония (такой как линейный четвертичный амин, четвертичный амин бензила или галогенид четвертичного аммония), фрагмент четвертичного сульфония или фрагмент четвертичного фосфония или их смеси. Подходящие поверхностно-активные вещества, содержащие четвертичную группу,

могут включать галогенид четвертичного аммония или четвертичный амин, такой как хлорид четвертичного аммония или бромид четвертичного аммония. Амфотерные поверхностно-активные вещества могут включать глицинаты, амфоацетаты, пропионаты, бетаины и их смеси. Анионные поверхностно-активные вещества могут включать сульфонаты (такие как ксилосульфонат натрия и нафталинсульфонат натрия), фосфонаты, этоксисульфаты и их смеси. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления подходящие поверхностно-активные вещества включают, помимо прочего, стеарат натрия, октадекановую кислоту, гексадецилсульфонат, лаурилсульфат, олеат натрия, этоксилированный нонилфенол, додецилсульфат натрия, додецилбензолсульфонат натрия, гидрохлорид лауриламина, хлорид триметилдодециламмония, хлорид цетилтриметиламмония, полиоксиэтиленовый спирт, алкилфенолэтоксилат, полисорбат 80, модифицированный пропиленоксидом полидиметилсилоксан, додецилбетаин, лаурамидопропилбетаин, кокамидо-2-гидроксипропилсульфобетаин, алкиларилсульфонат, фторзамещенные поверхностно-активные вещества и перфторполимеры и терполимеры, аддукты касторового масла и их комбинации. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления поверхностно-активное вещество представляет собой додецилбензолсульфонат натрия или додецилсульфат натрия. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления поверхностно-активные вещества используют в концентрации ниже критической концентрации мицелл (СМС) в водных и углеводородных жидкостях-носителях. Кроме того, поверхностно-активные вещества в качестве добавок для повышения нефтеотдачи пласта коммерчески доступны от компании CESI Chemical, Inc., как SG-400N, SG-401N и LST-36.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любую подходящую дисперсию наночастиц. Дисперсия наночастиц может быть нанесена на расклинивающий наполнитель и/или она может быть введена в расклинивающий наполнитель так, что расклинивающий наполнитель может выступать в качестве носителя для дисперсии наночастиц при операции гидравлического разрыва. Включение дисперсии наночастиц в покрытие расклинивающего наполнителя с покрытием и/или под него или во внутреннюю пористость пористого керамического расклинивающего наполнителя, а не просто впрыск или закачивание дисперсии наночастиц в скважину в жидком виде, не только улучшает смачивающие характеристики поверхностей пласта, но также и самого расклинивающего наполнителя. Дисперсия наночастиц

взаимодействует с поверхностью расклинивающего наполнителя для изменения его смачивающих характеристик. Кроме того, когда жидкость протекает через слой расклинивающего наполнителя в пласте, некоторая часть дисперсии наночастиц может высвободиться в разрыв и прилипнуть и улучшить смачиваемость поверхностей пласта. Таким образом, использование дисперсий наночастиц, которые нанесены на расклинивающий наполнитель и/или которые введены в расклинивающий наполнитель, предлагает преимущества, аналогичные получаемым закачиванием дисперсии наночастиц в пласт в жидком виде, но увеличение взаимодействия дисперсии наночастиц с расклинивающим наполнителем предлагает дополнительное преимущество, заключающееся в улучшенной смачиваемости расклинивающего наполнителя.

Дисперсии наночастиц могут включать ряд различных материалов в виде наночастиц, известных специалисту в данной области техники, включая полимеры, диоксид кремния, металлы, оксиды металлов и другие неорганические материалы, которые суспендированы в водном или неводном растворителе. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления подходящие материалы включают, помимо прочего, наночастицы, такие как диоксид кремния, диоксид циркония, диоксид сурьмы, оксид цинка, диоксид титана, диоксид алюминия, частицы, полученные из природных минералов, синтетические частицы и их комбинации. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления один или несколько из диоксида кремния, диоксида циркония и диоксида сурьмы добавляют в виде частиц с диаметром приблизительно 65 нанометров или менее (в некоторых типичных вариантах осуществления 1-10 нм), и они имеют полидисперсность менее чем приблизительно 20%.

Выбор конкретной дисперсии наночастиц или поверхностно-активного вещества для нанесения покрытия на пористый керамический расклинивающий наполнитель и/или введения в пористый керамический расклинивающий наполнитель зависит от необходимого регулирования смачивающих характеристик расклинивающего наполнителя для желаемого повышения нефтеотдачи пласта. Подходящие дисперсии наночастиц или поверхностно-активные вещества можно выбирать из любого ряда коммерчески доступных продуктов. Например, производственные дисперсии наночастиц коммерчески доступны от компании FTS International[®] как NPD 2000[®] и NPD 3000[®]. Дисперсии наночастиц также коммерчески доступны от компании CESI Chemical, Inc., дочерней компании Flotek Industries, Inc., как MA-844W, MA-845, StimOil[®] FBA M, StimOil[®] FBA Plus и StimOil[®] FBA Plus Enviro.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой один или несколько подходящих реагентов для разрушения гелей. Подходящие реагенты для разрушения гелей могут представлять собой или включать окислители, такие как белизна, гипохлориты, перкарбонаты, пербораты, перманганаты, пероксиды и галогены. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой один или несколько подходящих биоцидов. Подходящие биоциды могут представлять собой или включать бронопол, дазомет, глутаральдегид, четвертичные соли аммония и белизну.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки может представлять собой или включать любой подходящий маркер, такой как один или несколько металлических или неметаллических элементов, одна или несколько наночастиц и/или один или несколько биологических маркеров. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления биологический маркер представляет собой ДНК. ДНК или дезоксирибонуклеиновая кислота иногда представляет собой двухцепочечную спиральную молекулу, которая кодирует генетическую информацию фактически всех живых систем. Каждая молекула ДНК может быть уникальной из-за конкретной последовательности азотсодержащих оснований - аденина («А»), тимина («Т»), цитозина («С») и гуанина («Г») - содержащихся в молекуле. Структура в виде двойной спирали образуется и поддерживается соединением азотсодержащего основания на одной цепи носителя скелета из фосфата и сахара с азотсодержащим основанием на другой цепи носителя скелета из фосфата и сахара посредством водородной связи. В частности, адениновое основание будет соединяться с тиминным основанием (пара оснований «АТ»), а цитозинное основание будет соединяться с гуаниновым основанием (пара оснований «СГ»). Вероятность можно рассчитать для частоты заданной последовательности оснований, и поскольку используется достаточно большая молекула ДНК, «уникальность» конкретной молекулы ДНК можно узнать с достаточной точностью. Молекула ДНК может быть существующей в природе или полученной (синтетической) ДНК и может иметь две нити или одну нить. Синтетическая ДНК коммерчески доступна и может быть получена некоторыми специализированными производителями ДНК, такими как GenScript, Synthetic Genomics, DNA 2.0, Genewiz, Inc., Life Technologies и Cambrian Genomics. Кроме того, ДНК может быть «инкапсулирована» для повышения ее устойчивости при условиях в скважине и для изменения иным

образом ее взаимодействия с пластовыми флюидами. Кроме того, конкретные последовательности ДНК можно выбирать для использования на основании совместимости с температурными условиями среды конкретной скважины.

Отдельно ДНК можно использовать в качестве биологического маркера. ДНК может быть растворимой в воде, и она может быть введена в пористый керамический расклинивающий наполнитель без какого-либо изменения для работы в качестве растворимого в воде биологического маркера. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления ДНК можно составлять таким образом, что она растворима в углеводородах и будет также разлагаться в углеводородных жидкостях. Например, растворимость ДНК в воде обусловлена отрицательными зарядами, связанными с фосфодиэфирными группами ДНК. Отрицательные заряды фосфодиэфирных структур можно удалять метилированием. Метилирование этой части молекулы ДНК может обеспечить то, что эта часть молекулы станет гидрофобной, т.е. растворимой в углеводородах, при этом обеспечивая растворимость молекулы ДНК в углеводородной фазе. Другие процедуры составления растворимой в углеводородах ДНК можно найти в патенте США №5665538, полное раскрытие которого включено в настоящий документ ссылкой.

Хотя сама ДНК может использоваться в качестве биологического маркера, пластовые условия, в которые ДНК помещается, могут быть неоптимальными для длительной стабильности ДНК. Эти условия включают температуры пласта превышающие 200°F и иногда до 400°F, а также сильно минерализованные пластовые воды. Однако, путем инкапсуляции ДНК ее стабильность в суровых условиях можно сильно увеличить. Разложение ДНК или в углеводородной, или водной фазе можно приспособить путем выбора инкапсулирующего материала.

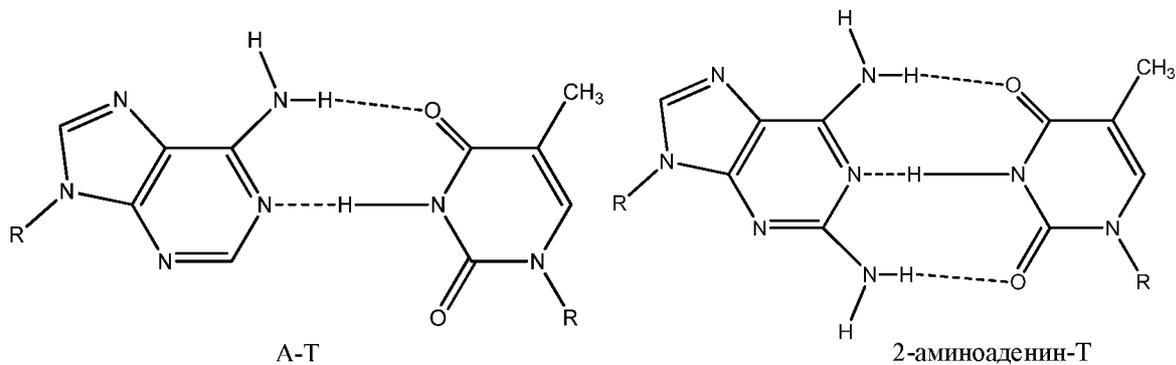
Кроме того, молекулы, содержащие конкретные последовательности нуклеотидов, можно селективно использовать для повышения совместимости с высокими температурами и давлениями скважины и пласта на основании улучшенной термической стабильности, проявляемой молекулами ДНК с большими концентрациями некоторых пар оснований. В частности, молекулы ДНК с наибольшей теплоустойчивостью представляют такие, которые содержат высокие уровни пар оснований GC и низкие уровни пар оснований AT. Например, последовательность GCAT (с соответствующей последовательностью пар оснований CGTA) характеризуется теплоустойчивостью при температурах от приблизительно 186 до 221°F. Последовательность GCGC (с соответствующей последовательностью пар

оснований CGCG) теплоустойчива при температурах от приблизительно 269 до 292°F. Наоборот, включение более высоких уровней пар оснований АТ снижает теплоустойчивость. Например, некоторое количество тимина в комбинации снижает устойчивость, так что последовательность АТСГ (с соответствующей последовательностью пар оснований ТАГС) сохраняется только при температурах от приблизительно 222 до 250°F, тогда как последовательность ТАТА (с соответствующей последовательностью пар оснований АТАТ) теплоустойчива при температурах только от приблизительно 129 до 175°F. Кроме того, если молекулы ДНК, которые содержат последовательность АТСГ (с соответствующей последовательностью пар оснований ТАГС), изменяют для включения модификации, известной как G-зажим, теплоустойчивость повышается на дополнительные 32°F или от температур приблизительно 254 до 282°F. Как показано ниже, модификация G-зажим включает добавление трициклического аналога цитозина, придавая двойной паре оснований (G-C) дополнительную водородную связь.

Путем увеличения водородных связей двойной пары оснований с 3 до 4 теплоустойчивость увеличивается на дополнительные 32°F.

ДНК может иметь или одну нить, или две нити. Природная ориентация ДНК в варианте с двумя нитями представляет собой соединение Уотсона-Крика. Синтетическая ДНК, однако, не соединена таким образом как природная ДНК. Однако, индикатор теплоустойчивости представляет собой термодинамическую переориентацию нитей и состоит главным образом из нитей, разделенных на две отдельные нити. Это явление известно как плавление и происходит в узком диапазоне температур. Наблюдали, что ДНК некоторых организмов выдерживает это температурное разрушение, примерами являются некоторые термофильные организмы. Анализ их геномов дает непосредственную корреляцию между уровнями G-C ДНК в последовательностях. По существу теплоустойчивость непосредственно связана с числом водородных связей между основаниями в двойных парах. Однако, упаковка (соединение двух нитей) также является фактором. Определили, что важный признак теплоустойчивости в природной ДНК прочно связан с мольным отношением связей G-C, поскольку это дает наибольшую плотность водородных связей. Теплоустойчивость в конечном итоге зависит от так называемой точки плавления, в которой нити двухнитевой ДНК разделяются. Это не имеет значения для одонитевой синтетической ДНК, однако, которая уже разделена. Разделение нитей двухнитевой ДНК, которое происходит в точке плавления, в некоторой степени обратимо. Нити могут повторно

соединяться, как только температура достаточно упадет. Теплоустойчивость зависит от термического сопротивления пар оснований или двойных элементов, а также стэкинг-взаимодействий, которые соединяют нити двухнитевой ДНК. Как указано выше, теплоустойчивость можно также улучшить путем модификации молекулярного расположения в конкретной паре оснований. Например, в дополнение к модификации G-G-зажима, указанной выше, теплоустойчивость пары оснований А-Т можно улучшить, как показано ниже, путем модификации пары оснований аденин-тимин для включения комплекса 2-аминоаденин-Т, который увеличивает количество водородных связей в комплексе с 2 до 3 и увеличивает его теплоустойчивость приблизительно на 5°F.



Теплоустойчивость конкретных пар оснований можно использовать для получения термодинамической оценки потенциала. Как указано выше, целесообразные химические модификации могут увеличить этот диапазон температур и сохранить существенные признаки ДНК для целей измерения. Химическая природа ДНК подразумевает, что она подвержена гидролизу, и степень гидролиза увеличивается с повышением температуры. Гидролиз представляет другой путь разложения ДНК в дополнение к разложению из-за его характеристик плавления, как указано выше. При этом известно, что ряд организмов выдерживает экстремальные температуры, что означает, что их генетический материал должен иметь некоторую врожденную теплоустойчивость. Этот ответ непосредственно согласовывался с мольной долей пар оснований G-C, независимо от того, присутствовали ли такие пары оснований в виде одной или двух нитей. Природная ДНК, однако, является хромосомной и поэтому должна быть двухнитевой.

Также было показано, что повторение пары G-C, по-видимому, придает большую стабильность, поскольку она имеет непосредственное влияние на термическое сопротивление ДНК. Это показывает, как различные организмы

справляются с высокой температурой путем включения большей мольной доли G-C в свой геном. Судя по всему, мольная доля G-C является ключевой, а не любая слабая связь, которая может быть включена в последовательность. Обрывающие цепь средства, по-видимому, имеют небольшое общее влияние на теплоустойчивость ДНК. По существу это означает, что мольную долю некоторых пар оснований в последовательности ДНК можно изменять согласно требуемому диапазону температур. Получение подробностей реакций разложения последовательности ДНК будет зависеть от среды, действию которой конкретная последовательность ДНК будет подвергаться, и воздействие реакций гидролиза является интересующей проблемой. Однако, модификации пар оснований, обсуждаемые выше, которые можно вводить, в то же время все еще сохраняя характерные признаки, которые делают ДНК идеальным маркером, предлагают явные пути для специальных маркеров для использования на месторождениях нефти.

Селективное использование конкретной молекулы ДНК в качестве биологического маркера на основании ее свойств теплоустойчивости включает использование ДНК в качестве биологического маркера в значительно более широком диапазоне условий, чем возможно на данный момент. Кроме того, устойчивость молекул ДНК при высоких температурах включает точное детектирование даже при очень низких уровнях ДНК, находящихся в пласте, путем предотвращения разложения ДНК. Кроме того, большой ряд уникальных молекул ДНК значительно увеличивает ряд уникальных маркеров, которые можно использовать на месторождении нефти, при этом значительно увеличивая как диапазон, так и многообразие операций на месторождениях нефти, в которых биологические маркеры можно использовать, и значительно увеличивает знания и понимание все более сложных скважин и их поведение. Это знание будет приводить к улучшенным операциям завершения и стимуляции скважин, обеспечивая экономию средств и улучшение работы скважины.

В некоторых типичных вариантах осуществления молекула ДНК, характеризующаяся конкретными свойствами теплостойкости на основании ее конкретного состава азотсодержащих оснований, которые соответствуют тепловой среде конкретной скважины, можно селективно вводить в пористый расклинивающий наполнитель, который следует использовать при эксплуатации скважины согласно способам и вариантам осуществления, описанным в настоящем документе. Например, для скважин, характеризующихся температурами от приблизительно 269 до 292°F, молекулу ДНК, содержащая последовательность GCGC, можно синтезировать и

вводить ее в расклинивающий наполнитель, который следует подавать в скважину в пласте. Эта молекула ДНК будет лучше выдерживать тепловые условия скважины, при этом обеспечивая более эффективное использование в качестве биологического маркера, который переносит информацию об образовании и производительности скважины.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления химическое средство для обработки, такое как биологический маркер, выделяется из пористого керамического расклинивающего наполнителя непрерывно в течение периода приблизительно один год, до приблизительно пяти лет или до приблизительно десяти лет после помещения расклинивающего наполнителя в гидравлически созданный разрыв. Системы, техники и композиции, обеспечиваемые для замедленного высвобождения ДНК, хорошо известны специалистам в данной области техники. Например, в европейском патенте №1510224, полное раскрытие которого включено в настоящий документ ссылкой, раскрыты несколько способов обеспечения замедленного высвобождения ДНК в течение периода времени. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления ДНК инкапсулирована в полимере, или материал, пропитанный ДНК, покрыт проницаемым неразлагающимся покрытием. В некоторых типичных вариантах осуществления инкапсулирующий полимер включает один или несколько из тугоплавких акрилатных, метакрилатных или стирольных полимеров, блок-сополимеров полимолочной-полигликолевой кислоты, полигликолей, полилактидов, полимолочной кислоты, желатина, водорастворимых полимеров, сшитых водорастворимых полимеров, липидов, гелей, диоксидов кремния или других подходящих инкапсулирующих материалов. Кроме того, инкапсулирующий полимер может включать инкапсулирующий материал, который содержит линейный полимер, содержащий разлагаемые сомомеры, или сшитый полимер, содержащий разлагаемые сшиватели.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления после того, как химическое средство для обработки, такое как биологический маркер, выделяется из пористого керамического расклинивающего наполнителя и распределяется в добываемом флюиде, добываемый флюид будет затем переносить биологический маркер на поверхность. Как только добываемые флюиды достигают поверхности, флюиды можно анализировать на наличие биологического маркера.

Возвращаясь к фиг. 1 увидим, что химическое средство для обработки можно смешивать с раствором-носителем для обеспечения раствора химического средства для

обработки. Химическое средство для обработки можно смешивать с раствором-носителем перед, после или во время подачи в смеситель 106 и/или питающий трубопровод 114 для химического средства. Например, химическое средство для обработки можно смешивать с раствором-носителем перед входом в питающий трубопровод 114 для химического средства для того, чтобы раствор химического средства для обработки поступал в смеситель 106 по трубопроводу 114.

Раствор-носитель может быть в виде водного раствора или органического раствора. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления раствор-носитель представляет собой водный раствор. Например, раствор-носитель может представлять собой или включать воду в любых количествах. Раствор-носитель может содержать по меньшей мере приблизительно 1 масс. %, по меньшей мере приблизительно 2 масс. %, по меньшей мере приблизительно 5 масс. %, по меньшей мере приблизительно 10 масс. %, по меньшей мере приблизительно 15 масс. %, по меньшей мере приблизительно 20 масс. %, по меньшей мере приблизительно 25 масс. %, по меньшей мере приблизительно 30 масс. %, по меньшей мере приблизительно 35 масс. %, по меньшей мере приблизительно 40 масс. %, по меньшей мере приблизительно 45 масс. %, по меньшей мере приблизительно 50 масс. %, по меньшей мере приблизительно 65 масс. %, по меньшей мере приблизительно 75 масс. %, по меньшей мере приблизительно 85 масс. %, по меньшей мере приблизительно 90 масс. %, по меньшей мере приблизительно 95 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99,9 масс. % или 100 масс. % жидкой воды.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления раствор-носитель представляет собой органический раствор. Например, раствор-носитель может представлять собой или включать растворитель и/или углеводороды в любых количествах. Раствор-носитель может содержать по меньшей мере приблизительно 1 масс. %, по меньшей мере приблизительно 2 масс. %, по меньшей мере приблизительно 5 масс. %, по меньшей мере приблизительно 10 масс. %, по меньшей мере приблизительно 15 масс. %, по меньшей мере приблизительно 20 масс. %, по меньшей мере приблизительно 25 масс. %, по меньшей мере приблизительно 30 масс. %, по меньшей мере приблизительно 35 масс. %, по меньшей мере приблизительно 40 масс. %, по меньшей мере приблизительно 45 масс. %, по меньшей мере приблизительно 50 масс. %, по меньшей мере приблизительно 65 масс. %, по меньшей мере приблизительно 75 масс. %, по меньшей мере приблизительно

85 масс. %, по меньшей мере приблизительно 90 масс. %, по меньшей мере приблизительно 95 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99,9 масс. % или 100 масс. % жидких углеводородов.

Растворитель может представлять собой или включать дихлорметан, тетрагидрофуран, этилацетат, ацетон, диметилформамид, ацетонитрил, диметилсульфоксид, пропиленкарбонат, муравьиную кислоту, уксусную кислоту или нитрометан, или любую их комбинацию. Раствор-носитель может представлять собой или включать спирт в любых количествах. Раствор-носитель может содержать по меньшей мере приблизительно 50 масс. %, по меньшей мере приблизительно 75 масс. %, по меньшей мере приблизительно 85 масс. %, по меньшей мере приблизительно 90 масс. %, по меньшей мере приблизительно 95 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99,9 масс. % или 100 масс. % спирта. Спирт может представлять собой или включать метанол, этанол, н-бутанол, изопропиловый спирт, бутиловый спирт, пентанол, цетиловый спирт, этиленгликоль, пропиленгликоль, глицерин или аллиловый спирт, или любую их комбинацию.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления раствор-носитель содержит любой носитель или раствор-носитель, раскрытый выше, в твердой форме или в твердой фазе. Раствор-носитель может быть твердым при условиях окружающей среды или комнатной температуре. Например, раствор-носитель можно подавать в смеситель в виде твердого вещества. Твердофазный раствор-носитель может представлять собой или включать один или несколько из восков, парафинов, полимерных композиций или других неметаллических твердых веществ, которые можно расплавить и ввести в поры и поровое пространство керамического расклинивающего наполнителя. Например, микроволновая энергия, излучаемая микроволновыми генераторами 102, 104, может плавить или размягчать твердофазный раствор-носитель до вязкости, достаточной для ввода в поры и поровое пространство пористого керамического расклинивающего наполнителя посредством капиллярного давления. Тепловая энергия или тепло, излучаемое микроволновыми генераторами 102, 104, также может плавить или размягчать твердофазный раствор-носитель до вязкости, достаточной для ввода в поры и поровое пространство пористого керамического расклинивающего наполнителя посредством капиллярного давления.

Раствор химического средства для обработки может содержать раствор-носитель в любых подходящих количествах. Раствор химического средства для обработки может

содержать от приблизительно 10 масс. %, приблизительно 20 масс. %, приблизительно 30 масс. %, приблизительно 40 масс. % или приблизительно 45 масс. % до приблизительно 55 масс. %, приблизительно 60 масс. %, приблизительно 70 масс. %, приблизительно 80 масс. % или приблизительно 90 масс. % раствора-носителя в пересчете на общую массу раствора химического средства для обработки. Например, раствор химического средства для обработки может содержать от приблизительно 25 масс. % до приблизительно 95 масс. %, от приблизительно 35 масс. % до приблизительно 85 масс. %, от приблизительно 42 масс. % до приблизительно 65 масс. %, от приблизительно 48 масс. % до приблизительно 58 масс. % или от приблизительно 50 масс. % до приблизительно 55 масс. % раствора-носителя. Раствор химического средства для обработки может также содержать от приблизительно 0,01 масс. %, приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 5 масс. %, приблизительно 10 масс. %, приблизительно 20 масс. %, приблизительно 30 масс. %, приблизительно 40 масс. % или приблизительно 45 масс. % до приблизительно 55 масс. %, приблизительно 60 масс. %, приблизительно 70 масс. %, приблизительно 80 масс. % или приблизительно 90 масс. % химического средства для обработки в пересчете на общую массу раствора химического средства для обработки. Например, раствор химического средства для обработки может содержать от приблизительно 1 масс. % до приблизительно 6 масс. %, от приблизительно 5 масс. % до приблизительно 65 масс. %, от приблизительно 15 масс. % до приблизительно 68 масс. %, от приблизительно 25 масс. % до приблизительно 62 масс. %, от приблизительно 35 масс. % до приблизительно 60 масс. %, от приблизительно 40 масс. % до приблизительно 58 масс. %, от приблизительно 45 масс. % до приблизительно 55 масс. % или от приблизительно 46 масс. % до приблизительно 52 масс. % химического средства для обработки. Раствор химического средства для обработки может содержать любое подходящее отношение химического средства для обработки к раствору-носителю. Например, раствор химического средства для обработки может содержать массовое отношение химического средства для обработки к раствору-носителю от приблизительно 1:10, приблизительно 1:5, приблизительно 1:3, приблизительно 2:5, приблизительно 1:2, приблизительно 3:5, приблизительно 2:3 или приблизительно 4:5 до приблизительно 5:4, приблизительно 3:2, приблизительно 5:3, приблизительно 2:1, приблизительно 5:2, приблизительно 3:1, приблизительно 5:1 или приблизительно 10:1. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления

массовое отношение химического средства для обработки к раствору-носителю составляет приблизительно 1:1. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления химическое средство для обработки представляет собой раствор-носитель. Раствор химического средства для обработки может иметь любую подходящую вязкость при условиях окружающей среды. Например, раствор химического средства для обработки может иметь вязкость при 21°C от приблизительно 5 сантипуаз (спз), приблизительно 15 спз, приблизительно 25 спз, приблизительно 50 спз или приблизительно 100 спз до приблизительно 125 спз, приблизительно 150 спз, приблизительно 200 спз, приблизительно 300 спз или приблизительно 500 спз или более.

Раствор-носитель и химическое средство для обработки могут иметь любую подходящую полярность. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления раствор-носитель имеет большую полярность, чем у химического средства для обработки. Например, химическое средство для обработки может быть неполярным. Повышенная полярность раствора-носителя относительно химического средства для обработки может обеспечивать нагрев раствора-носителя микроволновой энергией до большей температуры перед нагреванием химического средства для обработки, таким образом вызывая испарение раствора-носителя перед испарением химического средства для обработки.

Пористый керамический расклинивающий наполнитель и раствор химического средства для обработки можно подавать в смеситель 106 в любых подходящих количествах и смешивать вместе для обеспечения пропитанной смеси 116, расположенной в смесителе 106. Пропитанная смесь 116 может содержать любое подходящее отношение раствора химического средства для обработки к пористым керамическим частицам. Например, пропитанная смесь 116 может содержать массовое отношение раствора химического средства для обработки по трубопроводу 114 к композиции пористого керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 112 от приблизительно 1:50, приблизительно 1:25, приблизительно 1:20, приблизительно 1:15 или приблизительно 1:10 до приблизительно 1:8, приблизительно 1:6, приблизительно 1:5, приблизительно 1:4, приблизительно 1:3, приблизительно 1:2 или приблизительно 1:1. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления массовое отношение раствора химического средства для обработки к пористому керамическому расклинивающему наполнителю составляет приблизительно 1:1 в пропитанной смеси. Пропитанная смесь 116 может иметь содержание твердых веществ

от приблизительно 0,01 масс. %, приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 5 масс. %, приблизительно 7 масс. %, приблизительно 10 масс. %, приблизительно 15 масс. %, приблизительно 20 масс. %, приблизительно 30 масс. %, приблизительно 40 масс. % или приблизительно 45 масс. % до приблизительно 55 масс. %, приблизительно 60 масс. %, приблизительно 65 масс. %, приблизительно 70 масс. % или приблизительно 75 масс. %. Пропитанная смесь 116 может иметь содержание химического средства для обработки от приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 3 масс. %, приблизительно 5 масс. % или приблизительно 7 масс. % до приблизительно 10 масс. %, приблизительно 12 масс. %, приблизительно 15 масс. %, приблизительно 20 масс. % или приблизительно 25 масс. %.

Пропитанная смесь 116 может иметь границу 118 раздела жидкость-газ на любой подходящей высоте в смесителе 106. Граница 118 раздела жидкость-газ может располагаться на любой высоте над мешалкой 122 так, что лопасти 126 мешалки, по меньшей мере, частично погружены ниже границы 118 раздела жидкость-газ. Например, граница 118 раздела жидкость-газ может располагаться на любой высоте над мешалкой 122 так, что лопасти 126 мешалки полностью погружены ниже границы 118 раздела жидкость-газ. Мешалка 122 может вращаться с любой подходящей скоростью. Например, мешалка 122 может вращаться со скоростью от приблизительно 1 оборота в минуту (об/мин), приблизительно 5 об/мин, приблизительно 10 об/мин, приблизительно 15, приблизительно 20, приблизительно 25 об/мин или приблизительно 30 об/мин до приблизительно 40 об/мин, приблизительно 45 об/мин, приблизительно 50 об/мин, приблизительно 55 об/мин, приблизительно 60 об/мин, приблизительно 75 об/мин, приблизительно 100 об/мин, приблизительно 150 об/мин или приблизительно 300 об/мин или более. Мешалка 118 может вращаться перед, во время и/или после подачи раствора химического средства для обработки по трубопроводу 114 и композиции пористого керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 112.

Композицию пористого керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 112 и/или раствор химического средства для обработки по трубопроводу 114 можно предварительно нагревать до любой подходящей температуры перед подачей в смеситель 106 и/или во время нее. Композицию пористого керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 112 и/или раствор химического

средства для обработки по трубопроводу 114 можно предварительно нагревать до температуры от приблизительно 35°C, приблизительно 55°C, приблизительно 75°C, приблизительно 100°C, приблизительно 125°C или приблизительно 150°C до приблизительно 160°C, приблизительно 180°C, приблизительно 200°C, приблизительно 225°C, приблизительно 250°C или приблизительно 500°C или более перед подачей в смеситель 106. Например, пропитанная смесь 116 может иметь температуру от приблизительно 35°C, приблизительно 55°C, приблизительно 75°C, приблизительно 100°C, приблизительно 125°C или приблизительно 150°C до приблизительно 160°C, приблизительно 180°C, приблизительно 200°C, приблизительно 225°C или приблизительно 250°C или более перед подачей микроволновой энергии в смеситель 106. Пропитанная смесь 116 может также иметь температуру от приблизительно 35°C, приблизительно 45°C, приблизительно 55°C или приблизительно 65°C до приблизительно 75°C, приблизительно 80°C, приблизительно 85°C, приблизительно 90°C, приблизительно 95°C или приблизительно 100°C или более перед подачей микроволновой энергии в смеситель 106.

Мешалка 122 может перемешивать пропитанную смесь 116 в течение любого подходящего времени перед подачей микроволновой энергии. Например, мешалка 122 может перемешивать или встряхивать пропитанную смесь 116 в течение от приблизительно 10 секунд, приблизительно 30 секунд, приблизительно 1 минуты, приблизительно 2 минут, приблизительно 4 минут или приблизительно 6 минут до приблизительно 8 минут, приблизительно 10 минут, приблизительно 12 минут, приблизительно 15 минут или приблизительно 20 минут или более перед подачей микроволновой энергии в смеситель 106.

Первый и второй микроволновые генераторы 102, 104 могут подавать или излучать микроволновую энергию или микроволновое излучение в пропитанную смесь 116 посредством первого и второго волноводов 108, 110, соответственно. Микроволновую энергию от первого и второго микроволновых генераторов 102, 104 можно подавать в пропитанную смесь 116 перед, во время или после встряхивания пропитанной смеси 116. Например, микроволновую энергию от первого и второго микроволновых генераторов 102, 104 можно подавать в пропитанную смесь 116 во время вращения мешалки 122.

Первый и второй микроволновые генераторы 102, 104 могут излучать микроволновую энергию в любых подходящих количествах. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления первый и/или второй микроволновые генераторы

102, 104 создают выходную мощность от приблизительно 1 кВт, приблизительно 2 кВт, приблизительно 5 кВт, приблизительно 10 кВт, приблизительно 20 кВт, приблизительно 30 кВт, приблизительно 40 кВт или приблизительно 50 кВт до приблизительно 65 кВт, приблизительно 75 кВт, приблизительно 85 кВт, приблизительно 100 кВт или приблизительно 200 кВт или более. Первый и/или второй микроволновые генераторы 102, 104 могут также создавать выходную мощность от приблизительно 4 кВт, приблизительно 8 кВт, приблизительно 15 кВт, приблизительно 25 кВт, приблизительно 50 кВт, приблизительно 80 кВт, приблизительно 100 кВт или приблизительно 120 кВт до приблизительно 150 кВт, приблизительно 200 кВт, приблизительно 250 кВт, приблизительно 300 кВт или приблизительно 400 кВт или более. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления первый и/или второй микроволновые генераторы 102, 104 могут подавать от приблизительно 5 кВтч, приблизительно 10 кВтч, приблизительно 15 кВтч, приблизительно 25 кВтч или приблизительно 35 кВтч до приблизительно 45 кВтч, приблизительно 55 кВтч, приблизительно 65 кВтч, приблизительно 75 кВтч, приблизительно 85 кВтч, приблизительно 100 кВтч или приблизительно 200 кВтч или более микроволновой энергии в смеситель 106. Первый и/или второй микроволновые генераторы 102, 104 могут также подавать от приблизительно 10 кВтч, приблизительно 25 кВтч, приблизительно 50 кВтч, приблизительно 75 кВтч или приблизительно 95 кВтч до приблизительно 105 кВтч, приблизительно 125 кВтч, приблизительно 150 кВтч, приблизительно 200 кВтч, приблизительно 250 кВтч, приблизительно 300 кВтч или приблизительно 400 кВтч или более микроволновой энергии в смеситель 106.

Первый и второй микроволновые генераторы 102, 104 могут создавать температуру по меньшей мере приблизительно 30°C, по меньшей мере приблизительно 35°C, по меньшей мере приблизительно 40°C, по меньшей мере приблизительно 50°C, по меньшей мере приблизительно 60°C, по меньшей мере приблизительно 70°C, по меньшей мере приблизительно 80°C, по меньшей мере приблизительно 90°C, по меньшей мере приблизительно 95°C или по меньшей мере приблизительно 99°C в пропитанной смеси 116. Например, первый и второй микроволновые генераторы 102, 104 могут нагревать пропитанную смесь 116 до температуры от приблизительно 65°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C или приблизительно 95°C до приблизительно 100°C, приблизительно 105°C, приблизительно 110°C, приблизительно 120°C, приблизительно 130°C, приблизительно 150°C, приблизительно 170°C, приблизительно 200°C или приблизительно 225°C или более. Микроволновые

генераторы 102, 104 могут достигать скорости нагрева пропитанной смеси 116 от приблизительно 1°C/мин, приблизительно 2°C/мин, приблизительно 5°C/мин, приблизительно 7°C/мин или приблизительно 9°C/мин до приблизительно 11°C/мин, приблизительно 13°C/мин, приблизительно 15°C/мин, приблизительно 20°C/мин или приблизительно 25°C/мин или более.

Пропитанная смесь 116 может иметь любое подходящее время удержания в смесителе 106. Пропитанная смесь 116 может иметь время удержания от приблизительно 1 минуты, приблизительно 5 минут, приблизительно 10 минут, приблизительно 15 минут, приблизительно 20 минут или приблизительно 25 минут до приблизительно 30 минут, приблизительно 35 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа, приблизительно 2 часов, приблизительно 4 часов или приблизительно 8 часов или более в смесителе 106. Например, пропитанная смесь 116 может иметь время удержания от приблизительно 5 минут до приблизительно 40 минут, от приблизительно 8 минут до приблизительно 32 минут или от приблизительно 12 минут до приблизительно 25 минут в смесителе 106. Пропитанную смесь 116 можно также подвергать действию микроволнового излучения в течение любого подходящего времени. Пропитанную смесь 116 можно подвергать действию микроволновой энергии в течение от приблизительно 10 секунд, приблизительно 30 секунд, приблизительно 1 минуты, приблизительно 2 минут, приблизительно 4 минут, приблизительно 8 минут, приблизительно 12 минут или приблизительно 18 минут до приблизительно 25 минут, приблизительно 30 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа или приблизительно 2 часов или более в смесителе 106. Например, пропитанную смесь 116 можно подвергать действию микроволновой энергии в течение от приблизительно 45 секунд до приблизительно 18 минут, от приблизительно 1,5 минут до приблизительно 12 минут, от приблизительно 2 минут до приблизительно 7 минут, от приблизительно 15 минут до приблизительно 25 минут, от приблизительно 25 минут до приблизительно 55 минут или от приблизительно 30 минут до приблизительно 45 минут в смесителе 106.

Скорость нагрева пропитанной смеси 116 при помощи микроволновых генераторов 102, 104 может быть постоянной или меняться. Пропитанную смесь 116 можно подвергать одному непрерывному излучению микроволновой энергии. Например, пропитанную смесь 116 можно подвергать воздействию постоянного количества микроволновой энергии в течение одного непрерывного периода времени, пока не получат пропитанный керамический продукт.

Пропитанную смесь 116 можно подвергать нескольким излучениям микроволновой энергии. Пропитанную смесь 116 можно подвергать действию двух или более излучений микроволновой энергии, пока не получат пропитанный керамический продукт. Например, пропитанную смесь 116 можно последовательно подвергать действию двух или более излучений микроволновой энергии в течение последовательных периодов времени, пока не получат пропитанный керамический продукт. Два или более излучений микроволновой энергии могут быть одинаковыми или различными.

Например, микроволновые генераторы 102, 104 могут нагревать пропитанную смесь 116 до температуры ниже приблизительно 35°C, приблизительно 55°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C, приблизительно 95°C, приблизительно 100°C или приблизительно 125°C в течение первых или исходных 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% или 95% общего времени, в течение которого пропитанная смесь 116 подвергается воздействию микроволновой энергии. Микроволновые генераторы 102, 104 могут затем нагревать пропитанную смесь 116 до температуры выше приблизительно 35°C, приблизительно 55°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C, приблизительно 95°C, приблизительно 100°C или приблизительно 125°C в течение вторых, последующих или остальных 99%, 98%, 95%, 90%, 85%, 80%, 75%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10% или 5% общего времени, в течение которого пропитанная смесь 116 подвергается воздействию микроволновой энергии.

Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель можно отводить из смесителя 106 по трубопроводу 128. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 может содержать однородное или по существу однородное распределение химического средства для обработки по его порам и/или поровому пространству. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 может иметь концентрацию химического средства для обработки от приблизительно 0,01 масс. %, приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 4 масс. %, приблизительно 6 масс. %, приблизительно 10 масс. %, приблизительно 15 масс. % или приблизительно 20 масс. % до приблизительно 25 масс. %, приблизительно 30 масс. %, приблизительно 35 масс. % или приблизительно 40 масс. % или более в пересчете на общую массу пропитанного керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 128. Например,

пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 может иметь концентрацию химического средства для обработки от приблизительно 0,01 масс. % до приблизительно 1 масс. %, от 0,01 масс. % до приблизительно 2 масс. %, от 0,01 масс. % до приблизительно 5 масс. %, от 0,01 масс. % до приблизительно 15 масс. %, от приблизительно 2,5 масс. % до приблизительно 10 масс. %, от приблизительно 4,5 масс. % до приблизительно 9 масс. % или от приблизительно 5,5 масс. % до приблизительно 8 масс. %.

Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 может иметь содержание влаги или содержание воды менее чем приблизительно 5 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 0,25 масс. % или приблизительно 0,1 масс. % в пересчете на общую массу пропитанного керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 128. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 может иметь температуру от приблизительно 35°C, приблизительно 55°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C, приблизительно 95°C, приблизительно 100°C или приблизительно 125°C до приблизительно 135°C, приблизительно 150°C, приблизительно 175°C, приблизительно 200°C или приблизительно 225°C или более. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 можно подавать в охлаждающее устройство для частиц (не показано) для снижения температуры пропитанного керамического расклинивающего наполнителя до приблизительно температуры окружающей среды. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 можно подавать в охлаждающее устройство для частиц без подвергания промежуточной стадии сушки.

На фиг. 2 представлено схематическое изображение системы 200 для введения химического средства для обработки в пористые керамические частицы согласно некоторым типичным вариантам осуществления. Система 200 может содержать систему 100 с добавлением питающих трубопроводов для множества химических средств (показаны три). Система 200 может содержать любое количество питающих трубопроводов для химических средств. Как показано на фиг. 2, система 200 содержит один или несколько питающих трубопроводов 114 для химических средств для обработки или питающий трубопровод 114 для первого химического средства в дополнение к одному или нескольким питающим трубопроводам 214 для второго химического средства для обработки и одному или нескольким питающим

трубопроводам 215 для третьего химического средства для обработки. Система 200 может также содержать один или несколько первых микроволновых генераторов 102, один или несколько вторых микроволновых генераторов 104 и один или несколько смесителей 106, как описано выше со ссылкой на фиг. 1. Согласно альтернативному варианту осуществления (не показан) система 200 может содержать питающий трубопровод для первого химического средства, питающий трубопровод для второго химического средства для обработки и питающий трубопровод для третьего химического средства для обработки могут быть таким же или одним питающим трубопроводом. Например, два или более химических средств для обработки, таких как первое, второе и третье химические средства для обработки, можно смешивать вместе перед подачей в смеситель 106.

Ссылаясь теперь на фиг. 2 увидим, что при работе первое химическое средство для обработки можно смешивать с первым раствором-носителем для обеспечения раствора первого химического средства для обработки. Первое химическое средство для обработки можно смешивать с первым раствором-носителем перед, после или во время подачи в смеситель 106 и/или питающий трубопровод 114 для первого химического средства. Например, первое химическое средство для обработки можно смешивать с первым раствором-носителем перед входом в питающий трубопровод 114 для первого химического средства для того, чтобы раствор первого химического средства для обработки поступал в смеситель 106 по трубопроводу 114. Второе химическое средство для обработки можно смешивать со вторым раствором-носителем для обеспечения раствора второго химического средства для обработки. Второе химическое средство для обработки можно смешивать со вторым раствором-носителем перед, после или во время подачи в смеситель 106 и/или питающий трубопровод 214 для второго химического средства. Например, второе химическое средство для обработки можно смешивать со вторым раствором-носителем перед входом в питающий трубопровод 214 для второго химического средства для того, чтобы раствор второго химического средства для обработки поступал в смеситель 106 по трубопроводу 214. Третье химическое средство для обработки можно смешивать с третьим раствором-носителем для обеспечения раствора третьего химического средства для обработки. Третье химическое средство для обработки можно смешивать с третьим раствором-носителем перед, после или во время подачи в смеситель 106 и/или питающий трубопровод для третьего химического средства 215. Например, третье химическое средство для обработки можно смешивать с третьим раствором-

носителем перед входом в питающий трубопровод 215 для третьего химического средства для того, чтобы раствор третьего химического средства для обработки поступал в смеситель 106 по трубопроводу 215.

Первое, второе и третье химические средства для обработки, подаваемые в смеситель 106 по трубопроводам 114, 214 и 215, соответственно, могут содержать любой элемент, соединение или композицию, подходящие для обеспечения некоторой функции, которая полезна для отдачи пласта скважины с гидравлическим разрывом. Например, первое, второе и третье химические средства для обработки могут включать любые другие химические средства для обработки, описанные выше. Первый, второй и третий раствор-носитель могут быть в виде водного раствора или органического раствора. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления первый, второй и третий растворы-носители представляют собой водные растворы. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления первый, второй и третий растворы-носители представляют собой органические растворы. Например, каждый из первого, второго и третьего растворов-носителей могут представлять собой или содержать раствор-носитель, описанный выше. Например, первый, второй и/или третий растворы-носители могут представлять собой или включать воду в любых количествах. Первый, второй и/или третий растворы-носители могут содержать по меньшей мере приблизительно 1 масс. %, по меньшей мере приблизительно 2 масс. %, по меньшей мере приблизительно 5 масс. %, по меньшей мере приблизительно 10 масс. %, по меньшей мере приблизительно 15 масс. %, по меньшей мере приблизительно 20 масс. %, по меньшей мере приблизительно 25 масс. %, по меньшей мере приблизительно 30 масс. %, по меньшей мере приблизительно 35 масс. %, по меньшей мере приблизительно 40 масс. %, по меньшей мере приблизительно 45 масс. %, по меньшей мере приблизительно 50 масс. %, по меньшей мере приблизительно 65 масс. %, по меньшей мере приблизительно 75 масс. %, по меньшей мере приблизительно 85 масс. %, по меньшей мере приблизительно 90 масс. %, по меньшей мере приблизительно 95 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99,9 масс. % или 100 масс. % жидкой воды. Первый, второй и/или третий растворы-носители могут представлять собой или включать растворитель и/или углеводороды в любых количествах. Первый, второй и/или третий растворы-носители могут содержать по меньшей мере приблизительно 1 масс. %, по меньшей мере приблизительно 2 масс. %, по меньшей мере приблизительно 5 масс. %, по меньшей мере приблизительно 10 масс. %, по меньшей мере приблизительно 15 масс. %, по

меньшей мере приблизительно 20 масс. %, по меньшей мере приблизительно 25 масс. %, по меньшей мере приблизительно 30 масс. %, по меньшей мере приблизительно 35 масс. %, по меньшей мере приблизительно 40 масс. %, по меньшей мере приблизительно 45 масс. %, по меньшей мере приблизительно 50 масс. %, по меньшей мере приблизительно 65 масс. %, по меньшей мере приблизительно 75 масс. %, по меньшей мере приблизительно 85 масс. %, по меньшей мере приблизительно 90 масс. %, по меньшей мере приблизительно 95 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99 масс. %, по меньшей мере приблизительно 99,9 масс. % или 100 масс. % жидких углеводородов. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления первое химическое средство для обработки представляет собой первый раствор-носитель, второе химическое средство для обработки представляет собой второй раствор-носитель, а третье химическое средство для обработки представляет собой третий раствор-носитель.

Пористый керамический расклинивающий наполнитель и растворы первого, второго и/или третьего химических средств для обработки можно подавать в смеситель 106 в любых подходящих количествах и смешивать вместе любым подходящим образом для обеспечения пропитанной смеси 216, находящейся в смесителе 106. Пропитанная смесь 216 может содержать любое подходящее отношение растворов первого, второго и/или третьего химических средств для обработки к пористым керамическим частицам. Например, пропитанная смесь 216 может содержать массовое отношение раствора первого химического средства для обработки по трубопроводу 114 к композиции пористого керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 112 от приблизительно 1:25, приблизительно 1:20, приблизительно 1:15, приблизительно 1:10, приблизительно 1:5, приблизительно 1:3, приблизительно 2:5, приблизительно 1:2, приблизительно 3:5, приблизительно 2:3 или приблизительно 4:5 до приблизительно 5:4, приблизительно 3:2, приблизительно 5:3, приблизительно 2:1, приблизительно 5:2, приблизительно 3:1, приблизительно 5:1 или приблизительно 10:1. Пропитанная смесь 216 может содержать массовое отношение раствора второго химического средства для обработки по трубопроводу 214 к композиции пористого керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 112 от приблизительно 1:10, приблизительно 1:5, приблизительно 1:3, приблизительно 2:5, приблизительно 1:2, приблизительно 3:5, приблизительно 2:3 или приблизительно 4:5 до приблизительно 5:4, приблизительно 3:2, приблизительно 5:3, приблизительно 2:1, приблизительно 5:2, приблизительно 3:1, приблизительно 5:1 или приблизительно 10:1.

Пропитанная смесь 216 может содержать массовое отношение раствора третьего химического средства для обработки по трубопроводу 215 к композиции пористого керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 112 от приблизительно 1:10, приблизительно 1:5, приблизительно 1:3, приблизительно 2:5, приблизительно 1:2, приблизительно 3:5, приблизительно 2:3 или приблизительно 4:5 до приблизительно 5:4, приблизительно 3:2, приблизительно 5:3, приблизительно 2:1, приблизительно 5:2, приблизительно 3:1, приблизительно 5:1 или приблизительно 10:1. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления массовое отношение первого химического средства для обработки к пористому керамическому расклинивающему наполнителю может составлять приблизительно 0,1:1, приблизительно 0,2:1, приблизительно 0,5:1, 0,7:1 или приблизительно 1:1 в пропитанной смеси 216. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления массовое отношение второго химического средства для обработки к пористому керамическому расклинивающему наполнителю может составлять приблизительно 0,1:1, приблизительно 0,2:1, приблизительно 0,5:1, 0,7:1 или приблизительно 1:1 в пропитанной смеси 216. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления массовое отношение третьего химического средства для обработки к пористому керамическому расклинивающему наполнителю может составлять приблизительно 0,1:1, приблизительно 0,2:1, приблизительно 0,5:1, 0,7:1 или приблизительно 1:1 в пропитанной смеси 216. Пропитанная смесь 216 может иметь содержание твердых веществ от приблизительно 0,01 масс. %, приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 5 масс. %, приблизительно 7 масс. %, приблизительно 10 масс. %, приблизительно 15 масс. %, приблизительно 20 масс. %, приблизительно 30 масс. %, приблизительно 40 масс. % или приблизительно 45 масс. % до приблизительно 55 масс. %, приблизительно 60 масс. %, приблизительно 65 масс. %, приблизительно 70 масс. % или приблизительно 75 масс. %.

В смесителе 106 можно смешивать, встряхивать или перемешивать и нагревать пропитанную смесь 216 при условиях, аналогичных или таких же, как у пропитанной смеси 116, описанной выше. Пропитанная смесь 216 может иметь любое подходящее время удержания в смесителе 106 и пропитанная смесь 216 может образовываться путем последовательного добавления первого, второго и/или третьего химических средств для обработки в смеситель 106 в любой подходящей последовательности. Например, первое химическое средство для обработки можно подавать в смеситель

106, содержащий пористый керамический расклинивающий наполнитель, для получения первичной пропитанной смеси. Второе химическое средство для обработки можно подавать в смеситель 106, содержащий первичную пропитанную смесь, для получения вторичной пропитанной смеси. Третье химическое средство для обработки можно подавать в смеситель 106, содержащий вторичную пропитанную смесь, для получения третичной пропитанной смеси или пропитанной смеси 216.

Первичная пропитанная смесь может иметь время удержания от приблизительно 1 минуты, приблизительно 5 минут, приблизительно 10 минут, приблизительно 15 минут, приблизительно 20 минут или приблизительно 25 минут до приблизительно 30 минут, приблизительно 35 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа, приблизительно 2 часов, приблизительно 4 часов или приблизительно 8 часов или более в смесителе 106. Например, первичная пропитанная смесь может иметь время удержания от приблизительно 5 минут до приблизительно 40 минут, от приблизительно 8 минут до приблизительно 32 минут или от приблизительно 12 минут до приблизительно 25 минут в смесителе 106. Первичную пропитанную смесь можно также подвергать или подвергать действию микроволновой энергии в течение любого подходящего времени. Первичную пропитанную смесь 116 можно подвергать действию микроволновой энергии в течение от приблизительно 10 секунд, приблизительно 30 секунд, приблизительно 1 минуты, приблизительно 2 минут, приблизительно 4 минут, приблизительно 8 минут, приблизительно 12 минут или приблизительно 18 минут до приблизительно 25 минут, приблизительно 30 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа или приблизительно 2 часов или более в смесителе 106 для получения первичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя. Например, первичную пропитанную смесь можно подвергать действию микроволновой энергии в течение от приблизительно 45 секунд до приблизительно 18 минут, от приблизительно 1,5 минут до приблизительно 12 минут или от приблизительно 2 минут до приблизительно 7 минут в смесителе 106 для получения первичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя.

Вторичная пропитанная смесь может иметь время удержания от приблизительно 1 минуты, приблизительно 5 минут, приблизительно 10 минут, приблизительно 15 минут, приблизительно 20 минут или приблизительно 25 минут до приблизительно 30 минут, приблизительно 35 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа, приблизительно 2 часов, приблизительно 4 часов или приблизительно 8 часов или

более в смесителе 106. Например, вторичная пропитанная смесь может иметь время удержания от приблизительно 5 минут до приблизительно 40 минут, от приблизительно 8 минут до приблизительно 32 минут или от приблизительно 12 минут до приблизительно 25 минут в смесителе 106. Вторичную пропитанную смесь можно также подвергать или подвергать действию микроволновой энергии в течение любого подходящего времени. Вторичную пропитанную смесь 116 можно подвергать действию микроволновой энергии в течение от приблизительно 10 секунд, приблизительно 30 секунд, приблизительно 1 минуты, приблизительно 2 минут, приблизительно 4 минут, приблизительно 8 минут, приблизительно 12 минут или приблизительно 18 минут до приблизительно 25 минут, приблизительно 30 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа или приблизительно 2 часов или более в смесителе 106 для получения вторичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя. Например, вторичную пропитанную смесь можно подвергать действию микроволновой энергии в течение от приблизительно 45 секунд до приблизительно 18 минут, от приблизительно 1,5 минут до приблизительно 12 минут или от приблизительно 2 минут до приблизительно 7 минут в смесителе 106 для получения вторичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя.

Третичная пропитанная смесь или пропитанная смесь 216 может иметь время удержания от приблизительно 1 минуты, приблизительно 5 минут, приблизительно 10 минут, приблизительно 15 минут, приблизительно 20 минут или приблизительно 25 минут до приблизительно 30 минут, приблизительно 35 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа, приблизительно 2 часов, приблизительно 4 часов или приблизительно 8 часов или более в смесителе 106. Например, пропитанная смесь 216 может иметь время удержания от приблизительно 5 минут до приблизительно 40 минут, от приблизительно 8 минут до приблизительно 32 минут или от приблизительно 12 минут до приблизительно 25 минут в смесителе 106. Пропитанную смесь 116 можно также подвергать или подвергать действию микроволновой энергии в течение любого подходящего времени. Пропитанную смесь 216 можно подвергать действию микроволновой энергии в течение от приблизительно 10 секунд, приблизительно 30 секунд, приблизительно 1 минуты, приблизительно 2 минут, приблизительно 4 минут, приблизительно 8 минут, приблизительно 12 минут или приблизительно 18 минут до приблизительно 25 минут, приблизительно 30 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа или приблизительно 2 часов или более в смесителе 106 для получения третичного пропитанного керамического

расклинивающего наполнителя или пропитанного керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 228. Например, пропитанную смесь 216 можно подвергать действию микроволновой энергии в течение от приблизительно 45 секунд до приблизительно 18 минут, от приблизительно 1,5 минут до приблизительно 12 минут или от приблизительно 2 минут до приблизительно 7 минут в смесителе 106 для получения третичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя или пропитанного керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 228.

Скорость нагрева первичной пропитанной смеси, вторичной пропитанной смеси и/или пропитанной смеси 216 при помощи микроволновых генераторов 102, 104 можно изменять. Например, микроволновые генераторы 102, 104 могут нагревать первичную пропитанную смесь, вторичную пропитанную смесь и/или пропитанную смесь 216 до температуры ниже приблизительно 35°C, приблизительно 55°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C, приблизительно 95°C, приблизительно 100°C или приблизительно 125°C в течение первых или исходных 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% или 95% общего времени, в течение которого первичная пропитанная смесь, вторичная пропитанная смесь и/или пропитанная смесь 216 подвергается воздействию микроволновой энергии. Микроволновые генераторы 102, 104 могут нагревать первичную пропитанную смесь, вторичную пропитанную смесь и/или пропитанную смесь 216 до температуры выше приблизительно 35°C, приблизительно 55°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C, приблизительно 95°C, приблизительно 100°C или приблизительно 125°C в течение вторых, последующих или оставшихся 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% или 95% общего времени, в течение которого первичная пропитанная смесь, вторичная пропитанная смесь и/или пропитанная смесь 216 подвергается воздействию микроволновой энергии.

Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель можно отводить из смесителя 106 системы 200 по трубопроводу 228. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 может содержать однородное или по существу однородное распределение первого, второго и/или третьего химического средства для обработки по его порам и/или поровому пространству. В варианте осуществления (не показан) пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 может содержать однородное или по существу однородное распределение четырех или более отдельных химических средств для обработки по его порам и/или поровому пространству. Пропитанный керамический расклинивающий

наполнитель по трубопроводу 228 может иметь концентрацию первого химического средства для обработки от приблизительно 0,01 масс. %, приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 4 масс. % или приблизительно 6 масс. % до приблизительно 8 масс. %, приблизительно 10 масс. % или приблизительно 12 масс. % или более в пересчете на общую массу пропитанного керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 228. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 может иметь концентрацию второго химического средства для обработки от приблизительно 0,01 масс. %, приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 4 масс. % или приблизительно 6 масс. % до приблизительно 8 масс. %, приблизительно 10 масс. % или приблизительно 12 масс. % или более в пересчете на общую массу пропитанного керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 228. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 может иметь концентрацию третьего химического средства для обработки от приблизительно 0,01 масс. %, приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 4 масс. % или приблизительно 6 масс. % до приблизительно 8 масс. %, приблизительно 10 масс. % или приблизительно 12 масс. % или более в пересчете на общую массу пропитанного керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 228.

Химические средства для обработки могут также неоднородно пропитывать керамический расклинивающий наполнитель. Например, одна или несколько областей зон керамического расклинивающего наполнителя могут быть целевыми для пропитки одним или несколькими химическими средствами для обработки. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 может содержать распределение слоистого типа или типа ядро-оболочка первого, второго и/или третьего химических средств для обработки по его порам и/или поровому пространству. Например, первое химическое средство для обработки может пропитывать поры и/или поровое пространство зоны в центре или ядре керамического расклинивающего наполнителя или вблизи нее. Третье химическое средство для обработки может пропитывать поры и/или поровое пространство внешней зоны керамического расклинивающего наполнителя, а второе химическое средство для обработки может пропитывать поры

и/или поровое пространство зоны между ядром и внешней частью керамического расклинивающего наполнителя.

Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 может иметь содержание влаги или содержание воды менее чем приблизительно 5 масс. %, приблизительно 2 масс. %, приблизительно 1 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 0,25 масс. % или приблизительно 0,1 масс. % в пересчете на общую массу пропитанного керамического расклинивающего наполнителя по трубопроводу 228. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 может иметь температуру от приблизительно 35°C, приблизительно 55°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C, приблизительно 95°C, приблизительно 100°C или приблизительно 125°C до приблизительно 135°C, приблизительно 150°C, приблизительно 175°C, приблизительно 200°C или приблизительно 225°C или более. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 можно подавать в охлаждающее устройство для частиц (не показано) для снижения температуры пропитанного керамического расклинивающего наполнителя до приблизительно температуры окружающей среды. В одном или нескольких типичных вариантах осуществления пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 228 можно подавать в охлаждающее устройство для частиц без подвергания промежуточной стадии сушки.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления (не показаны) первый и второй микроволновые генераторы 102, 104 с фиг. 1 и 2 можно заменять или дополнять одним или несколькими нагревателями. Один или несколько нагревателей могут представлять собой или включать один или несколько прямых газовых нагревателей, один или несколько косвенных газовых нагревателей, один или несколько электрических нагревателей, одну или несколько дуговых электропечей, один или несколько вентиляторных воздушнонагревателей, один или несколько радиационных нагревателей, один или несколько инфракрасных нагревателей или один или несколько теплообменников со змеевиком, содержащим горячее циркулирующее минеральное масло.

При работе химическое средство для обработки можно смешивать с растворителем для обеспечения раствора химического средства для обработки, как описано в настоящем документе со ссылкой на фиг. 1. Раствор химического средства для обработки можно затем смешивать с пористым керамическим расклинивающим наполнителем в смесителе 106 для получения пропитанной смеси 116. Пропитанную

смесь 116 можно подвергать воздействию тепловой энергии, производимой нагревателями.

Раствор-носитель и/или первый, второй и/или третий растворы-носители могут содержать любой носитель или раствор-носитель, раскрытый выше, имеющий твердую форму или твердую фазу. Растворы-носители могут быть твердыми при условиях окружающей среды или комнатной температуре. Например, растворы-носители можно подавать в смеситель в виде твердого вещества. Твердофазные растворы-носители могут представлять собой или включать один или несколько восков, парафинов, полимерных композиций или других неметаллических твердых веществ, которые можно расплавить и вводить в поры и поровое пространство керамического расклинивающего наполнителя. Раствор-носитель может представлять собой или включать ингибиторы образования парафина и асфальтена, описанные в настоящем документе. Например, раствор-носитель может представлять собой или включать сополимеры этилена/винилацетата, акрилаты (такие как полиакрилатные сложные эфиры и метакрилатные сложные эфиры жирных спиртов), и олефин/ сложные эфиры малеиновой кислоты, гомополимеры и сополимеры жирных сложных эфиров (таких как жирные сложные эфиры полимеров и сополимеров акриловой и метакриловой кислоты) и сорбитан моноолеат. Например, химическое средство для обработки представляет собой раствор-носитель. Тепловая энергия, получаемая нагревателями, может плавить или размягчать твердофазный раствор-носитель(и) до вязкости, достаточной для вхождения в поры и поровое пространство пористого керамического расклинивающего наполнителя посредством капиллярного давления.

Нагреватели могут создавать температуру по меньшей мере приблизительно 30°C, по меньшей мере приблизительно 35°C, по меньшей мере приблизительно 40°C, по меньшей мере приблизительно 50°C, по меньшей мере приблизительно 60°C, по меньшей мере приблизительно 70°C, по меньшей мере приблизительно 80°C, по меньшей мере приблизительно 90°C, по меньшей мере приблизительно 95°C или по меньшей мере приблизительно 99°C в пропитанной смеси 116. Например, нагреватели могут нагревать пропитанную смесь 116 до температуры от приблизительно 65°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C или приблизительно 95°C до приблизительно 100°C, приблизительно 105°C, приблизительно 110°C, приблизительно 120°C, приблизительно 130°C, приблизительно 150°C, приблизительно 170°C, приблизительно 200°C или приблизительно 225°C или более. Нагреватели могут достигать скорости нагрева пропитанной смеси 116 от приблизительно 1°C/мин,

приблизительно 2°C/мин, приблизительно 5°C/мин, приблизительно 7°C/мин или приблизительно 9°C/мин до приблизительно 11°C/мин, приблизительно 13°C/мин, приблизительно 15°C/мин, приблизительно 20°C/мин или приблизительно 25°C/мин или более.

В одном или нескольких типичных вариантах осуществления первое, второе и/или третье химические средства для обработки можно смешивать с первым, вторым и/или третьим раствором-носителем, соответственно, для получения растворов первого, второго и/или третьего химического средства для обработки, как описано в настоящем документе со ссылкой на фиг. 2. Растворы первого, второго и/или третьего химического средства для обработки можно затем смешивать с пористым керамическим расклинивающим наполнителем в смесителе 106 для получения первичной пропитанной смеси, вторичной пропитанной смеси, третичной пропитанной смеси и/или пропитанной смеси 216. Первичную пропитанную смесь, вторичную пропитанную смесь, третичную пропитанную смесь и/или пропитанную смесь 216 можно подвергать воздействию тепловой энергии, производимой нагревателями.

Нагреватели могут создавать температуру по меньшей мере приблизительно 30°C, по меньшей мере приблизительно 35°C, по меньшей мере приблизительно 40°C, по меньшей мере приблизительно 50°C, по меньшей мере приблизительно 60°C, по меньшей мере приблизительно 70°C, по меньшей мере приблизительно 80°C, по меньшей мере приблизительно 90°C, по меньшей мере приблизительно 95°C или по меньшей мере приблизительно 99°C в первичной пропитанной смеси, вторичной пропитанной смеси, третичной пропитанной смеси и/или пропитанной смеси 216. Например, нагреватели могут нагревать первичную пропитанную смесь, вторичную пропитанную смесь, третичную пропитанную смесь и/или пропитанную смесь 216 до температуры от приблизительно 65°C, приблизительно 75°C, приблизительно 85°C или приблизительно 95°C до приблизительно 100°C, приблизительно 105°C, приблизительно 110°C, приблизительно 120°C, приблизительно 130°C, приблизительно 150°C, приблизительно 170°C, приблизительно 200°C или приблизительно 225°C или более. Нагреватели могут достигать скорости нагрева первичной пропитанной смеси, вторичной пропитанной смеси, третичной пропитанной смеси и/или пропитанной смеси 216 от приблизительно 1°C/мин, приблизительно 2°C/мин, приблизительно 5°C/мин, приблизительно 7°C/мин или приблизительно 9°C/мин до приблизительно 11°C/мин, приблизительно 13°C/мин, приблизительно 15°C/мин, приблизительно 20°C/мин или приблизительно 25°C/мин или более.

Пропитанная смесь 116 со ссылкой на фиг. 1 и первичная пропитанная смесь, вторичная пропитанная смесь, третичная пропитанная смесь и/или пропитанная смесь 216 со ссылкой на фиг. 2 могут иметь время удержания от приблизительно 1 минуты, приблизительно 5 минут, приблизительно 10 минут, приблизительно 15 минут, приблизительно 20 минут или приблизительно 25 минут до приблизительно 30 минут, приблизительно 35 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа, приблизительно 2 часов, приблизительно 4 часов или приблизительно 8 часов или более в смесителе. Например, пропитанная смесь, первичная пропитанная смесь, вторичная пропитанная смесь и/или третичная пропитанная смесь могут иметь время удержания от приблизительно 5 минут до приблизительно 40 минут, от приблизительно 8 минут до приблизительно 32 минут или от приблизительно 12 минут до приблизительно 25 минут в смесителе. Пропитанная смесь, первичная пропитанная смесь, вторичная пропитанная смесь и/или третичная пропитанная смесь могут также подвергаться или на них может воздействовать тепловая энергия в течение любого подходящего времени. Пропитанная смесь, первичная пропитанная смесь, вторичная пропитанная смесь и/или третичная пропитанная смесь может подвергаться воздействию тепловой энергии в течение от приблизительно 10 секунд, приблизительно 30 секунд, приблизительно 1 минуты, приблизительно 2 минут, приблизительно 4 минут, приблизительно 8 минут, приблизительно 12 минут или приблизительно 18 минут до приблизительно 25 минут, приблизительно 30 минут, приблизительно 45 минут, приблизительно 1 часа или приблизительно 2 часов или более в смесителе для получения пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, первичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, вторичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя и/или третичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, соответственно. Например, пропитанная смесь, первичная пропитанная смесь, вторичная пропитанная смесь и/или третичная пропитанная смесь могут подвергаться воздействию тепловой энергии в течение от приблизительно 45 секунд до приблизительно 18 минут, от приблизительно 1,5 минут до приблизительно 12 минут или от приблизительно 2 минут до приблизительно 7 минут в смесителе 106 для получения пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, первичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, вторичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя и/или третичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, соответственно.

Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель может содержать одно или несколько химических средств для обработки, распределенных однородно по носителю пористого керамического расклинивающего наполнителя. Например, пропитанный керамический расклинивающий наполнитель может содержать по существу однородную концентрацию химических средств для обработки по площади сечения пропитанного керамического расклинивающего наполнителя.

На фиг. 3 представлено схематическое изображение системы для получения пористого керамического расклинивающего наполнителя, пропитанного химическим средством для обработки согласно некоторым типичным вариантам осуществления настоящего изобретения. Типичная система, показанная на фиг. 3, может иметь аналогичную конструкцию и работу с системой, описанной в патенте США №4440866, полное раскрытие которого включено в настоящий документ ссылкой. Операции, проводимые типичной системой, показанной на фиг. 3, можно также использовать для получения частиц согласно периодическому процессу.

В системе, показанной на фиг. 3, содержащий оксид алюминия исходный материал с содержанием оксида алюминия от приблизительно 10 масс. % до приблизительно 90 масс. %, от приблизительно 25 масс. % до приблизительно 75 масс. %, от приблизительно 35 масс. % до приблизительно 65 масс. %, от приблизительно 40 масс. % до приблизительно 55 масс. % или от приблизительно 45 масс. % до приблизительно 50 масс. % (в пересчете на прокаленное вещество) проходит через дробилку 105, которая разрезает и разбивает исходный материал на небольшие куски. В некоторых вариантах осуществления, когда исходный материал как добыт, или как получен (называемый в настоящем документе «необработанный» исходный материал) имеет такую консистенцию, что его можно обрабатывать, как описано в настоящем документе, без дробления, дробилку можно исключить. Исходный материал, подаваемый через дробилку, такую как показано на фиг. 3, называется «обработанным» исходным материалом.

В некоторых типичных вариантах осуществления дробилка разрушает и разрезает содержащий оксид алюминия исходный материал, чтобы получить куски с диаметром менее чем приблизительно 10 дюймов, менее чем приблизительно 7 дюймов, менее чем приблизительно 5 дюймов, менее чем приблизительно 3 дюйма или менее чем приблизительно 1 дюйм, хотя куски с меньшими и большими диаметрами можно также перерабатывать в суспензию, как описано в настоящем документе. Дробилки и ряд других устройств для разрезания, раскалывания или

измельчения содержащего оксид алюминия исходного материала, а также их коммерческие источники, такие как Gleason Foundry Company, хорошо известны специалистам в данной области техники.

Обработанный или необработанный содержащий оксид алюминия исходный материал и воду можно подавать в мешалку 310, которая имеет вращающуюся лопасть, которая придает силу сдвига и дополнительно уменьшает размер частиц исходного материала для получения суспензии. В непрерывном процессе исходный материал и воду непрерывно подают в мешалку. Мешалки и аналогичные устройства для получения суспензий таких материалов, а также их коммерческие источники хорошо известны специалистам в данной области техники.

Достаточное количество воды можно подавать в мешалку 310 для получения суспензии с содержанием твердых веществ в диапазоне от приблизительно 10 масс. %, приблизительно 20 масс. %, приблизительно 40 масс. % или приблизительно 50 масс. % до приблизительно 55 масс. %, приблизительно 60 масс. %, приблизительно 70 масс. % или приблизительно 85 масс. %. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления достаточное количество воды подают в суспензию так, чтобы содержание твердых веществ в суспензии составляло от приблизительно 45 масс. % до приблизительно 55 масс. %, от приблизительно 45 масс. % до приблизительно 50 масс. % или от приблизительно 50 масс. % до приблизительно 65 масс. %. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления достаточное количество воды подают в суспензию так, чтобы содержание твердых веществ в суспензии составляло приблизительно 50 масс. %. Вода, поданная в мешалку 310, может быть пресной водой или деионизированной водой. В непрерывном процессе получения суспензии содержание твердых веществ в суспензии периодически анализируют и количество воды, подаваемой в суспензию, регулируют для поддержания желаемого содержания твердых веществ. Способы анализа содержания твердых веществ в суспензии и регулирование подачи воды хорошо известны и изучены специалистами в данной области техники.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления диспергирующую добавку подают в суспензию в мешалке 310 для регулирования вязкости суспензии в целевом диапазоне, как обсуждается далее ниже. В некоторых типичных вариантах осуществления вязкость суспензии в мешалке 310 регулируют в целевом диапазоне путем добавления диспергирующей добавки и регулирующего pH реагента.

Диспергирующую добавку можно подавать в суспензию перед подачей других

добавок. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления композиция содержит диспергирующую добавку в количестве от приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,10 масс. %, приблизительно 0,15 масс. % или приблизительно 0,20 масс. % до приблизительно 0,25 масс. %, приблизительно 0,30 масс. %, приблизительно 0,35 масс. % или приблизительно 0,45 масс. % в пересчете на сухую массу содержащего оксид алюминия исходного материала.

Типичные материалы, подходящие для использования в качестве диспергирующей добавки в композициях и способах, описанных в настоящем документе, включают, помимо прочего, полиакрилат натрия, полиакрилат аммония, полиметакрилат аммония, пирофосфат тетранатрия, пирофосфат тетракалия, полифосфат, полифосфат аммония, цитрат аммония, двойную соль лимоннокислого железа и полиэлектролиты, такие как композиция полиметакрилата аммония и воды, коммерчески доступная из различных источников, таких как Kemira Chemicals под торговым наименованием C-211, Phoenix Chemicals, Bulk Chemical Systems под торговым наименованием BCS 4020 и R.T. Vanderbilt Company, Inc. под торговым наименованием DARVAN C. Обычно диспергирующая добавка может представлять собой любой материал, который будет регулировать вязкость суспензии на уровне целевой вязкости так, что суспензию можно затем обрабатывать через одну или несколько нагнетательных форсунок флюидизатора. В некоторых типичных вариантах осуществления целевая вязкость составляет менее 150 спз (что определено на вискозиметре Брукфилда со шпинделем №61). Согласно некоторым типичным вариантам осуществления целевая вязкость составляет менее 125 спз, менее 100 спз, менее 80 спз, менее 70 спз, менее 60 спз, менее 50 спз, менее 40 спз, менее 30 спз или менее 20 спз.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления, в которых используют регулирующий pH реагент, достаточное количество регулирующего pH реагента подают в суспензию для регулирования pH суспензии в диапазоне от приблизительно 8 до приблизительно 11. В некоторых типичных вариантах осуществления достаточное количество регулирующего pH реагента подают в суспензию для регулирования pH до приблизительно 9, приблизительно 9,5, приблизительно 10 или приблизительно 10,5. pH суспензии можно периодически анализировать pH-метром, а количество регулирующего pH реагента, подаваемого в суспензию, регулировать для поддержания желаемого pH. Способы анализа pH суспензии и регулирование подачи регулирующего pH реагента находятся в

компетенции специалистов в данной области техники. Типичные материалы, подходящие для использования в качестве регулирующего рН реагента в композициях и способах, описанных в настоящем документе, включают, помимо прочего, аммиак и карбонат натрия.

Обычно целевая вязкость композиций представляет собой вязкость, которую можно изменять посредством заданного типа и размера нагнетательной форсунки во флюидизаторе без засорения. Обычно, чем ниже вязкость суспензии, тем проще ее можно обрабатывать в заданном флюидизаторе. Однако, добавление слишком большого количества диспергирующей добавки может вызывать увеличение вязкости суспензии до точки, где ее нельзя удовлетворительно обрабатывать в заданном флюидизаторе. Специалист в данной области техники может определить целевую вязкость для заданных типов флюидизатора посредством обычного эксперимента.

Мешалка 310 смешивает содержащий оксид алюминия исходный материал, воду, диспергирующую добавку и регулирующий рН реагент для получения суспензии. Время, требуемое для получения суспензии, зависит от таких факторов, как размер мешалки, скорость, с которой мешалка работает, и количество материала в мешалке.

Из мешалки 310 суспензию подают в резервуар 315, где суспензия непрерывно перемешивается, и связующее подают в количестве от приблизительно 0,01 масс. %, приблизительно 0,05 масс. %, приблизительно 0,1 масс. %, приблизительно 0,2 масс. %, приблизительно 0,5 масс. %, приблизительно 1,0 масс. % или приблизительно 2,0 масс. % до приблизительно 3,0 масс. %, приблизительно 5,0 масс. %, приблизительно 7,0 масс. %, приблизительно 10,0 масс. %, приблизительно 12,0 масс. %, приблизительно 15,0 масс. % или приблизительно 20,0 масс. % в пересчете на общую сухую массу содержащего оксид алюминия исходного материала. В некоторых типичных вариантах осуществления связующее подают в количестве от приблизительно 0,2 масс. % до приблизительно 3,0 масс. %, от приблизительно 0,7 масс. % до приблизительно 2,5 масс. % или от приблизительно 1,5 масс. % до приблизительно 2,0 масс. % в пересчете на общую сухую массу содержащего оксид алюминия исходного материала. Подходящие связующие включают, помимо прочего, поливинилацетат, поливиниловый спирт (PVA), метилцеллюлозу, декстрин и мелассу. В некоторых типичных вариантах осуществления связующее представляет собой PVA с молекулярной массой от приблизительно 1000 Mn, приблизительно 5000 Mn, приблизительно 10000 Mn, приблизительно 20000 Mn или приблизительно 40000 Mn до приблизительно 60000 Mn, приблизительно 80000 Mn, приблизительно 100000 Mn,

приблизительно 120000 Mn или приблизительно 200000 Mn. «Mn» представляет собой среднечисленную молекулярную массу, которая представляет общую массу полимерных молекул в образце, поделенную на общее число полимерных молекул в этом образце.

Резервуар 315 содержит суспензию, полученную в мешалке 310. Однако, в резервуаре 315 можно перемешивать суспензию с меньшей скоростью, чем в мешалке, чтобы перемешивать связующее с суспензией без избыточного вспенивания суспензии или повышения вязкости суспензии до такого уровня, который будет препятствовать подаче суспензии через нагнетательные форсунки флюидизатора.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления связующее можно подавать в суспензию, когда она находится в мешалке 310. Согласно таким вариантам осуществления мешалка 310 необязательно имеет различные скорости, включая высокую скорость для получения высокоинтенсивного перемешивания для разрушения исходного материала в суспензионную форму и низкую скорость для смешивания связующего с суспензией без образования вышеуказанного избыточного вспенивания или повышения вязкости.

Ссылаясь снова на резервуар 315, показанный на фиг. 3, суспензию перемешивают в резервуаре после добавления связующего в течение времени, достаточного для тщательного смешивания связующего с суспензией. В некоторых типичных вариантах осуществления суспензию перемешивают в резервуаре 315 в течение приблизительно 30 минут после добавления связующего. В некоторых типичных вариантах осуществления суспензию перемешивают в резервуаре 315 в течение по меньшей мере приблизительно 30 минут. В некоторых типичных вариантах осуществления суспензию перемешивают в резервуаре 315 в течение более чем приблизительно 30 минут после добавления связующего.

Резервуар 315 может также быть резервуарной системой, содержащей один, два, три или более резервуаров. Любая конструкция или число резервуаров, которые позволяют тщательное перемешивание связующего с суспензией, достаточны. В непрерывном процессе воду и одно или несколько из пыли, частиц большего размера или частиц меньшего размера из последующего флюидизатора или другого устройства можно подавать в суспензию в резервуаре 315.

Из резервуара 315 суспензию подают в теплообменник 320, который нагревает суспензию до температуры от приблизительно 5°C, приблизительно 10°C, приблизительно 15°C, приблизительно 25°C, приблизительно 35°C или приблизительно

50°C до приблизительно 65°C, приблизительно 75°C, приблизительно 90°C, приблизительно 95°C, приблизительно 99°C или приблизительно 105°C. Из теплообменника 320 суспензию подают в насосную систему 125, которая подает суспензию под давлением во флюидизатор 330.

Мельницу(ы) и/или систему(ы) сит (не показаны) можно устанавливать в одном или нескольких местах в системе, показанной на фиг. 3, перед подачей суспензии во флюидизатор для облегчения разрушения любых частиц большего размера содержащего оксид алюминия исходного материала до целевого размера, подходящего для подачи в флюидизатор. В некоторых типичных вариантах осуществления целевой размер составляет менее 230 меш. В некоторых типичных вариантах осуществления целевой размер составляет менее 325 меш, менее 270 меш, менее 200 меш или менее 170 меш. На целевой размер действует способность типа и/или размера нагнетательной форсунки в последующем флюидизаторе атомизировать суспензию без засорения.

Если используют систему измельчения, ее заряжают абразивом, подходящим для облегчения разрушения исходного материала до целевого размера, подходящего для последующей подачи через одну или несколько нагнетательных форсунок флюидизатора. Если используют систему сит, система сит разработана для удаления больших частиц, чем целевой размер, из суспензии. Например, система сит может включать одно или несколько сит, которые выбирают и размещают так, чтобы отсеивать из суспензии частицы, которые меньше целевого размера.

Ссылаясь снова на фиг. 3 увидим, что флюидизатор 330 имеет такую обычную конструкцию, как описано, например, в патенте США №3533829 и патенте Великобритании №1401303. Флюидизатор 330 содержит по меньшей мере одну распылительную форсунку 332 (три распылительные форсунки 332 показаны на фиг. 3), которая представляет собой нагнетательную форсунку обычной конструкции. В других вариантах осуществления один или несколько пневмораспылителей являются подходящими. Конструкция таких форсунок хорошо известна, например, из K. Masters: «Spray Drying Handbook», John Wiley and Sons, New York (1979).

Флюидизатор 330 также содержит слой 334 частиц, который может поддерживаться пластиной 336, такой как перфорированная, ровная или повернутая пластина. Горячий воздух протекает через пластину 336. Слой 334 частиц содержит зерна, из которых могут вырасти сырые окатыши целевого размера. Выражение «сырые окатыши» и связанные формы при использовании в настоящем документе относятся по существу к круглым и сферическим частицам, которые образовались из суспензии, но

не были обожжены. Когда используют перфорированную или ровную пластину, зерна также служат для получения режима идеального вытеснения во флюидизаторе. Режим идеального вытеснения является выражением, известным специалистам в данной области техники, и может обычно быть описан как режим потока, где происходит очень небольшое обратное смешение. Зерна меньше целевого размера для сырых окатышей, полученных согласно настоящим способам. В некоторых типичных вариантах осуществления зерно содержит от приблизительно 5% до приблизительно 20% всего объема сырого окатыша, полученного из него. Суспензию распыляют под давлением через распылительные форсунки 332, и суспензия распыляется на зерна с получением сырых окатышей, которые по существу круглые и сферические.

Вносимые извне зерна можно помещать на перфорированную пластину 336 перед началом атомизации суспензии флюидизатором. Если используют вносимые извне зерна, зерна можно получать в суспензионном процессе, аналогичном показанному на фиг. 3, где зерна с целевым размером зерна просто отбирают из флюидизатора. Вносимые извне зерна можно также получать в высокоинтенсивном процессе перемешивания, таком как описанный в патенте США №4879181, полное раскрытие которого включено в настоящий документ ссылкой.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления вносимые извне зерна получают или из исходного материала, по меньшей мере, с таким же содержанием оксида алюминия, что и исходный материал, используемый для получения суспензии, или из исходного материала с большим или меньшим количеством оксида алюминия, чем у исходного материала, используемого для получения суспензии. В некоторых типичных вариантах осуществления суспензия имеет содержание оксида алюминия, которое по меньшей мере на 10%, по меньшей мере на 20% или по меньшей мере на 30% меньше, чем у зерен. В некоторых типичных вариантах осуществления вносимые извне зерна имеют содержание оксида алюминия меньше, чем у суспензии, например, по меньшей мере на 10%, по меньшей мере на 20% или по меньшей мере на 30% меньше чем у суспензии.

Альтернативно, зерна для слоя частиц получают атомизацией суспензии, при этом обеспечивая способ, при котором суспензия «саморазвивается» из своих собственных зерен. Согласно некоторым типичным вариантам осуществления суспензию подают через флюидизатор 330 в отсутствие слоя 334 с зародышами частиц. Капли суспензии, выходящие из форсунок 332, отверждаются, но достаточно небольшие изначально, чтобы они выносились из флюидизатора 330 потоком воздуха и

улавливались как «пыль» (мелкие частицы) пылеуловителем 345, который может, например, быть электростатическим фильтром, циклоном, мешочным фильтром, мокрым скруббером или их комбинацией. Пыль из пылеуловителя затем подают в слой 334 частиц через впускное отверстие 362 для пыли, где ее распыляют с суспензией, выходящей из форсунок 332. Частицы пыли можно рециркулировать достаточное число раз, пока они не вырастут до точки, когда они становятся слишком большими, чтобы уноситься потоком воздуха, и могут выступать в качестве зерен. Частицы пыли можно также рециркулировать на другую операцию в способе, например, в резервуар 315.

Ссылаясь снова на фиг. 3, горячий воздух подают во флюидизатор 330 посредством вентилятора и нагревателя воздуха, которые схематически представлены как 338. Скорость горячего воздуха, проходящего через слой 334 частиц, может составлять от приблизительно 0,1 метра/секунду, приблизительно 0,5 метра/секунду или приблизительно 0,9 метра/секунду до приблизительно 1,2 метра/секунду, приблизительно 1,5 метров/секунду или приблизительно 2,0 метров/секунду, а глубина слоя частиц 334 может составлять от приблизительно 1 сантиметра, приблизительно 2 сантиметров, приблизительно 5 сантиметров, приблизительно 10 сантиметров или приблизительно 20 сантиметров до приблизительно 30 сантиметров, приблизительно 40 сантиметров, приблизительно 60 сантиметров, приблизительно 80 сантиметров или приблизительно 100 сантиметров. Температура горячего воздуха при подаче во флюидизатор 330 может составлять от приблизительно 100°C, приблизительно 150°C, приблизительно 200°C или приблизительно 250°C до приблизительно 300°C, приблизительно 400°C, приблизительно 500°C, приблизительно 600°C, приблизительно 650°C или приблизительно 1000°C. Температура горячего воздуха при его выходе из флюидизатора 330 может составлять менее чем приблизительно 250°C, менее чем приблизительно 200°C или менее чем приблизительно 150°C, и в некоторых типичных вариантах осуществления составляет менее приблизительно 100°C.

Расстояние между распылительными форсунками 332 и пластиной 336 оптимизируют для исключения образования пыли, которое происходит, когда форсунки 332 находятся слишком далеко от пластины 326, и образования нестандартных крупных частиц, которое происходит, когда форсунки 332 находятся слишком близко к пластине 336. Положение форсунок 332 относительно пластины 336 регулируют на основании анализа порошка, отобранного из флюидизатора 330.

Сырые окатыши, полученные во флюидизаторе, накапливаются в слое 334

частиц. В непрерывном процессе сырые окатыши, образованные во флюидизаторе 330, отводят через выпускное отверстие 340 в ответ на уровень продукта в слое 334 частиц во флюидизаторе 330, чтобы поддерживать заданную глубину слоя частиц. Поворотный клапан 350 осуществляет отведение сырых окатышей из флюидизатора 330 на конвейер 355, который подает сырые окатыши в систему сит 360, где сырые окатыши разделяют на одну или несколько фракций, например, фракцию большого размера, производственную фракцию и мелкую фракцию.

Фракция большого размера, выходящая из установки 360 просеивания, содержит те сырые окатыши, размер которых больше, чем желаемый производственный размер. В непрерывном процессе сырые окатыши большого размера можно рециркулировать в резервуар 315, где, по меньшей мере, некоторые сырые окатыши большого размера можно разрушить и смешать с суспензией в резервуаре. Альтернативно, сырые окатыши большого размера можно разрушать и рециркулировать в слой 334 частиц во флюидизаторе 330. Мелкая фракция, выходящая из системы 360 сит, содержит те сырые окатыши, размер которых меньше, чем желаемый производственный размер. В непрерывном процессе эти сырые окатыши можно рециркулировать во флюидизатор 330, где их можно подавать через впускное отверстие 362 в качестве зерен или в качестве вторичного сырья для флюидизатора 330.

Производственная фракция, выходящая из системы 360 сит, содержит те сырые окатыши, которые имеют желаемый производственный размер. Пределы размеров для производственных фракций, выходящих из системы 360 сит, установлены относительно того факта, что в последующем процессе обжига значительная усушка сырых окатышей может происходить в зависимости от исходных материалов, из которых получены сырые окатыши. Сырые окатыши, выходящие из системы 360 сит, можно направлять в устройство 365 предварительного обжига, например, кальцинатор, где сырые окатыши сушатся или прокаливаются перед обжигом. В некоторых типичных вариантах осуществления сырые окатыши сушат в устройстве 365 предварительного обжига до содержания влаги менее чем приблизительно 25 масс. %, менее чем приблизительно 18 масс. %, менее чем приблизительно 15 масс. %, менее чем приблизительно 12 масс. %, менее чем приблизительно 10 масс. %, менее чем приблизительно 5 масс. % или менее чем приблизительно 1 масс. %. Устройство 365 предварительного обжига может представлять собой или включать любое подходящее устройство для удаления влаги из сырых окатышей. В типичном варианте осуществления устройство 365 предварительного обжига может включать кальцинатор. Кальцинатор может

представлять собой или включать одну или несколько вращающихся печей с непосредственным и/или косвенным обогревом.

В некоторых типичных вариантах осуществления после сушки и/или прокаливания сырые окатыши подают в устройство 370 обжига, в котором сырые окатыши обжигают в течение периода и при температуре, достаточных для облегчения получения пористого керамического расклинивающего наполнителя, такого как пористый керамический расклинивающий наполнитель, раскрытый в настоящем документе. Устройство 370 обжига может включать газопламенную вращающуюся печь и/или микроволновую печь.

Устройство 370 обжига может нагревать сырые окатыши до температуры от приблизительно 200°C, приблизительно 350°C, приблизительно 500°C, приблизительно 650°C или приблизительно 800°C до приблизительно 1000°C, приблизительно 1200°C, приблизительно 1350°C, приблизительно 1400°C или приблизительно 1550°C или более. В типичном варианте осуществления сырые окатыши можно нагревать до максимальной температуры менее 1600°C, менее 1500°C, менее 1400°C или менее 1300°C. Сырые окатыши можно нагревать до пиковой температуры от приблизительно 1150°C, приблизительно 1250°C или приблизительно 1300°C до приблизительно 1350°C, приблизительно 1400°C или приблизительно 1450°C, и сырые окатыши обжигают при пиковой температуре в течение длительности цикла от приблизительно 5, приблизительно 10, приблизительно 15 до приблизительно 20, приблизительно 30, приблизительно 40, приблизительно 45 или приблизительно 60 минут или более в устройстве 370 обжига. Пористый керамический расклинивающий наполнитель можно отводить из устройства 370 обжига и подавать или косвенно, или непосредственно в смеситель 106, как описано выше со ссылкой на фиг. 1 и/или 2.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления, описанным в настоящем документе, пропитанные, пористые керамические расклинивающие наполнители, раскрытые в настоящем документе, получают в непрерывном процессе, тогда как в некоторых других типичных вариантах осуществления пропитанные, пористые керамические расклинивающие наполнители, раскрытые в настоящем документе, получают в периодическом процессе.

На фиг. 4 представлено графическое сравнение проницаемости легкого керамического расклинивающего наполнителя, керамического расклинивающего наполнителя средней плотности и керамического расклинивающего наполнителя высокой плотности. Как показано на фиг. 4, керамический расклинивающий

наполнитель высокой плотности имеет большую проницаемость, чем керамический расклинивающий наполнитель средней плотности, который в свою очередь имеет большую проницаемость, чем легкий керамический расклинивающий наполнитель. Эта изменчивость происходит из-за разницы кристаллической структуры, возникающей из-за разницы композиции начальных исходных материалов. На фиг. 5 представлено графическое изображение длительной проницаемости стандартного непористого легкого керамического расклинивающего наполнителя и легкого пористого керамического расклинивающего наполнителя (при пористости 25%). Стандартные керамические расклинивающие наполнители обычно получают так, чтобы устранить пористость, насколько это возможно на практике, в отдельных частицах для максимизации внутренней прочности частиц. Это соответствует природе керамических тел, в соответствии с которой они стремятся разрушаться в зависимости от размера наибольшего внутреннего дефекта, и в этом контексте внутреннее открытое поровое пространство является дефектом. Следовательно, в общем смысле, чем ниже внутренняя пористость с небольшими размерами пор, тем прочнее керамическое тело. Напротив, в общем смысле, чем больше общее количество внутренней пористости и больше размер пор керамических частиц, тем слабее будет их внутренняя прочность. Таким образом, проводимость легкого керамического расклинивающего наполнителя, у которого пористость составляет 10% в частице, будет ниже, чем проводимость легкого керамического расклинивающего наполнителя с пористостью 5%, что в свою очередь будет ниже, чем у непористого легкого керамического расклинивающего наполнителя.

Кроме того, сравнение, показанное на фиг. 4, для непористых керамических частиц можно удвоить для пористых керамических частиц или пористого керамического расклинивающего наполнителя. В частности, пористый керамический расклинивающий наполнитель высокой плотности, который имеет пористость частицы 12%, будет иметь большую проницаемость, чем керамический расклинивающий наполнитель промежуточной плотности с пористостью частиц 12%, что в свою очередь будет иметь большую проницаемость, чем легкий керамический расклинивающий наполнитель с пористостью частиц 12%.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления обеспечивается способ гидравлического разрыва, причем в способе можно подавать жидкость для гидравлического разрыва в подземный пласт со скоростью и давлением, достаточными для открытия разрыва в нем, и подавать композицию расклинивающего наполнителя в подземный пласт, причем композиция расклинивающего наполнителя содержит

пористый керамический расклинивающий наполнитель, пропитанный химическим средством для обработки, описанным в настоящем документе. Химическое средство для обработки может выделяться из пористого керамического расклинивающего наполнителя в течение длительного периода времени. Пористый керамический расклинивающий наполнитель может представлять собой или включать пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128, раскрытый в настоящем документе.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 можно объединять или смешивать со стандартным непористым керамическим расклинивающим наполнителем перед подачей в подземный пласт. Пропитанный керамический расклинивающий наполнитель по трубопроводу 128 можно смешивать со стандартным непористым керамическим расклинивающим наполнителем в гидравлическом разрыве таким образом, чтобы не влиять на проницаемость или проводимость стандартного непористого керамического расклинивающего наполнителя отдельно. Например, согласно некоторым типичным вариантам осуществления настоящего изобретения, если выбранные стандартные непористые частицы представляют собой легкий керамический расклинивающий наполнитель, пористые керамические частицы могут быть или керамическим расклинивающим наполнителем средней плотности, керамическим расклинивающим наполнителем высокой плотности. Также согласно некоторым типичным вариантам осуществления настоящего изобретения, если выбранные стандартные непористые частицы представляют собой расклинивающий наполнитель средней плотности, то пористые керамические частицы могут быть керамическим расклинивающим наполнителем высокой плотности.

Например, фракция пористого керамического расклинивающего наполнителя средней плотности, которую следует добавлять к стандартному непористому легкому керамическому расклинивающему наполнителю, будет указывать максимальную пористость, которую пористый керамический материал средней плотности может иметь и при этом отрицательно не влиять на проницаемость. В этом примере, если 10% фракцию пористого расклинивающего наполнителя средней плотности следует добавлять к стандартному легкому керамическому расклинивающему наполнителю, тогда максимальная пористость пористого расклинивающего наполнителя средней плотности может быть 12% для того, чтобы не снижать проницаемость расклинивающего наполнителя по сравнению с проницаемостью стандартного легкого

керамического расклинивающего наполнителя отдельно, поскольку добавление 10% фракции пористого расклинивающего наполнителя средней плотности с 20% пористостью может быть вредным для проницаемости расклинивающего наполнителя.

Согласно некоторым типичным вариантам осуществления настоящего изобретения пропитанный пористый керамический расклинивающий наполнитель может иметь аналогичное содержание оксида алюминия, как у стандартного непористого керамического расклинивающего наполнителя, и может добавляться к стандартному непористому керамическому расклинивающему наполнителю в гидравлическом разрыве таким образом, чтобы не влиять на проницаемость или проводимость стандартного непористого керамического расклинивающего наполнителя отдельно. Согласно таким вариантам осуществления пористый и непористый расклинивающие наполнители обрабатывают различным образом, чтобы механические свойства пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя были практически такими же или лучше, чем механические свойства стандартного непористого керамического расклинивающего наполнителя.

Композиция керамического расклинивающего наполнителя, содержащая смесь пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя и непористого керамического расклинивающего наполнителя, может иметь проводимость, которая составляет по меньшей мере приблизительно 10%, по меньшей мере приблизительно 20%, по меньшей мере приблизительно 30%, по меньшей мере приблизительно 40%, по меньшей мере приблизительно 50%, по меньшей мере приблизительно 60%, по меньшей мере приблизительно 70%, по меньшей мере приблизительно 80%, по меньшей мере приблизительно 90%, по меньшей мере приблизительно 95% или по меньшей мере приблизительно 99% проводимости непористого керамического расклинивающего наполнителя. Например, композиция керамического расклинивающего наполнителя, содержащего смесь пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя и непористого керамического расклинивающего наполнителя, может иметь проводимость от приблизительно 25% до приблизительно 125%, от приблизительно 55% до приблизительно 115%, от приблизительно 65% до приблизительно 112%, от приблизительно 75% до приблизительно 108%, от приблизительно 85% до приблизительно 105%, от приблизительно 95% до приблизительно 105% или от приблизительно 99,99% до приблизительно 102% проводимости непористого керамического расклинивающего наполнителя.

Следующие примеры включены для иллюстрации типичных вариантов осуществления настоящего изобретения. Специалистам в данной области техники будет понятно, что техники, раскрытые в этих примерах, представлены только для иллюстрации, а не ограничения. Конечно, специалисты в данной области техники поймут, в свете настоящего раскрытия, что многие изменения можно сделать в конкретных вариантах осуществления, которые раскрыты, и все еще получить подобный или аналогичный результат без отклонения от сущности и объема настоящего изобретения.

Пример 1

Первый образец пористого керамического расклинивающего наполнителя с размером сита 20/40 и насыпной плотностью $1,23 \text{ г/см}^3$ термически пропитывали ингибитором образования отложений ДТРМР для получения первой партии пропитанного ингибитором образования отложений расклинивающего наполнителя. Первую партию получали нагреванием 1000 фунтов пористого керамического расклинивающего наполнителя до температуры 450 градусов F для получения нагретого расклинивающего наполнителя и подачи нагретого расклинивающего наполнителя в резервуар-смеситель с лопастной мешалкой. Смеситель начинал работать при 45 об/мин, и раствор ДТРМР, содержащий приблизительно 55 масс. % воды и приблизительно 45 масс. % ДТРМР, нагревали до 120 градусов F. 165 фунтов нагретого раствора ДТРМР затем подавали в смеситель и позволяли смешиваться с нагретым расклинивающим наполнителем в течение 5 минут, пока вода не испарялась от контакта с расклинивающим наполнителем, давая первую партию. Первую партию затем охлаждали до температуры окружающей среды, и расклинивающий наполнитель партии 1 содержал 7,0 масс. % ингибитора образования отложений ДТРМР.

Пример 2

Второй образец пористого керамического расклинивающего наполнителя с размером сита 20/40 и насыпной плотностью $1,23 \text{ г/см}^3$ пропитывали под действием микроволнового излучения ингибитором образования отложений ДТРМР для получения второй партии пропитанного ингибитором образования отложений расклинивающего наполнителя. Вторую партию получали путем подачи 500 фунтов пористого керамического расклинивающего наполнителя при температуре окружающей среды в резервуар-смеситель с лопастной мешалкой. Смеситель начинал

работать при 45 об/мин, и раствор ДТМР, содержащий приблизительно 55 масс. % воды и приблизительно 45 масс. % ДТМР, нагревали до 120 градусов F. 82,5 фунтов нагретого раствора ДТМР затем подавали в смеситель и позволяли смешиваться с нагретым расклинивающим наполнителем. Микроволновый генератор затем включали и создавали микроволновую энергию мощностью 65 кВт. В течение 15 минут температура в смесителе постепенно повышалась до 240 градусов F в конце работы, когда вся вода испарялась, давая вторую партию. Вторую партию затем охлаждали до температуры окружающей среды, и расклинивающий наполнитель партии 2 содержал 7,0 масс. % ингибитора образования отложений ДТМР.

Пример 3

Качество пропитки для каждой партии оценивали при помощи энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS). Поскольку ингибитор образования отложений представляет собой раствор фосфоната, содержание фосфора использовали как индикацию присутствия ингибитора. Распределение фосфора для каждой гранулы при помощи различных способов пропитки показано на фиг. 6А и 6В. Высокую концентрацию фосфора на оболочке наблюдали для обеих партий. Однако, способ термической пропитки партии 1 (фиг. 6А) не давал переноса ингибитора в область ядра гранулы, тогда как способ микроволновой пропитки, используемый для получения партии 2 (фиг. 6В), давал по существу однородное распределение фосфора и, таким образом, ДТМР по всему сечению. Эти результаты показывают, что замена термической пропитки на микроволновую пропитку дает значительное улучшение распределения ингибитора образования отложений в поровой сети частицы расклинивающего наполнителя.

Типичные варианты осуществления настоящего раскрытия также относятся к любому одному или нескольким следующим параграфам:

1. Способ пропитки керамического расклинивающего наполнителя, включающий: подачу керамического расклинивающего наполнителя и химического средства для обработки в смеситель, смешивание керамического расклинивающего наполнителя и химического средства для обработки в смесителе с получением смеси, подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева смеси до температуры, достаточной для получения пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть химического средства для обработки, и извлечение пропитанного керамического расклинивающего наполнителя

из смесителя.

2. Способ согласно параграфу 1, в котором керамический расклинивающий наполнитель представляет собой пористый керамический расклинивающий наполнитель, содержащий одну или несколько пор, и пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит химическое средство для обработки внутри одной или нескольких пор.

3. Способ согласно параграфу 2, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется пористостью от приблизительно 10% до приблизительно 75%.

4. Способ согласно параграфу 3, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется прочностью на раздавливание при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1% до приблизительно 4,5%, длительной удельной проводимостью флюида при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1475 мД-фут до приблизительно 8825 мД-фут и длительной проницаемостью при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 90 Д до приблизительно 425 Д.

5. Способ согласно любому из параграфов 1-4, в котором химическое средство для обработки содержится в растворе химического средства для обработки при подаче в смеситель.

6. Способ согласно любому из параграфов 1-5, в котором раствор химического средства для обработки содержит от приблизительно 30 масс. % до приблизительно 60 масс. % химического средства для обработки и от 40 масс. % до приблизительно 70 масс. % раствора-носителя.

7. Способ согласно параграфу 6, в котором раствор-носитель представляет собой водный раствор.

8. Способ согласно любому из параграфов 1-7, в котором химическое средство для обработки выбирают из группы, состоящей из маркеров, ингибиторов образования отложений, ингибиторов образования гидратов, поглощающих сероводород материалов, ингибиторов коррозии, ингибиторов образования парафинов или восков, включая сополимеры этиленвинилацетата, ингибиторов образования асфальтена, ингибиторов органических отложений, биоцидов, деэмульгаторов, противовспенивателей, реагентов для разрушения гелей, ингибиторов солеобразования, поглотителей кислорода, поглотителей сульфида железа, поглотителей железа, стабилизаторов неустойчивых глин, ферментов, биологических средств, флокулянтов, ингибиторов образования нафтенатов, ингибиторов образования карбоксилатов,

дисперсий наночастиц и поверхностно-активных веществ, и любой их комбинации.

9. Способ согласно параграфу 8, в котором химическое средство для обработки представляет собой ингибитор образования отложений, выбранный из группы, состоящей из ДТРА, ДТРМР, полиакриламидов, АМРС/АА, РНОС/МА и РМА/АМРС и любой их комбинации.

10. Способ согласно любому из параграфов 1-9, в котором микроволновая энергия нагревает смесь до температуры по меньшей мере приблизительно 90°C.

11. Способ согласно любому из параграфов 1-10, в котором пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит химическое средство для обработки, по существу однородно распределенное в одной или нескольких порах.

12. Способ пропитки пористого керамического расклинивающего наполнителя, включающий: подачу пористого керамического расклинивающего наполнителя и раствора первого химического средства для обработки в смеситель; смешивание пористого керамического расклинивающего наполнителя и раствора первого химического средства для обработки в смесителе для получения первичной пропитанной смеси; подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева первичной пропитанной смеси до температуры, достаточной для получения первичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть раствора первого химического средства для обработки; подачу раствора второго химического средства для обработки в смеситель; смешивание первичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя и раствора второго химического средства для обработки в смесителе для получения вторичной пропитанной смеси; и подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева вторичной пропитанной смеси до температуры, достаточной для получения вторичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть растворов первого и второго химических средств для обработки.

13. Способ согласно параграфу 12, дополнительно включающий: подачу раствора третьего химического средства для обработки в смеситель; смешивание вторичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя и раствора третьего химического средства для обработки в смесителе для получения третичной пропитанной смеси; подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева третичной пропитанной смеси до температуры, достаточной для получения третичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть раствора первого, второго и третьего химических средств для

обработки; и отведение третичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя из смесителя.

14. Способ согласно параграфам 12 или 13, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется пористостью от приблизительно 10% до приблизительно 75%.

15. Способ согласно параграфу 14, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется прочностью на раздавливание при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1% до приблизительно 4,5%, длительной удельной проводимостью флюида при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1475 мД-фут до приблизительно 8825 мД-фут и длительной проницаемостью при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 90 Д до приблизительно 425 Д.

16. Способ согласно любому из параграфов 12-15, в котором раствор первого химического средства для обработки содержит первый раствор-носитель, содержащий один или несколько углеводородов, и первое химическое средство для обработки, выбранное из группы, состоящей из ингибиторов образования парафинов и восков, включая сополимеры этилена и винилацетата, ингибиторов образования асфальтена и ингибиторов образования органических отложений и любой их комбинации.

17. Способ согласно любому из параграфов 12-16, в котором раствор второго химического средства для обработки содержит второе химическое средство для обработки, содержащее ингибитор образования отложений, и второй раствор-носитель, содержащий воду.

18. Способ согласно параграфу 13, в котором раствор третьего химического средства для обработки содержит третье химическое средство для обработки, содержащее ингибитор солеобразования, и третий раствор-носитель, содержащий воду.

19. Способ согласно любому из параграфов 12-18, в котором микроволновая энергия нагревает вторичную пропитанную смесь до температуры по меньшей мере приблизительно 90°C.

20. Способ согласно параграфу 13, в котором третичный пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит первое, второе и третье химические средства для обработки, по существу однородно распределенные по одной или нескольким порам пористого керамического расклинивающего наполнителя.

21. Способ согласно параграфу 13, в котором третичный пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит первое, второе и третье химические средства для обработки в распределении типа ядро-оболочка по одной или

нескольким порам пористого керамического расклинивающего наполнителя.

22. Частица пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя, имеющая: содержание оксида алюминия по меньшей мере приблизительно 30 масс. %; пористость от приблизительно 24% до приблизительно 75%; кажущаяся плотность менее 2,5 г/см³; прочность на раздавливание при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1% до приблизительно 4,5%; длительную удельную проводимость флюида от приблизительно 1475 мД-фут до приблизительно 8825 мД-фут; длительную проницаемость от приблизительно 90 Д до приблизительно 425 Д и по меньшей мере приблизительно 1 масс. % первого химического средства для обработки, причем первое химическое средство для обработки по существу однородно распределено по одной или нескольким порам частицы пористого керамического расклинивающего наполнителя.

23. Частица пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя по 22, дополнительно содержащая по меньшей мере приблизительно 1 масс. % второго химического средства для обработки и по меньшей мере приблизительно 1 масс. % третьего химического средства для обработки, причем каждое из первого, второго и третьего химических средств для обработки по существу однородно распределены по одной или нескольким порам частицы пористого керамического расклинивающего наполнителя.

24. Частица пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя согласно параграфам 22 или 23, в которой первое, второе и третье химические средства для обработки выбраны из группы, состоящей из маркеров, ингибиторов образования отложений, ингибиторов образования гидратов, поглощающих сероводород материалов, ингибиторов коррозии, ингибиторов образования парафинов или восков, включая сополимеры этиленвинилацетата, ингибиторов образования асфальтена, ингибиторов органических отложений, биоцидов, деэмульгаторов, противовспенивателей, реагентов для разрушения гелей, ингибиторов солеобразования, поглотителей кислорода, поглотителей сульфида железа, поглотителей железа, стабилизаторов неустойчивых глин, ферментов, биологических средств, флокулянтов, ингибиторов образования нафтенов, ингибиторов образования карбоксилатов, дисперсий наночастиц и поверхностно-активных веществ, и любой их комбинации.

25. Частица пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя согласно параграфу 24, в которой первое, второе или третье химические

средства для обработки представляют собой ингибиторы образования отложений, выбранные из группы, состоящей из ДТРА, ДТРМР, полиакриламидов, АМРС/АА, РНОС/МА и РМА/АМРС и любой их комбинации.

26. Способ разрыва подземного пласта, включающий подачу жидкости для гидроразрыва в подземный пласт со скоростью и под давлением, достаточными для открытия в нем разрыва, причем жидкость для гидроразрыва содержит частицу пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя согласно параграфу 22.

27. Способ пропитки керамического расклинивающего наполнителя, включающий: подачу керамического расклинивающего наполнителя и химического средства для обработки в смеситель, смешивание керамического расклинивающего наполнителя и химического средства для обработки в смесителе с получением смеси, подведение тепловой энергии к смесителю для нагрева смеси до температуры, достаточной для получения пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть химического средства для обработки, и извлечение пропитанного керамического расклинивающего наполнителя из смесителя.

28. Способ согласно параграфу 27, в котором керамический расклинивающий наполнитель представляет собой пористый керамический расклинивающий наполнитель, содержащий одну или несколько пор, и пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит химическое средство для обработки внутри одной или нескольких пор.

29. Способ согласно параграфу 28, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется пористостью от приблизительно 10% до приблизительно 75%.

30. Способ согласно параграфу 29, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется прочностью на раздавливание при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1% до приблизительно 4,5%, длительной удельной проводимостью флюида при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1475 мД-фут до приблизительно 8825 мД-фут и длительной проницаемостью при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 90 Д до приблизительно 425 Д.

31. Способ согласно любому из параграфов 27-30, в котором химическое средство для обработки содержится в растворе химического средства для обработки при подаче в смеситель.

32. Способ согласно параграфу 31, в котором, по меньшей мере, часть раствора химического средства для обработки находится в виде твердого вещества при подаче в смеситель.

33. Способ согласно параграфу 32, в котором раствор химического средства для обработки содержит от приблизительно 30 масс. % до приблизительно 60 масс. % химического средства для обработки и от 40 масс. % до приблизительно 70 масс. % носителя.

34. Способ согласно любому из параграфов 27-33, в котором химическое средство для обработки выбирают из группы, состоящей из маркеров, ингибиторов образования отложений, ингибиторов образования гидратов, поглощающих сероводород материалов, ингибиторов коррозии, ингибиторов образования парафинов или восков, включая сополимеры этиленвинилацетата, ингибиторов образования асфальтена, ингибиторов органических отложений, биоцидов, деэмульгаторов, противовспенивателей, реагентов для разрушения гелей, ингибиторов солеобразования, поглотителей кислорода, поглотителей сульфида железа, поглотителей железа, стабилизаторов неустойчивых глин, ферментов, биологических средств, флокулянтов, ингибиторов образования нафтенатов, ингибиторов образования карбоксилатов, дисперсий наночастиц и поверхностно-активных веществ, и любой их комбинации.

35. Способ согласно любому из параграфов 27-34, в котором химическое средство для обработки представляет собой ингибитор образования парафинов.

36. Способ согласно любому из параграфов 27-35, в котором тепловая энергия нагревает смесь до температуры по меньшей мере приблизительно 90°C.

Некоторые варианты осуществления и признаки были описаны при помощи набора численных верхних пределов и набора численных нижних пределов. Следует понимать, что рассматриваются диапазоны от любого нижнего предела до любого верхнего предела, если иное не указано. Некоторые нижние пределы, верхние пределы и диапазоны фигурируют в одном или нескольких пунктах формулы ниже. Все численные значения являются «приблизительными» или «примерными» для указанного значения и учитывают числовую погрешность и изменения, которые будут ожидаться специалистом в данной области техники.

Различные выражения были определены выше. Если выражение, используемое в формуле изобретения, не определено выше, специалисту в данной области техники следует давать ему самое широкое определение, которое выражение имеет, как указано по меньшей мере в одной печатной публикации или выданном патенте. Кроме того, все

патенты, тестовые процедуры и другие документы, цитируемые в данной заявке, полностью включены ссылкой в такой степени, что такое раскрытие не противоречит данной заявке и для всех областей, в которых такое включение допускается.

По существу круглые и сферические твердые керамические частицы, которые получают согласно способам, описанным в настоящем документе, подходят для различных применений, включая, помимо прочего, использование в качестве расклинивающего наполнителя в нефтяных и газовых скважинах и в качестве среды для литья. Другие варианты осуществления настоящего изобретения будут очевидны специалистам в данной области техники при рассмотрении данного описания или осуществления на практике изобретения, раскрытого в настоящем документе. Однако, вышеуказанное описание рассматривается только иллюстративным для вариантов осуществления настоящего изобретения, причем точный объем и сущность настоящего изобретения указываются в следующей формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ пропитки керамического расклинивающего наполнителя, включающий:

подачу керамического расклинивающего наполнителя и химического средства для обработки в смеситель;

смешивание керамического расклинивающего наполнителя и химического средства для обработки в смесителе для получения смеси;

подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева смеси до температуры, достаточной для получения пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть химического средства для обработки; и

отведение пропитанного керамического расклинивающего наполнителя из смесителя.

2. Способ по п. 1, в котором керамический расклинивающий наполнитель представляет собой пористый керамический расклинивающий наполнитель, содержащий одну или несколько пор, и пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит химическое средство для обработки внутри одной или нескольких пор.

3. Способ по п. 2, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется пористостью от приблизительно 10% до приблизительно 75%.

4. Способ по п. 3, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется прочностью на раздавливание при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1% до приблизительно 4,5%, длительной удельной проводимостью флюида при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1475 мД-фут до приблизительно 8825 мД-фут и длительной проницаемостью при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 90 Д до приблизительно 425 Д.

5. Способ по п. 1, в котором химическое средство для обработки содержится в растворе химического средства для обработки при подаче в смеситель.

6. Способ по п. 1, в котором раствор химического средства для обработки содержит от приблизительно 30 масс. % до приблизительно 60 масс. % химического средства для обработки и от 40 масс. % до приблизительно 70 масс. % растворителя.

7. Способ по п. 6, в котором раствор-носитель представляет собой водный раствор.

8. Способ по п. 1, в котором химическое средство для обработки выбирают из группы, состоящей из маркеров, ингибиторов образования отложений, ингибиторов образования гидратов, поглощающих сероводород материалов, ингибиторов коррозии, ингибиторов образования парафинов или восков, включая сополимеры этиленвинилацетата, ингибиторов образования асфальтена, ингибиторов органических отложений, биоцидов, деэмульгаторов, противовспенивателей, реагентов для разрушения гелей, ингибиторов солеобразования, поглотителей кислорода, поглотителей сульфида железа, поглотителей железа, стабилизаторов неустойчивых глин, ферментов, биологических средств, флокулянтов, ингибиторов образования нафтенатов, ингибиторов образования карбоксилатов, дисперсий наночастиц и поверхностно-активных веществ, и любой их комбинации.

9. Способ по п. 8, в котором химическое средство для обработки представляет собой ингибитор образования отложений, выбранный из группы, состоящей из ДТРА, ДТРМР, полиакриламидов, АМРС/АА, РНОС/МА и РМА/АМРС и любой их комбинации.

10. Способ по п. 1, в котором микроволновая энергия нагревает смесь до температуры по меньшей мере приблизительно 90°C.

11. Способ по п. 1, в котором пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит химическое средство для обработки, по существу однородно распределенное в одной или нескольких порах.

12. Способ пропитки пористого керамического расклинивающего наполнителя, включающий:

подачу пористого керамического расклинивающего наполнителя и раствора первого химического средства для обработки в смеситель;

смешивание пористого керамического расклинивающего наполнителя и раствора первого химического средства для обработки в смесителе для получения первичной пропитанной смеси;

подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева первичной пропитанной смеси до температуры, достаточной для получения первичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть раствора первого химического средства для обработки;

подачу раствора второго химического средства для обработки в смеситель;

смешивание первичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя и раствора второго химического средства для обработки в смесителе для получения вторичной пропитанной смеси; и

подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева вторичной пропитанной смеси до температуры, достаточной для получения вторичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть растворов первого и второго химических средств для обработки.

13. Способ по п. 12, дополнительно включающий:

подачу раствора третьего химического средства для обработки в смеситель;

смешивание вторичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя и раствора третьего химического средства для обработки в смесителе для получения третичной пропитанной смеси; и

подведение микроволновой энергии к смесителю для нагрева третичной пропитанной смеси до температуры, достаточной для получения третичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя, содержащего, по меньшей мере, часть растворов первого, второго и третьего химических средств для обработки; и

отведение третичного пропитанного керамического расклинивающего наполнителя из смесителя.

14. Способ по п. 12, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется пористостью от приблизительно 10% до приблизительно 75%.

15. Способ по п. 14, в котором пористый керамический расклинивающий наполнитель характеризуется прочностью на раздавливание при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1% до приблизительно 4,5%, длительной удельной проводимостью флюида при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1475 мД-фут до приблизительно 8825 мД-фут и длительной проницаемостью при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 90 Д до приблизительно 425 Д.

16. Способ по п. 12, в котором раствор первого химического средства для обработки содержит первый раствор-носитель, содержащий один или несколько углеводородов, и первое химическое средство для обработки, выбранное из группы, состоящей из ингибиторов образования парафинов и восков, включая сополимеры этилена и винилацетата, ингибиторов образования асфальтена и ингибиторов образования органических отложений и любой их комбинации.

17. Способ по п. 12, в котором раствор второго химического средства для обработки содержит второе химическое средство для обработки, содержащее ингибитор образования отложений, и второй раствор-носитель, содержащий воду.

18. Способ по п. 13, в котором раствор третьего химического средства для обработки содержит третье химическое средство для обработки, содержащее ингибитор солеобразования, и третий раствор-носитель, содержащий воду.

19. Способ по п. 12, в котором микроволновая энергия нагревает вторичную пропитанную смесь до температуры по меньшей мере приблизительно 90°C.

20. Способ по п. 13, в котором третичный пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит первое, второе и третье химические средства для обработки, по существу однородно распределенные по одной или нескольким порам пористого керамического расклинивающего наполнителя.

21. Способ по п. 13, в котором третичный пропитанный керамический расклинивающий наполнитель содержит первое, второе и третье химические средства для обработки в распределении типа ядро-оболочка по одной или нескольким порам пористого керамического расклинивающего наполнителя.

22. Частица пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя, имеющая:

содержание оксида алюминия по меньшей мере приблизительно 30 масс. %;

пористость от приблизительно 24% до приблизительно 75%;

кажущуюся плотность менее 2,5 г/см³;

прочность на раздавливание при 7500 фунтов/кв. дюйм от приблизительно 1% до приблизительно 4,5%;

длительную удельную проводимость флюида от приблизительно 1475 мД-фут до приблизительно 8825 мД-фут;

длительную проницаемость от приблизительно 90 Д до приблизительно 425 Д; и

по меньшей мере приблизительно 1 масс. % первого химического средства для обработки, причем первое химическое средство для обработки по существу однородно распределено по одной или нескольким порам частицы пористого керамического расклинивающего наполнителя.

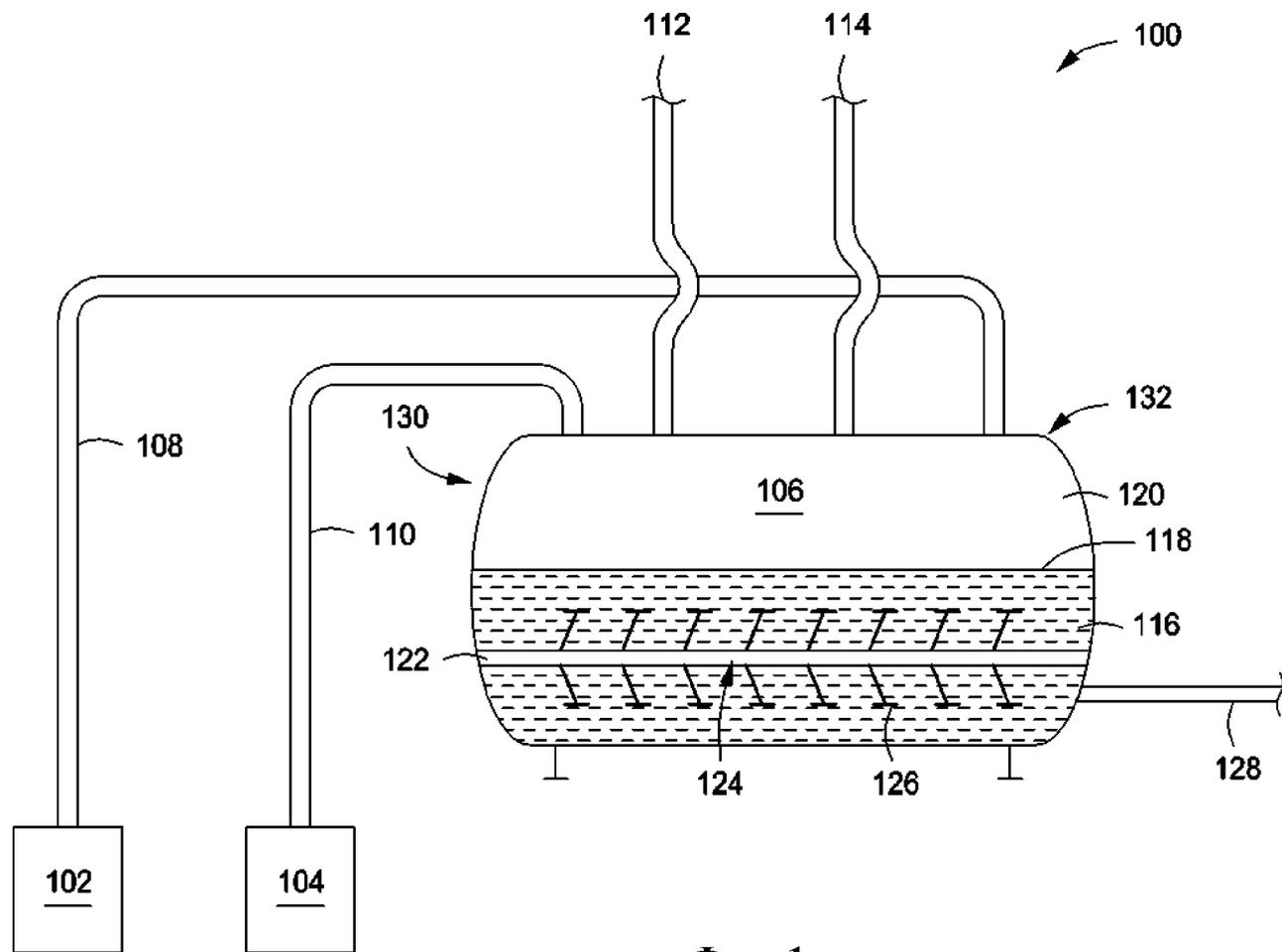
23. Частица пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя по п. 22, дополнительно содержащая по меньшей мере приблизительно 1 масс. % второго химического средства для обработки и по меньшей мере приблизительно 1 масс. % третьего химического средства для обработки, причем

каждое из первого, второго и третьего химических средств для обработки по существу однородно распределены по одной или нескольким порам частицы пористого керамического расклинивающего наполнителя.

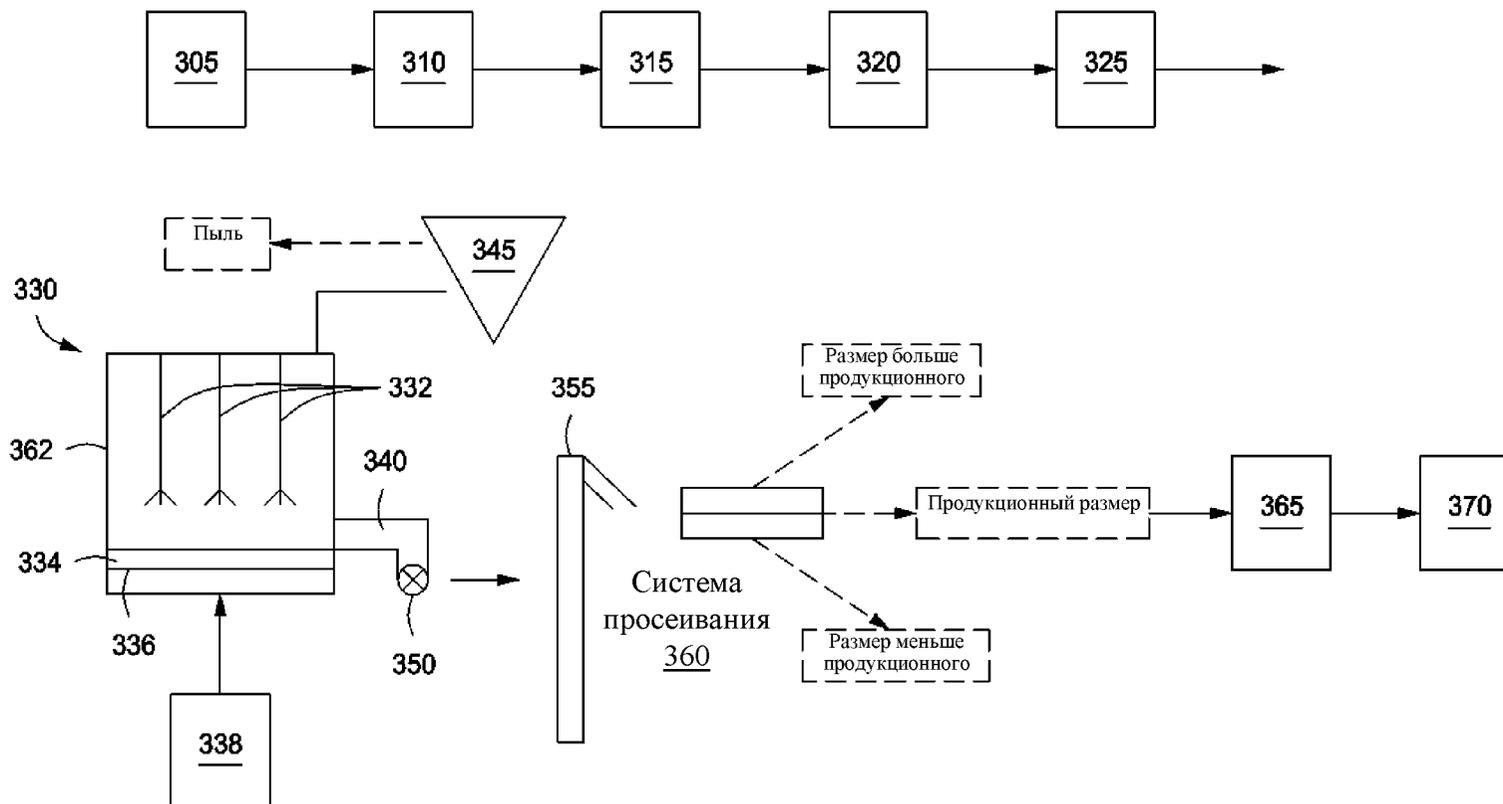
24. Частица пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя по п. 22, в которой первое, второе и третье химические средства для обработки выбраны из группы, состоящей из маркеров, ингибиторов образования отложений, ингибиторов образования гидратов, поглощающих сероводород материалов, ингибиторов коррозии, ингибиторов образования парафинов или восков, включая сополимеры этиленвинилацетата, ингибиторов образования асфальтена, ингибиторов органических отложений, биоцидов, деэмульгаторов, противовспенивателей, реагентов для разрушения гелей, ингибиторов солеобразования, поглотителей кислорода, поглотителей сульфида железа, поглотителей железа, стабилизаторов неустойчивых глин, ферментов, биологических средств, флокулянтов, ингибиторов образования нафтенатов, ингибиторов образования карбоксилатов, дисперсий наночастиц и поверхностно-активных веществ, и любой их комбинации.

25. Частица пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя по п. 24, в которой первое, второе или третье химические средства для обработки представляют собой ингибиторы образования отложений, выбранные из группы, состоящей из DTPA, DTPMP, полиакриламидов, AMPS/AA, PHOS/MA и PMA/AMPS и любой их комбинации.

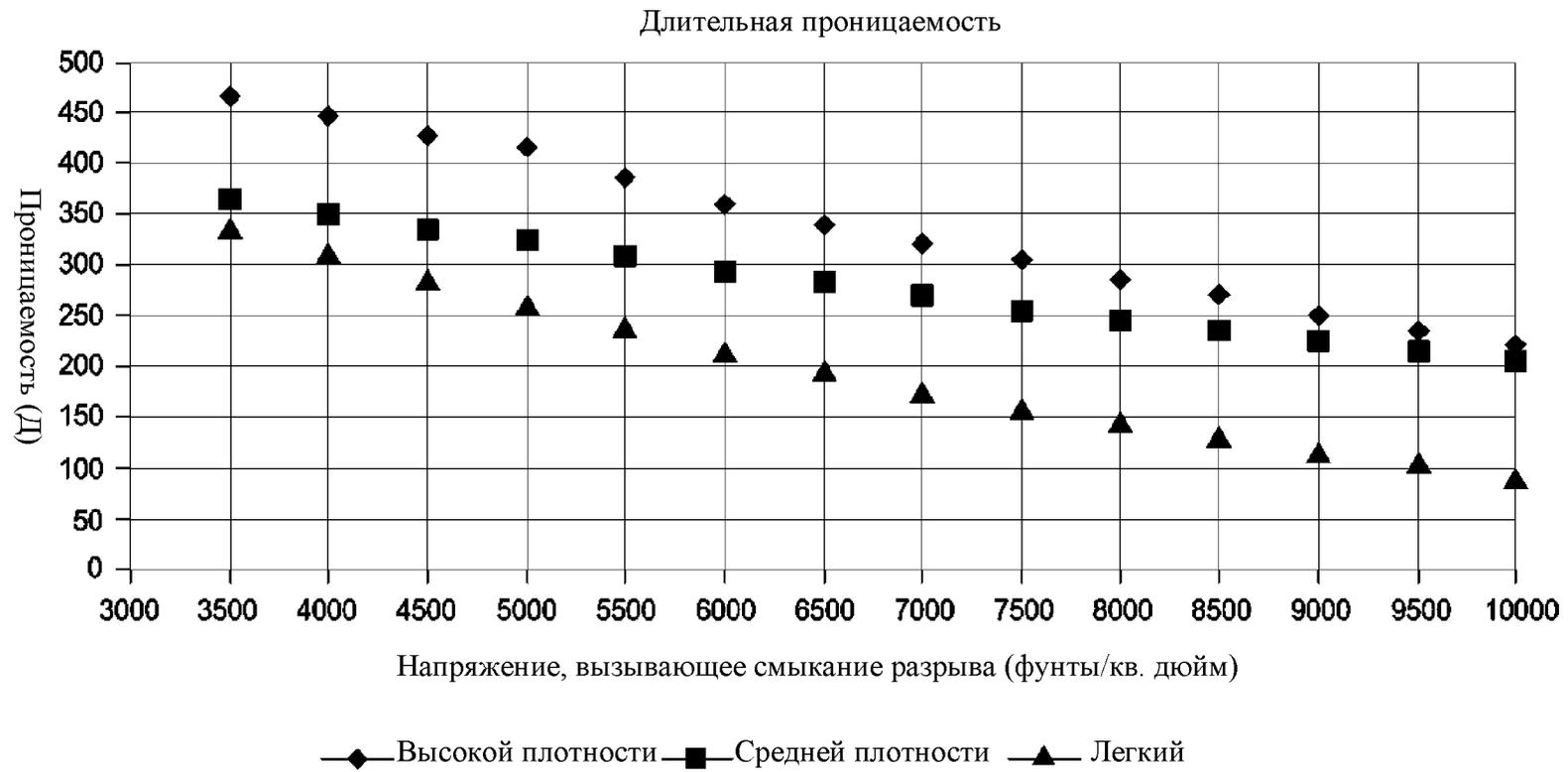
26. Способ разрыва подземного пласта, включающий подачу жидкости для гидроразрыва в подземный пласт со скоростью и под давлением, достаточными для открытия в нем разрыва, причем жидкость для гидроразрыва содержит частицу пропитанного пористого керамического расклинивающего наполнителя по п. 22.



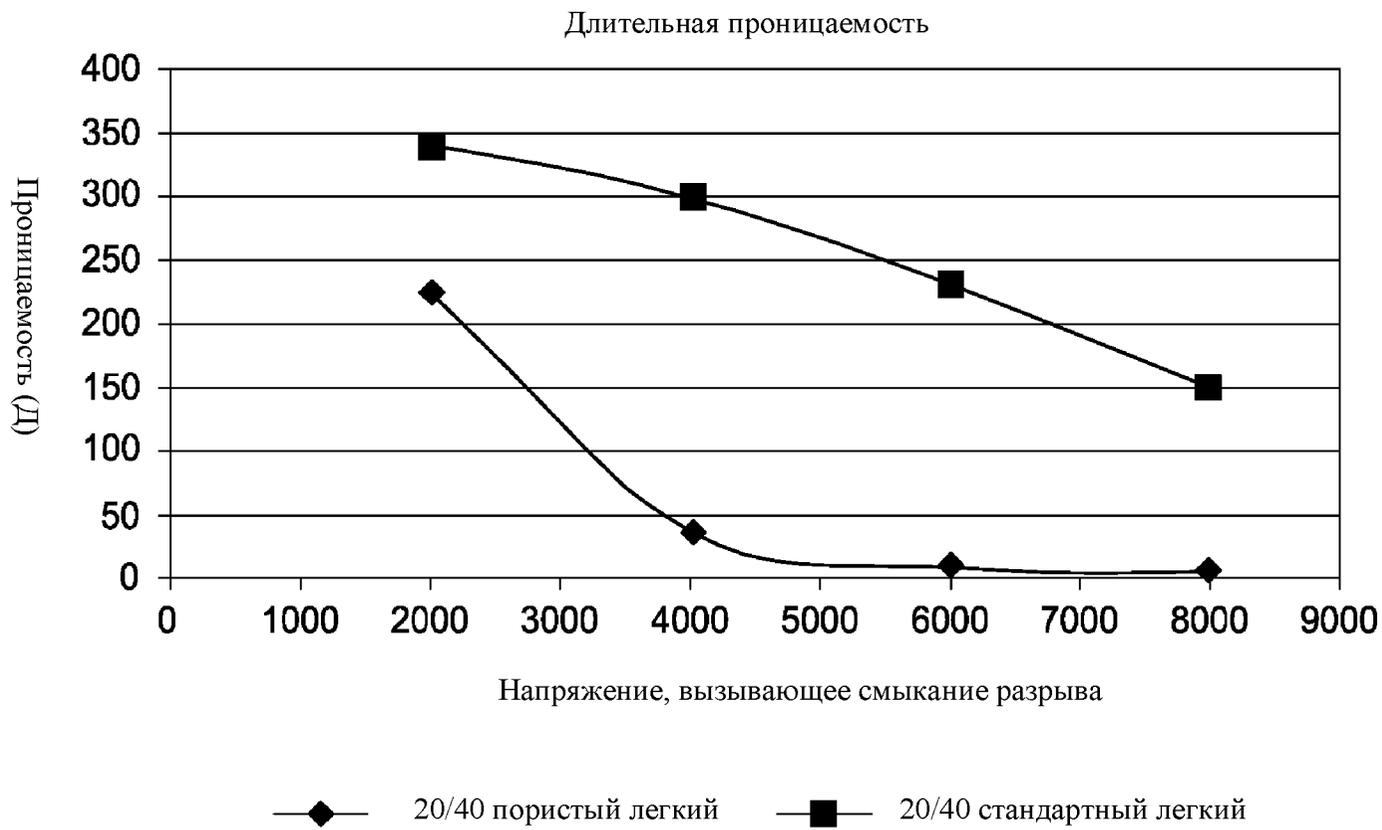
Фиг. 1



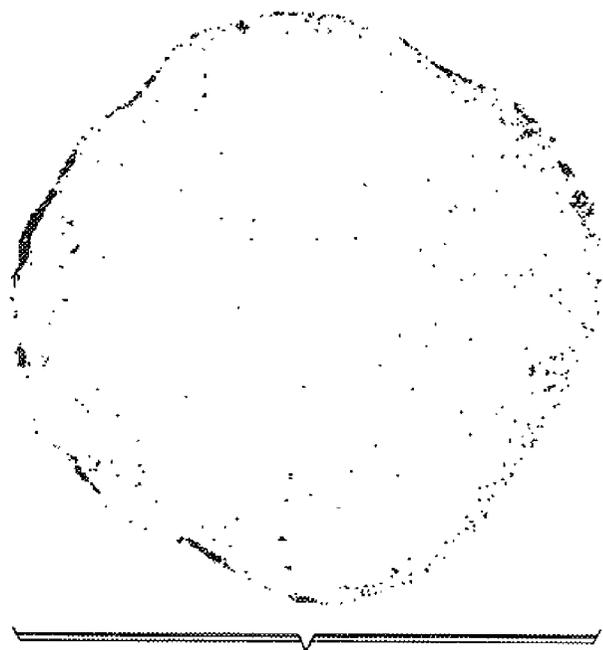
Фиг. 3



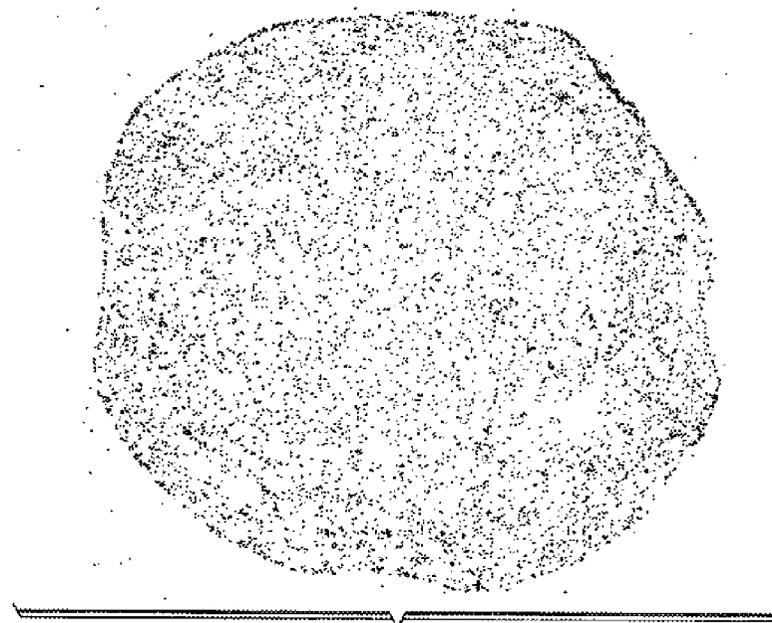
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6А



Фиг. 6В