

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035175**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.05.12

(21) Номер заявки
201692430

(22) Дата подачи заявки
2014.06.30

(51) Int. Cl. **C09K 8/80** (2006.01)
C09K 8/92 (2006.01)
E21B 43/267 (2006.01)
E21B 37/06 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО ПРОППАНТА**

(43) **2017.04.28**

(86) **PCT/RU2014/000474**

(87) **WO 2016/003304 2016.01.07**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ШЛЮМБЕРЖЕ ТЕКНОЛОДЖИ Б.В.
(NL)

(56) **US-A1-20090014176**
WO-A1-2012036862
WO-A2-2009016545
US-A1-20130025860
US-A1-20060185847
US-A-4986353

(72) Изобретатель:
Иванов Максим Григорьевич,
Найдукова Светлана Анатольевна
(RU), Олушолу Харатио-да-Коста
Шадо (NG)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Предложен способ изготовления композитного проппанта с улучшенными транспортными свойствами, содержащий по меньшей мере одну твердую частицу (проппант), прикрепленную к полимерному носителю. Полимерный носитель имеет включения ингибитора неорганических отложений в подземном пласте. Описан способ изготовления композитного проппанта для проведения гидроразрыва подземного пласта.

035175

B1

035175
B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к нефтегазовой промышленности, в частности к композитному проппанту, модифицированному полимерным носителем для улучшения транспортных свойств и отложенного высвобождения из него ингибиторов, к способу изготовления такого композитного проппанта и способам его применения при проведении гидравлического разрыва подземного пласта и для обработки органических ископаемых во время скважинной добычи после проведения гидравлического разрыва подземного пласта.

Предшествующий уровень техники

Гидравлический разрыв или гидроразрыв подземного пласта (ГРП), нацеленный на создание высокопроводящего тракта (трещины) через пластовый резервуар (нефтеносный слой), чтобы интенсифицировать приток углеводородов (нефти и газа) к стволу скважины, включает нагнетание в пласт жидкости гидроразрыва, содержащей частицы проппанта (также называемого расклинивающим агентом), с образованием упаковки проппанта (пачки) внутри пластового резервуара. Такая проппантная пачка пронизывает пластовый резервуар, и при этом ее проницаемость намного выше, чем проницаемость самого пластового резервуара. Тем не менее, проницаемость реальной проппантной упаковки ниже, чем ожидаемая проницаемость (у чистой проппантной упаковки), из-за многочисленных проблем, включая следующие:

- 1) вдавливание проппанта в стенки трещины;
- 2) остаток жидкости гидроразрыва частично блокирует поры и создает фильтрационный осадок (корку отфильтрованного материала) на стенках трещины;
- 3) образование неорганических отложений образованной в трещине и перфорационных отверстиях во время добычи воды с высоким содержанием солей;
- 4) образование органических отложений в трещине и перфорационных отверстиях во время добычи нефти с высоким содержанием ее тяжелых фракций, таких как твердые парафины и/или асфальтены; и
- 5) недостаточное проникновение проппанта в пласт, а именно небольшая длина проппантной упаковки.

Проблемы (1) и (2) решают и смягчают при проектировании гидроразрыва пласта, а проблемы (3) и (4) решают путем проведения внутрискважинных работ при снижении добычи, т.е. когда наблюдается ухудшение продуктивности скважины. Как вариант, если имеет место поступление неорганических и органических отложений, можно использовать ингибиторы образования отложений и, в частности, ингибиторы отложений твердых парафинов и/или асфальтенов, нагнетаемые в пласт во время обработки гидроразрывом. Однако длительность действия такого рода обработки очень кратковременна, поскольку закачанные химические реагенты легко вымываются из пласта и проппантной пачки в ходе добычи, поэтому эффективность таких обработок довольно низка. Для того чтобы обеспечить высокую эффективность обработки против образования упомянутых отложений, обрабатывающие химические реагенты (упомянутые ингибиторы) вводятся во флюид с низкой концентрацией (чуть выше минимальной концентрации ингибитора, МКИ) в течение длительного периода времени.

Проблема (5) связана с плохими транспортными свойствами проппантов в жидкости гидроразрыва. В частности, проппант оседает в этой жидкости вследствие своей более высокой плотности по сравнению с самой жидкостью-носителем проппанта.

Снижение скорости осаждения проппанта решено в ряде патентов и патентных заявок. Пути снижения скорости осаждения проппанта могут включать:

- 1) уменьшение эффективной плотности частиц;
- 2) увеличение помехи частицам оседать сквозь непрерывную (сплошную) текучую среду:
 - (а) добавлением волокон и других материалов в жидкость гидроразрыва, при этом частицы взаимодействуют с упомянутыми волокнами и медленно оседают в жидкости гидроразрыва, а также
 - (б) регулировкой формы частиц проппанта так, чтобы увеличить их "парусность" (т.е. гидродинамическое сопротивление движению частиц проппанта в жидкости гидроразрыва), что приведет к меньшей скорости осаждения частиц проппанта в жидкости гидроразрыва и к улучшенному переносу проппанта в трещину.

Некоторые литературные источники раскрывают структуру и применение проппантов (расклинивающих агентов) с полимером в структуре проппанта или в системе, которая используется для обработки пласта.

Так, в относящихся к одному семейству патентах на имя компании "Шлюмберже" RU 2441052 C2 и US 7931089 B2 описываются частицы проппанта, способ их применения для обработки резервуара и способ регулирования скорости осаждения проппанта, причем частица проппанта состоит из центральной части (сердцевины) и оболочки. В этих патентах описывается, что оболочка может быть выполнена из полимерного волокна, полимерной губки или другого материала, причем материал оболочки должен быть более мягким, чем сердцевина частицы, но при этом не раскрыт химический состав материала оболочки (в частности, не указана химия полимеров).

В патенте US 7950455 B2 раскрыты несферические частицы для скважинной обработки, заполненные водорастворимым(и) или нефтерастворимым(и) агентом(ами), и способ стимулирования пласта, включающий введение этих частиц в ствол скважины. Описанные там частицы имеют следующие вари-

анты выполнения:

полые цилиндрические частицы проппанта с отношением размеров, меньшим или равным 5,0:1,0, которые могут быть пористыми или непористыми;

непористые цилиндрические частицы проппанта с отношением размеров, меньшим или равным 2,5:1.

В обоих случаях поры и отверстия в частицах заполнены одним или более агентами для химической обработки, которые указаны в зависимых пунктах формулы изобретения патента US 7950455 B2. В частности, агенты выбирают из группы, состоящей из ингибиторов отложений, ингибиторов коррозии, ингибиторов парафиноотложения, деэмульгаторов, ингибиторов образования гидратов газа, флокулирующих агентов, диспергирующих агентов асфальтенов и их смесей.

В патентной заявке WO 2012/036862 A9 раскрывается применение полимерных частиц, заполненных по меньшей мере одной функциональной добавкой для обработки пласта.

В принадлежащем компании "Шлюмберже" патенте US 9657558 раскрыт способ скважинной обработки, причем суспензия для обработки включает частицы проппанта и кожуру или составную кожуру с прикрепленными к ней частицами. Материал кожуры выбран из группы полимолочных кислот, нейлонов, полигидроксиалканатов и поликапролактонов. Наибольший размер одной или более кожуры или составной кожуры равен от 10 мкм до 20 мкм.

Частицы пластинчатой формы были также ранее заявлены как демонстрирующие превосходные транспортные свойства. В частности, в принадлежащем компании "Шлюмберже" патенте US 8991494 упомянута слюда в качестве проппанта для гидроразрывов. Геометрия и плавучесть слюды обеспечивают улучшенную доставку проппанта в трещины. Тем не менее, из опыта известно, что закачивание слюды в скважину не приводит к увеличению добычи углеводородов по сравнению с природным песком, что происходит вследствие более низкой проницаемости проппантной почки, созданной слюдой.

Дополнительно имеются многочисленные патенты, относящиеся к химически модифицированным проппантам с различными функциями самого проппанта, но без несущих его деталей - носителя. Также имеются патенты, раскрывающие защиту от неорганических и органических отложений с помощью химических агентов-ингибиторов, импрегнированных в проппант, или проппанта, покрытого веществом ингибитора. Что касается долгосрочной защиты от отложений, то в продаже имеются, например, два продукта: ScaleGUARD® (от неорганических отложений) от компании CARBO Ceramics Inc., (Хьюстен, Техас, Соединенные Штаты Америки), а также ParaSorb® (от органических отложений) от компании Baker Hughes (Хьюстен, Техас, Соединенные Штаты Америки).

Сущность изобретения

Настоящее изобретение нацелено на одновременное совместное решение двух основных проблем:

(1) улучшение транспортных свойств проппанта (например, улучшение проникновения проппанта в пласт при гидроразрыве), что обеспечивается за счет придания полимерному носителю проппанта такой формы, которая обеспечивает меньшую скорость осаждения проппанта в текучей среде, такой как жидкость гидроразрыва и/или добываемый флюид; и

(2) отложенное и/или замедленное высвобождение химических ингибиторов образования неорганических или органических отложений из проппанта в текучую среду, такую как жидкость гидроразрыва и/или добываемый флюид.

Композитный проппант содержит по меньшей мере одну твердую частицу проппанта, прикрепленную по меньшей мере к одному полимерному носителю, что способствует понижению скорости осаждения композитного проппанта, и при этом полимерный носитель содержит включения по меньшей мере одного ингибитора образования неорганических или органических отложений. Приведенное ниже описание композитного проппанта раскрывает преимущества композитного проппанта и связанные с этими свойствами этапы изготовления композитного проппанта.

Гидродинамический радиус композитного проппанта (твердая частица проппанта плюс фрагмент полимерного носителя) в несущей жидкости увеличен по сравнению с гидродинамическим радиусом исходной твердой частицы.

В качестве твердой частицы в композитном проппанте могут быть использованы керамические частицы (гранулы) проппанта, природные частицы песка (песчинки) и/или иные частицы (зерна) с полимерным покрытием. В композитном проппанте одна или более чем одна твердая частица прикреплена к одному или двум полимерным носителям. Полимерный носитель в композитном проппанте имеет форму, выбранную из диска, пластины, полоски, спирали, пучка волокон, фрагмента сетки и фрагмента пленки, или иную форму, отличающуюся от сферической формы, например, выбранную из сочетаний двух или более из указанных форм. Полимерный носитель в композитном проппанте содержит растворимый и/или разлагаемый полимер. Например, полимерный носитель в композитном проппанте содержит водорастворимый или разлагаемый водой полимер, или же содержит растворимый или разлагаемый нефтью полимер, или их сочетания. Также полимерный носитель в композитном проппанте содержит по меньшей мере один полимер, выбранный из группы, включающей разлагаемые полимеры, такие как сложные полиэфиры, например полимолочная кислота, а также поливиниловый спирт, нейлон, полиэтилентерефта-

лат, их сочетания или производные. Например, полимерный носитель в композитном проппанте содержит один или более поленкообразующих полимеров. Также полимерный носитель в композитном проппанте может содержать желатин, казеин, полиакриловую кислоту, полиакриламид и/или гуар (к примеру, порошок гуара может быть добавлен в другой пленкообразующий полимер). Твердая частица в композитном проппанте дополнительно имеет покрытие, содержащее ингибитор образования неорганических или органических отложений и/или пленкообразующий полимер. По меньшей мере один ингибитор образования неорганических или органических отложений в композитном проппанте представляет собой ингибитор образования отложений твердых парафинов и/или асфальтенов. Например, упомянутый ингибитор выбран из группы, включающей сополимер этилена и винилацетата (этиленвинилацетат), сополимер этилена/бутилена, акриловые полимеры, малеиновые полимеры, их производные. Также ингибиторами могут быть другие имеющиеся в продаже и служащие для выполнения этой функции продукты, такие как раскрытые в документах, упомянутых в разделе "Предшествующий уровень техники", а также сочетания (композиции, смеси) двух или более ингибиторов отложений.

Способ изготовления композитного проппанта включает в себя следующие этапы:

- (a) получение полимерного носителя с включениями по меньшей мере одного ингибитора образования неорганических или органических отложений;
- (b) прикрепление по меньшей мере одной твердой частицы по меньшей мере к одному полимерному носителю;
- (c) разделение полученного полимерного носителя с прикрепленной по меньшей мере одной твердой частицей на фрагменты меньшего размера.

По меньшей мере один полимерный носитель получают с формой, выбранной из диска, пластины, полосы, спирали, пучка волокон, фрагмента сетки и фрагмента пленки (с формой, отличающейся от сферической).

Этап прикрепления в предложенном способе осуществляют приклеиванием или вдавливанием по меньшей мере одной твердой частицы по меньшей мере к одному полимерному носителю. Этап разделения в предложенном способе осуществляют разрезанием.

Также предложенный способ осуществляют следующим образом:

на этапе (a) полимерный носитель получают в форме сетки из волокон и разрезают полученную сетку на фрагменты; а

на этапе (b) покрывают твердые частицы проппанта клеевым составом и смешивают с фрагментами сетки, обеспечивая их слипание друг с другом.

Далее проводят гидравлический разрыв подземного пласта с помощью введения в скважину суспензии композитного проппанта, имеющего повышенные транспортные свойства.

Таким образом, настоящее изобретение направлено на предложение долговременного решения по ингибированию неорганических или органических отложений, например, в трещине гидроразрыва (в этом случае твердые частицы композитного проппанта, содержащие упомянутые ингибиторы, могли бы выдерживать давление закрытия трещины) и в некоторых случаях в перфорационных отверстиях, эксплуатационном оборудовании скважины и наземных сооружениях (в таких случаях твердые частицы композитного проппанта могут не выдерживать давление закрытия трещины и могут содержать упомянутые ингибиторы или не содержать их).

При этом решение ингибирования образования неорганических и органических отложений в таком варианте воплощения настоящего изобретения заключается в том, что

ингибиторы, содержащиеся в полимерном носителе, например, выполненном на основе разлагающегося или растворяющегося в воде или нефти полимера, высвобождаются из композитного проппанта в первую очередь, так как они более доступны для окружающей жидкости;

ингибиторы, содержащиеся во внешнем покрытии твердой частицы, высвобождаются из композитного проппанта во вторую очередь, так как они менее доступны для окружающей жидкости, чем ингибиторы в полимерном носителе; а

ингибиторы, содержащиеся внутри пористой сердцевины твердой частицы, высвобождаются из композитного проппанта в последнюю очередь, после растворения или разложения внешнего покрытия твердой частицы.

За счет этого может быть реализовано контролируемое, распределенное во времени высвобождение ингибиторов из композитного проппанта.

При этом решение улучшения транспортных свойств проппанта одновременно обеспечивается благодаря полимерному носителю или носителям, способствующему(им) снижению скорости осаждения композитного проппанта.

Транспортные свойства композитного проппанта по настоящему изобретению превышают эти свойства у твердой частицы проппанта, т.е. непосредственно абразивной части проппанта, на которой основаны расклинивающие свойства проппанта.

Также настоящее изобретение предусматривает, что упомянутые ингибиторы образования отложений (например, твердых парафинов и/или асфальтенов) внедрены и распределены в виде включений в матрице (оболочке) из медленно растворяющегося/разлагающегося полимера. При закачивании такого

композитного проппанта в подземный пласт скорость осаждения (оседания) упомянутых частиц в жидкостях гидроразрыва меньше по сравнению со скоростью осаждения исходных твердых частиц вследствие геометрии модифицированных полимерным носителем расклинивающих частиц. Вследствие разложения и/или растворения упомянутого полимера небольшое (но достаточное) количество упомянутых ингибиторов высвобождается в скважинный флюид, что создает во флюиде требуемую концентрацию ингибиторов для предотвращения или снижения образования неорганических и органических отложений в трещине, эксплуатационном оборудовании скважины и/или наземном оборудовании.

Кроме того, дополнительный контроль за высвобождением ингибиторов из композитного проппанта может быть реализован за счет выбора различных полимеров с разной скоростью разложения или растворения для основы полимерного носителя или разных полимерных носителей, для внешнего покрытия и/или для введения внутрь пористой сердцевины твердой частицы. Таким образом, комбинируя разные ингибиторы (например, с разной способностью ингибировать образование отложений или со способностью ингибировать образование разных отложений), и/или разные полимерные основы (например, с разной скоростью растворения или разной скоростью разложения), и/или разные количества ингибиторов и/или полимерных основ в разных элементах, представляющих композитный проппант (т.е. в полимерном носителе или носителях, а также во внешнем покрытии и/или в сердцевине твердой частицы), могут быть достигнуты самые разные профили зависимости высвобождаемого количества и/или высвобождаемого типа ингибиторов от времени, что может быть полезно для решения целого ряда имеющихся проблем.

Таким образом, варианты воплощения настоящего изобретения, которые описаны более подробно ниже, обладают следующими преимуществами:

снижение скорости осаждения проппанта в текучей среде, такой как жидкость гидроразрыва и/или добываемый флюид, вследствие наличия упомянутого по меньшей мере одного полимерного носителя;

защита от органических и неорганических отложений вследствие внедрения соответствующего(их) ингибитора(ов) в полимерный носитель или еще и во внешнее покрытие твердой частицы и/или в пористую сердцевину твердой частицы.

Как следует из вышеизложенного, общие преимущества настоящего изобретения являются следующими:

(а) более высокий уровень добычи углеводородов (нефти и/или газа), обеспечиваемый в течение более длительного периода времени, что достигается за счет улучшенного проникновения проппанта в пласт при гидроразрыве и за счет более медленного "зарастания" проппантной пачки, образовавшейся в пласте при гидроразрыве, органическими и неорганическими отложениями; и

(б) более длительный временной интервал между внутрискважинными работами, что достигается благодаря более длительной защите от неорганических и органических отложений за счет отложенного, замедленного и/или контролируемого высвобождения ингибиторов в эксплуатационном оборудовании скважины и/или наземном оборудовании.

Вместе с тем, следует отметить, что настоящее изобретение не ограничено каким-то конкретным вариантом воплощения, и поэтому в настоящем изобретении могут быть с выгодой использованы любые комбинации любых его вариантов воплощения и признаков, раскрытых в данном описании и в формуле изобретения.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение далее проиллюстрировано и описано более подробно с помощью следующих чертежей.

Фиг. 1a-1e схематично показывают первый вариант изготовления композитного проппанта по настоящему изобретению с одной твердой частицей на одном сплошном полимерном носителе, причем фиг. 1a-1d представляют собой виды в перспективе, а фиг. 1e - вид в разрезе.

Фиг. 2a-2e схематично показывают второй вариант изготовления композитного проппанта по настоящему изобретению с тремя твердыми частицами на одном сплошном полимерном носителе, причем фиг. 2a-2d представляют собой виды в перспективе, а фиг. 2e - вид в разрезе.

Фиг. 3a-3d схематично показывают третий вариант изготовления композитного проппанта по настоящему изобретению с одной твердой частицей на волокнистом или сеточном полимерном носителе, причем фиг. 3a-3c представляют собой виды в перспективе, а фиг. 3d - вид в разрезе.

Фиг. 4a-4c схематично показывают четвертый вариант изготовления композитного проппанта по настоящему изобретению с одной твердой частицей и двумя сплошными полимерными носителями, образующими непрерывную оболочку вокруг твердой частицы проппанта, причем фиг. 4a и 4b представляют собой виды в перспективе, а фиг. 4c - вид в разрезе.

Подробное описание вариантов воплощения изобретения

Некоторые варианты воплощения настоящего изобретения далее описаны подробно со ссылками на вышеуказанные чертежи и нижеприведенные примеры.

В настоящем изобретении раскрыт композитный проппант, содержащий по меньшей мере одну твердую частицу, прикрепленную по меньшей мере к одному полимерному носителю, способствующему снижению скорости осаждения композитного проппанта, и при этом полимерный носитель содержит включения по меньшей мере одного ингибитора образования неорганических или органических отложений.

Используемый в настоящем изобретении термин "композитный проппант" означает, что проппант содержит по меньшей мере две разнородные части, выполняющие свои определенные функции, а именно несущую часть и расклинивающую часть. При этом несущая часть композитного проппанта образована по меньшей мере из одного (т.е. одного или множества) полимерных носителей твердой частицы или частиц и выполняет функции повышения транспортных свойств проппанта, способствования снижению скорости (замедлению) осаждения композитного проппанта и ингибирования образования неорганических или органических отложений, в то время как расклинивающая часть композитного проппанта образована по меньшей мере из одной (т.е. одной или множества) твердых частиц проппанта и выполняет собственно функцию расклинивания композитного проппанта или еще и функцию дополнительного ингибирования образования неорганических или органических отложений.

Под термином "ингибитор образования неорганических или органических отложений" в настоящем изобретении подразумеваются два класса следующих химических агентов: вещества, которые подавляют рост кристаллов твердых парафинов и асфальтенов, диспергаторы твердых парафинов и асфальтенов, модификаторы роста кристаллов твердых парафинов и асфальтенов, детергенты отложений, а также имеющие полимерную или неорганическую природу ингибиторы образования неорганических отложений.

Под термином "твердая частица" в настоящем изобретении подразумевается отдельная частица природного проппанта (например, песка) или искусственного проппанта (например, спеченного керамического материала), обладающая достаточной прочностью для использования при операциях гидроразрыва или создания гравийной упаковки. Таким образом, "твердые частицы" - это песок, керамический проппант или искусственный проппант с полимерным покрытием. Такие свойства частиц проппанта, как их прочность и размеры, могут соответствовать стандарту ISO 13503-2:2006 (E) "Petroleum and natural gas industries - Completion fluids and materials - part 2. Measurement of properties of proppants used in hydraulic fracturing and gravel-packing operations". Так, в таблице В.4 этого стандарта ISO задана классификация частиц после испытания на прочность (классификация от 1К до 15К). Понятие достаточной прочности частиц при испытании означает разрушение менее 10% частиц при рабочей нагрузке (в таблице приведен диапазон нагрузок испытания от 6,9 до 103 МПа). При этом следует отметить, что в композитном проппанте прочность "твердой частицы" намного выше прочности "полимерного носителя", который выполняет совсем иные функции (усиление транспортных свойств проппанта и подавление процесса отложений).

Например, в композитном проппанте по меньшей мере один полимерный носитель и/или внешнее покрытие твердой частицы выполнен(ы) на основе пленкообразующего полимера. Термин "пленкообразующий полимер" в настоящем изобретении означает любой природный или синтетический полимер, который при рабочих температурах проппанта существует в виде пленки. Иными словами, пленка из такого полимера имеет достаточную технологическую прочность, чтобы из такой пленки можно было получить указанный полимерный носитель, к которому прикрепляют твердую(ые) частицу(ы). В спецификациях производителя полимеров указывается форма поставки - в виде пленки, в виде рулонов, в виде полимерной сетки и т.д. Примером пленкообразующих полимеров являются пленки для защиты пищевых продуктов, а также полифосфазеновые пленкообразующие полимеры с низкой температурой полимеризации (см. Handbook of Polymer Synthesis: Part B (In Two Parts), by Hans R. Kricheldorf, CRC Press, 1991, p. 1087). Также примером нефтерастворимых пленкообразующих полимеров являются полимеры на основе латекса (латексная пленка образуется при низких температурах). Большинство подходящих для нанесения на частицы проппанта полимеров являются пленкообразующими полимерами. Понятие "пленкообразующий полимер" широко используют в полимерных технологиях (см., к примеру, патент № US 6306990 B1 под названием "Film-forming polymers", опубликованный 23.10.2001).

Определение термина "скорость осаждения композитного проппанта" - это глубина заполненного жидкостью вертикального узкого канала, поделенная на время прохождения частицы проппанта от поверхности жидкости до дна канала (т.е. скорость, с которой частица тонет в жидкости), - см. примеры.

В настоящем изобретении предлагается использовать модифицированный полимерным носителем проппант с ингибиторами образования отложений (например, парафинов и/или асфальтенов), внедренными в полимерный носитель, а также импрегнированными в частицы расклинивающего агента и/или нанесенными на поверхность частиц расклинивающего агента в виде внешнего покрытия. Под указанными ингибиторами подразумеваются химические композиции (составы, смеси), которые уменьшают/подавляют/предотвращают рост кристаллов твердого парафина и асфальтена и которые могут вклю-

чать модификаторы кристаллов парафина, диспергаторы парафина, химические реагенты, снижающие гидравлические потери (WDFI), а также составы, снижающие температуру помутнения, температуру застывания нефти (температуру потери текучести), предельную температуру фильтруемости на холодном фильтре для жидкости (флюида), добываемой из продуцирующего (нефтеносного) пласта (резервуара). Здесь и далее такие ингибиторы образования отложений именуется просто "ингибиторами".

Указанный композитный проппант может закачиваться в подземный пласт вместе с жидкостью гидроразрыва, как расклинивающий агент, такой как песок или керамический проппант. После закачки композитного проппанта с жидкостью гидроразрыва, размещения его в трещине, образовавшейся при гидроразрыве, и начала добычи углеводородов в трещине могут начать формироваться отложения (осадки) твердых парафинов или асфальтенов. Однако наличие композитного проппанта с включенными ингибиторами уменьшает скорость образования таких осадков, тем самым поддерживая высокую проводимость трещины гидроразрыва для добываемых углеводородов. А также дополнительной опцией является наличие ингибиторов, постоянно высвобождающихся из композитного проппанта и осаждающихся в перфорационных отверстиях, на эксплуатационном оборудовании скважины или наземных объектах, которые уменьшают скорость образования таких осадков твердых парафинов и асфальтенов в данных зонах.

В соответствии с настоящим изобретением композитный проппант может быть закачан в подземный пласт с жидкостью гидроразрыва в виде суспензии. Во время нагнетания такой суспензии в подземный пласт, а также в ходе размещения проппанта в подземном пласте полимерный носитель благодаря своей особой форме не дает модифицированному расклинивающему агенту преждевременно осесть, образуя проппантную пачку. При конкретных условиях по времени и температуре после закрытия трещины полимер в полимерном носителе начинает(ют) медленно разлагаться с расчетной скоростью, и ингибиторы высвобождаются из полимерного носителя, обеспечивая снижение образования органических и неорганических отложений.

Упомянутый полимерный носитель может быть получен из разлагаемых полимеров, например полимолочной кислоты, поливинилового спирта, гуара, нейлона, полиэтилентерефталата (PET) и их модификаций или производных.

Несколько различных вариантов воплощения изобретения рассмотрены ниже с учетом различий в числе, форме и структуре полимерного носителя, числе, форме и структуре твердых частиц проппанта, а также взаимного расположения и скрепления твердых частиц проппанта и полимерного носителя.

Первый вариант композитного проппанта.

В первом варианте воплощения, схематично показанном на фиг. 1a-1e, композитный проппант содержит одну твердую частицу 1 (например, песчинку произвольной формы или керамическую гранулу с формой, близкой к сферической или овальной), приклеенную или иным образом прикрепленную к одному полимерному носителю 2, причем полимерный носитель 2 представляет собой сплошную пластинку прямоугольной, круглой, овальной, трехлопастной или неправильной формы с включениями ингибиторов. Форма, размеры и их соотношение у твердой частицы проппанта 1 и полимерного носителя 2 конкретно не ограничены при условии обеспечения возможности применения композитного проппанта по его назначению (транспорт в трещину). По меньшей мере один размер полимерного носителя больше по меньшей мере одного размера твердой частицы для увеличения гидродинамического сопротивления движению композитной частицы проппанта в жидкости. По меньшей мере два размера полимерного носителя больше наибольшего размера твердой частицы. Например, как показано на фиг. 1a-1e, размеры полимерного носителя по длине и по ширине больше наибольшего габаритного размера твердой частицы проппанта. Размеры твердой частицы могут варьироваться, например, от 0,1 до 20 мм или от 0,05 до 2 мм. При этом клеевой состав, приклеивающий твердую частицу 1 к полимерному носителю 2, на фиг. 1a-1e не показан для ясности.

Второй вариант композитного проппанта.

Во втором варианте воплощения, схематично показанном на фиг. 2a-2e, композитный проппант содержит не одну, а несколько твердых частиц 1 (например, песчинок произвольной формы или керамических зерен или гранул с формой, близкой к сферической или овальной), приклеенных или иным образом прикрепленных к одному полимерному носителю 2, причем здесь лишь в качестве примера показаны три твердые частицы, хотя к одному полимерному носителю 2 могут быть приклеены две или более чем три твердые частицы 1, и при этом в композитном проппанте, закачиваемом в скважину с жидкостью гидроразрыва и содержащем множество таких композитных частиц или состоящем из таких композитных частиц, к разным дискретным полимерным носителям может быть приклеено разное число твердых частиц, причем в различных (например, произвольных) местах полимерного носителя. В остальном композитный проппант по второму варианту может быть аналогичен композитному проппанту по первому варианту, например, в отношении формы, размеров и их соотношений полимерного носителя и твердых частиц, того, что полимерный носитель может представлять собой твердую сплошную пластинку прямоугольной, круглой, овальной, трехлопастной или неправильной формы с включениями ингибиторов. При этом клеевой состав, приклеивающий твердые частицы 1 к полимерному носителю 2, на фиг. 2a-2e не показан для ясности.

Третий вариант композитного проппанта.

В третьем варианте воплощения, схематично показанном на фиг. 3а-3d, композитный проппант содержит одну твердую частицу 1 (например, песчинку произвольной формы или керамическую гранулу с формой, близкой к сферической или овальной), приклеенную или иным образом прикрепленную к одному полимерному носителю 2, но в данном случае полимерный носитель представляет собой пучок волокон или сетку из волокон. При этом на фиг. 3а и 3б с противоположных сторон показан один и тот же полимерный носитель 2, выполненный в виде пучка волокон, закрепленного на одном участке поверхности твердой частицы, причем разные волокна в пучке простираются от этой твердой частицы в разных радиальных направлениях. На фиг. 3с полимерный носитель 2 тоже выполнен из волокон, но здесь волокна образуют сетку. И хотя в данном случае показана тканая сетка с взаимно перпендикулярными волокнами, в настоящем изобретении могут быть также использованы тканые сетки с другими типами плетения или нетканые сетки с произвольной или как-то упорядоченной ориентацией волокон (не показаны). При этом по меньшей мере в одном из волокон полимерного носителя (а по большей мере - в волокнах) содержатся включения ингибиторов. Также возможен вариант, при котором включения ингибиторов представляют собой одно или более волокон из ингибиторов и введенных в упомянутые пучок или сетку среди других волокон без ингибиторов. Кроме того, пучок или сетка из волокон могут быть закреплены на более чем одном участке поверхности твердой частицы, причем волокна в пучке или сетке могут простираются от твердой частицы в одном и том же или разных направлениях. Более того, композитный проппант по третьему варианту может быть аналогичен композитному проппанту по вышеописанным первому или второму вариантам, например, в отношении формы и размеров твердой частицы 1, размеров и их соотношений у полимерного носителя 2, а также того, что к одному полимерному носителю 2 могут быть прикреплены (приклеены) две или более твердые частицы 1, и при этом в композитном проппанте, закачиваемом в скважину, к разным дискретным полимерным носителям 2 может быть прикреплено разное число твердых частиц 1, причем в различных (например, произвольных) местах полимерного носителя 2. При этом клеевой состав, возможно приклеивающий твердую(ые) частицу(ы) 1 к полимерному носителю 2, на фиг. 3а-3d не показан для ясности.

Четвертый вариант композитного проппанта.

В четвертом варианте воплощения, схематично показанном на фиг. 4а-4с, композитный проппант содержит одну твердую частицу проппанта 1 (например, песчинку произвольной формы или керамическую гранулу с формой, близкой к сферической), заключенную между двумя полимерными носителями 2-1 и 2-2, любой из которых представляет собой сплошную пластинку или пленку, причем по меньшей мере в одном из двух полимерных носителей 2-1 и 2-2 содержатся включения ингибиторов.

При этом на фиг. 4а, 4б и 4с последовательно показаны этапы способа изготовления такого композитного проппанта. На первом этапе твердую частицу проппанта 1 наносят (укладывают) на первый полимерный носитель 2-1, как показано на фиг. 4а. На втором этапе на твердую частицу проппанта 1, находящуюся на первом полимерном носителе 2-1, сверху накладывают второй полимерный носитель 2-2, как показано на фиг. 4б. На третьем этапе первый и второй полимерные носители 2-1 и 2-2 прижимают к твердой частице проппанта 1, тем самым получая оболочку (сплошную или несплошную), образованную из двух полимерных носителей 2-1 и 2-2 вокруг твердой частицы проппанта 1, как показано на фиг. 4с.

Настоящее изобретение ниже дополнительно проиллюстрировано примерами его осуществления.

Примеры

Пример 1. Импрегнирование ингибитора в поры расклинивающего агента и покрытие расклинивающего агента ингибитором.

Импрегнирование ингибитора(ов) в поры частиц расклинивающего агента и, альтернативно, по меньшей мере, частичное покрытие расклинивающего агента ингибитором может быть выполнено следующим образом:

растворить твердый ингибитор в растворителе, если ингибитор является твердым;
смешать расклинивающий агент с раствором ингибитора; дать растворителю высохнуть.

Пока растворитель испаряется, рекомендуется выполнять перемешивание смеси расклинивающего агента и раствора ингибитора, чтобы смесь и, вследствие этого, импрегнирование и покрытие были более однородными.

Альтернативно, предлагается уменьшить давление над расклинивающим агентом перед указанным выше смешиванием на 2-ом этапе, чтобы создать в порах разрежение и тем самым способствовать поступлению раствора в поры и, таким образом, повысить качество импрегнирования реактива.

Пример 2. Покрытие проппанта полимером, содержащим ингибитор.

Нанесение ингибиторов на поверхность проппанта в форме соединений, включенных (внедренных) в растворимом или разлагаемом водой полимере, может выполняться следующим образом:

если ингибитор доступен в твердой форме, то предварительно растворить твердый ингибитор в органическом растворителе;

смешать водорастворимый полимер (например, полимолочная кислота) с раствором ингибитора в растворителе;

добавить частицы проппанта к раствору ингибитора и водорастворимому полимеру в растворителе; дать органическому растворителю испариться.

Пока растворитель сохнет, рекомендуется выполнять перемешивание смеси расклинивающего агента и раствора ингибитора с полимером, чтобы смесь и, вследствие этого, импрегнирование и покрытие были более однородными.

Пример 3.

Изготовление композитного проппанта по первому и второму вариантам воплощения может быть осуществлено с использованием следующих этапов:

получение большой пластины полимерного материала с введенными в него включениями ингибитора(ов);

приклеивание частиц расклинивающего агента к большой пластине полимерного материала;

разделение большой пластины с приклеенными проппантными частицами расклинивающего агента на небольшие пластинки.

Пример 4.

Изготовление композитного проппанта по первому и второму вариантам воплощения может быть осуществлено с использованием следующих этапов:

получение большой пластины полимерного материала с введенными в него включениями ингибитора(ов);

разрезание большой пластины на небольшие пластинки;

покрывание частиц проппанта клеем и

смешивание частиц проппанта с небольшими пластинками, что приводит к прилипанию частиц проппанта к пластинкам.

Пример 5.

Изготовление композитного проппанта по третьему варианту воплощения может быть осуществлено с использованием следующих этапов:

получение полимерной сетки из волокон, включающих в себя ингибитор(ы);

формирование небольших фрагментов сетки (например, разрыванием или разрезанием) и

приклеивание частиц расклинивающего агента к небольшим фрагментам сетки.

Пример 6.

Изготовление композитного проппанта по четвертому варианту изготовления может быть осуществлено с использованием следующих этапов:

получение полимерной пленки с введенными в нее включениями ингибитора(ов);

подачу частиц проппанта через питатель на нижний слой полимерной пленки, который был предварительно подготовлен и имеет клейкий слой или слегка отформован;

укладка второго (верхнего) слоя полимерной пленки на нижний слой полимерной пленки с нанесенными твердыми частицами проппанта и пропускание их через вальцы;

разрезание полученного композитного полотна на фрагменты.

Экспериментальные примеры

Способы изготовления композитного проппанта на основе пленкообразующего полимера в лабораторных условиях.

Оборудование:

Сушильный шкаф.

Посуда и инструменты:

Пипетка 10 мл.

Кисть, шпатель.

Пластиковый стакан, 250 мл.

Керамическая круглодонная чашка, 250 мл.

Чашка Петри диаметром 10 см, 8 см.

Весы аналитические.

Ножницы, резак, скальпель.

Пинцеты.

Чашечка для взвешивания.

Материалы.

В качестве носителя на основе пленкообразующего полимера испытывали

водорастворимую пленку GUNOLD® Solvy® 80μ артикул № 40425 (на основе поливинилового спирта) и

полиамидную пленку.

Испытывали несколько разновидностей проппанта, выступающего в качестве твердых частиц проппанта при изготовлении композитного проппанта:

CarboProp 1620® (средний диаметр частиц 1,05 мм),

CarboProp 1218® (средний диаметр частиц 1,4 мм),

CarboProp 3060® (средний диаметр частиц 0,50 мм),
BadgerSand 2040® (средний диаметр частиц 0,58 мм),
ForeProp 1630® (средний диаметр частиц примерно 1,0 мм),
OptiProp G2 2040® (расклинивающий агент с полимерным покрытием).

Эпоксидный клей для прикрепления частиц расклинивающего агента к полимерной пленке.

Тканое полотно из волокон полимолочной кислоты (ПМК) класса 6202D, произведенное NatureWorks LLC (Миннетонка, США).

Волокна ПМК (в пучке в намотке) класса 6202D производства NatureWorks LLC.

Способ изготовления композитного проппанта, показанного на фиг. 1а.

Нарезали водорастворимую пленку GUNOLD® Solvy® ножницами на квадратные кусочки размером 3×3 мм.

Взяли навеску керамического проппанта.

Брали квадратик пленки (являющийся полимерным носителем) пинцетом, смачивали участок поверхности пленки (центральную ее часть) эпоксидным клеем с помощью пипетки или кисти.

Помещали частицу расклинивающего агента на поверхность смоченной пленки с помощью пинцета.

Повторяли шаги с 3- по 4-й до тех пор, пока не было получено достаточное количество образца для исследования.

Высушивали полученные композитные частицы в сушильном шкафу при температуре 40-60°C в чашке Петри.

Способ изготовления композитного проппанта, показанного на фиг. 2с.

Вырезали диск диаметром 10 см из водорастворимой пленки GUNOLD® Solvy®.

Брали навеску керамического проппанта, 2,6 г.

Поместили пленку в чашку Петри, равномерно смочили поверхность пленки небольшим количеством воды с помощью пипетки и шпателя/кисти.

Высыпали частицы расклинивающего агента на поверхность смоченной пленки, равномерно распределяя частицы с помощью кисти.

Если количество воды достаточно для того, чтобы пленка начала размягчаться, и поверхность пленки стала/становится волнообразной, то образец помещали высушиваться под пресс, например, в виде чашки Петри меньшего диаметра.

Высушивали полученный образец в сушильном шкафу при температуре 40-60°C.

Высушенный образец нарезали с помощью ножниц или резака на фрагменты/куски нужного размера, например, 2×2 мм.

Способ изготовления композитного проппанта, показанного на фиг. 3с.

Приготовили диск из тканого полотна полимолочной кислоты ПМК (NatureWorks LLC.) диаметром 10 см.

Взяли навеску керамического расклинивающего агента CarboProp 1218®, 2,5 г.

Поместили диск тканого полотна в чашку Петри, равномерно обработали его поверхность небольшим количеством эпоксидного клея с помощью кисти.

Высыпали частицы проппанта с полимерным покрытием на поверхность обработанного полотна, равномерно распределив частицы с помощью кисти/шпателя.

Поместили полученный образец под пресс (например, чашку Петри меньшего диаметра) и высушили при комнатной температуре.

Высушенный образец (диск тканого полотна с приклеенными к нему частицами керамического расклинивающего агента) измельчили с помощью ножниц на частицы размером 3×3 мм.

Способ изготовления композитного проппанта, показанного на фиг. 3а и 3б.

Приготовили волокна полимолочной кислоты ПМК (пучки в намотке) класса 6202D.

Нарезали полимерные волокна на пучки длиной 4-6 мм.

Взяли навеску волокон в пучках, 0,5 г.

Взяли навеску проппанта с полимерным покрытием OptiProp G2 2040®, 2,5 г.

Поместили песок в керамическую круглодонную чашку и смочили небольшим количеством (около 1 мл) раствора ПМК в ацетоне, используемого в качестве клея.

Перемешивали навеску частиц шпателем до тех пор, пока полимер не распределился по частицам равномерно, растворитель почти весь испарился, но частицы оставались клейкими.

Поместили пучки волокон в чашку с частицами, распределили по всему объему частиц шпателем, слегка их разделяя. Перемешивание не прекращали до тех пор, пока весь растворитель не испарился и частицы песка не перестали слипаться друг с другом.

Распределили полученный образец композитного проппанта с пучками волокон или отдельными волокнами ровным слоем в чашке Петри и оставили образец под тягой до полного высыхания клея.

Способ изготовления композитного проппанта, показанного на фиг. 4а-4с.

Приготовили два диска водорастворимой пленки GUNOLD® Solvy® с диаметром 10 см.

Взяли навеску керамического проппанта, 2,5 г.

Поместили один диск пленки в чашку Петри, равномерно смочили поверхность пленки небольшим количеством воды с помощью пипетки и шпателя/кисти.

Высыпали частицы проппанта на поверхность смоченной пленки, равномерно распределив частицы с помощью кисти/шпателя.

Поместили второй диск пленки на частицы проппанта, удалили воздух, оставшийся между пленками, осторожно смякая и проглаживая лоскуты пленки от центра к краям с помощью поролонового спонжа.

Поместили полученный образец под пресс (например, чашку Петри) и высушили при температуре 40-60°C.

Высушенный образец измельчили с помощью ножниц или резака на частицы нужного размера и формы, например, 3×3 мм. На выходе получили композитный проппант по фиг. 4с.

Способы изготовления полимерной пленки с внедренным в нее химическим ингибитором органических отложений.

В лабораторных условиях получали полимерную пленку с внедренным в нее ингибитором органических (или неорганических) отложений следующими способами

Изготовление пленки из раствора

Брали навеску полимера, выбранного в качестве матрицы, например ПМК.

Растворяли полимер в растворителе, в случае ПМК - в ацетоне (также использовалась комбинация поливиниловый спирт и вода, с большей продолжительностью эксперимента), 30,0 вес.%.

Брали навеску ингибитора. В качестве ингибитора органических отложений выбирали, например, этиленвинилацетат в форме порошка. В качестве ингибитора неорганических отложений выбирали фосфоновые кислоты, например диэтилентриаминпентаметиленфосфоновую кислоту. Массовое соотношение ингибитора и полимера может варьироваться в пределах от 1:9 до 1:1.

Помещали ингибитор в раствор полимера и перемешивали.

Равномерно распределяли полученный раствор по ровной поверхности, например, разливали тонким слоем в чашки Петри и оставляли пленки до полного высыхания, до постоянного веса, после чего отделяли пленки от дна чашек Петри и использовали для создания образцов композитного проппанта с полимерным носителем (см. примеры выше).

Изготовление пленки из расплава.

Приготовили навеску полимера, выбранного в качестве носителя, например ПМК.

Приготовили навеску ингибитора.

Измельчили гранулы полимера, выбранного в качестве носителя, и смешали.

Приготовили расплав смеси при постоянном перемешивании.

Распределили расплав полимеров тонким слоем в чашке Петри и оставили отверждаться.

Полученные пленки отделили от подложки (т.е. дна чашки Петри) и использовали для приготовления образцов композитного проппанта с полимерным носителем.

В промышленных условиях производство пленки с наполнителем-ингибитором может производиться методом экструзии полимера в виде пленки.

Способ изготовления композитного проппанта, содержащего ингибитор образования органических отложений в полимерной оболочке

Приготовили навеску керамического проппанта (либо природного песка) массой 100 г.

Приготовили навеску ингибитора образования отложений, 1 г.

Приготовили навеску ПМК, служившей в качестве основы (матрицы) полимерной оболочки, 3 г.

Измельчили полимерную оболочку, поместили в керамическую чашку.

Смешали ингибитор с подготовленным разлагаемым полимером.

Приготовили расплав смеси, при перемешивании смеси. Условия температурной обработки зависят от выбранного класса ПМК, в данном примере температура плавления матрицы полимолочной кислоты ПМК составила 240°C.

Не давая расплаву оболочки "полимер-ингибитор" охладиться, помещали частицы расклинивающего агента в керамическую чашку с полимерным расплавом.

При постоянном перемешивании и разделении частиц шпателем или лопастной мешалкой, распределении смеси ингибитор-полимер по поверхности частиц дали смеси остыть, расплаву затвердеть, образуя оболочку композитного проппанта.

При использовании технологии наполнения полимера ингибитором "через раствор" в керамическую круглодонную чашку помещают полимер, растворитель, ингибитор и расклинивающий агент в указанном порядке, при постоянном перемешивании. Продолжительность и условия среды процесса нанесения полимерной оболочки на расклинивающий агент в данном случае зависят от используемого растворителя.

Определение скорости осаждения композитного проппанта с носителем на основе пленкообразующего полимера.

В ходе эксперимента определяли скорость осаждения твердых частиц, прикрепленных к носителю на основе пленкообразующего полимера.

В качестве твердых частиц использовали керамический расклинивающий агент ForeProp 1630® со средним диаметром частиц примерно 0,1 см и кажущейся плотностью 2,84 г/см³ и в качестве носителя - нарезанные полимерные диски (см. табл. 1).

Таблица 1

Свойства полимерного носителя (диск)

Диаметр, см	Толщина, мкм	Плотность, г/см ³	Материал
0,45±0,05	250 ±1	1,35±0,02	полиамид

Изготовление образца.

Полимерный диск (полиамид) смачивали небольшим количеством эпоксидного клея, частицу(ы) расклинивающего агента помещали на клеящую поверхность хаотично, максимальное количество частиц расклинивающего агента на диске составляло 10 штук. Образец высушивали при комнатной температуре в течение 24 ч.

Осаждение полученных композитных частиц проводили в воде с добавлением ПАВ (поверхностно-активное вещество Fairy, 1 мл/л) в вертикальном щелевом канале высотой 100 см и толщиной зазора 1 см и гладкими стенками (оргстекло). В ходе эксперимента измеряли время осаждения (усреднение по 30 экспериментам). Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Скорость осаждения композитного проппанта

Образец	Композитный проппант и его компоненты	Скорость осаждения, мм/сек
1	Полимерный диск	36
2	Твердая частица (сферический керамический проппант)	170
3	Полимерный диск+1 твердая частица (ρ=1,41 г/см ³)	48
4	Полимерный диск+2 твердые частицы (ρ=1,47 г/см ³)	62
5	Полимерный диск+3 твердые частицы (ρ=1,52 г/см ³)	66
6	Полимерный диск+10 твердых частиц (ρ=1,79 г/см ³)	100

Скорость осаждения измеряется как отношение глубины слота ко времени прохождения частиц от поверхности до дна слота.

В строках 1 и 2 приводится скорость осаждения отдельно для компонентов композитного проппанта.

В ходе эксперимента было показано, что композитный проппант по настоящему изобретению (строки 3-6) имеет скорость осаждения намного ниже, чем для исходных твердых частиц проппанта (строка 2, табл. 2). С увеличением количества твердых частиц на полимерном диске (носителе) скорость осаждения увеличивается. Кроме того, полимерный диск, полностью покрытый твердыми частицами (числом максимум 10), имеет меньшую скорость осаждения по сравнению с твердыми частицами проппанта (без полимерного носителя).

Предшествующее описание было приведено в виде различных конкретных вариантов воплощения настоящего изобретения, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с уровнем техники. Вместе с тем, следует отметить, что настоящее изобретение не ограничено вышеописанными конкретными вариантами воплощения настоящего изобретения, и в них могут быть внесены различные модификации и изменения без отклонения от сущности настоящего изобретения, которая выражена в прилагаемой формуле изобретения.

Термины "содержит", "включает в себя" и их аналоги используются в данном документе в неограничительном смысле, т.е. в смысле открытого списка, а не в исключительном смысле, и поэтому не исключают наличия других возможных компонентов, элементов, этапов и т.п. В исключительном смысле употребляется лишь термин "состоящий из".

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления композитного проппанта, включающий следующие этапы:

(a) получение по меньшей мере одного полимерного носителя с включениями по меньшей мере одного ингибитора образования неорганических отложений;

(b) прикрепление по меньшей мере одной твердой частицы проппанта по меньшей мере к одному полимерному носителю;

(c) разделение полученного полимерного носителя на фрагменты меньшего размера с прикрепленной по меньшей мере одной твердой частицей.

2. Способ по п.1, в котором по меньшей мере один полимерный носитель получают в форме диска, пластины, полосы, спирали, пучка волокон, фрагмента сетки и фрагмента пленки или в иной форме, отличающейся от сферической.

3. Способ по п.1, в котором этап прикрепления (b) осуществляют приклеиванием по меньшей мере одной твердой частицы проппанта по меньшей мере к одному полимерному носителю.

4. Способ по п.1, в котором этап прикрепления (b) осуществляют вдавливанием по меньшей мере одной твердой частицы проппанта по меньшей мере в один полимерный носитель.

5. Способ по п.1, в котором этап разделения (c) осуществляют разрезанием.

6. Способ по п.1, который осуществляют следующим образом:

на этапе (a) получают полимерный носитель в форме пленки, которую подготавливают, нанося клейкий слой или отформовывая для прикрепления по меньшей мере одной твердой частицы проппанта;

на этапе (b) подают твердые частицы проппанта на предварительно подготовленную пленку, покрывают твердые частицы проппанта на предварительно подготовленной пленке еще одним слоем пленки полимерного носителя и пропускают обе пленки с заключенными между ними твердыми частицами проппанта через вальцы, получая полотно;

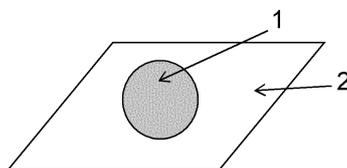
на этапе (c) разрезают полученное на этапе (b) полотно на фрагменты.

7. Способ изготовления композитного проппанта, включающий следующие этапы:

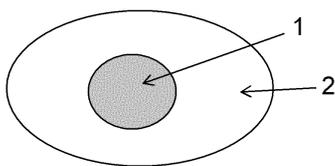
(a) получают полимерный носитель с включениями по меньшей мере одного ингибитора образования неорганических отложений в форме сетки из волокон;

(c) разрезают полученную сетку на фрагменты;

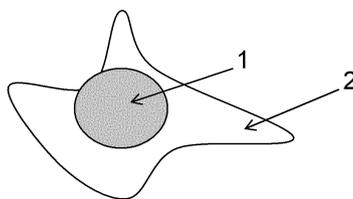
(b) покрывают твердые частицы проппанта клеевым составом и смешивают с упомянутыми фрагментами сетки, обеспечивая сцепление между фрагментами сетки и твердыми частицами проппанта.



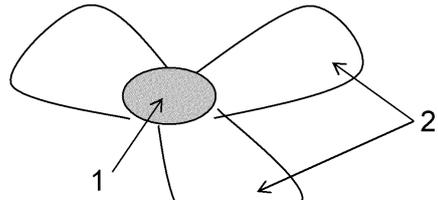
Фиг. 1a



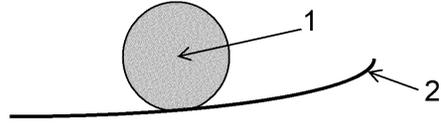
Фиг. 1b



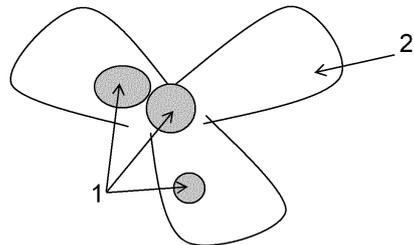
Фиг. 1c



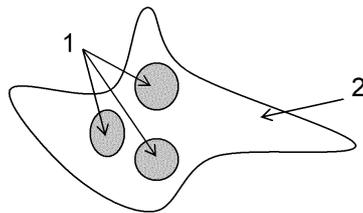
Фиг. 1d



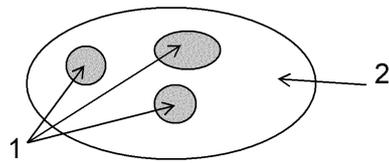
Фиг. 1e



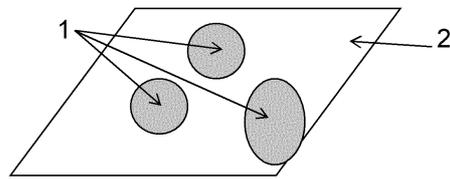
Фиг. 2a



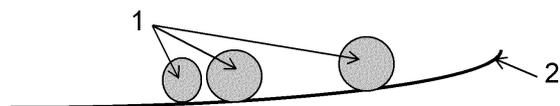
Фиг. 2b



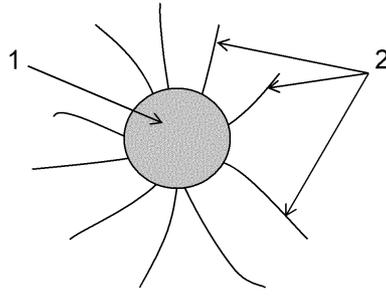
Фиг. 2c



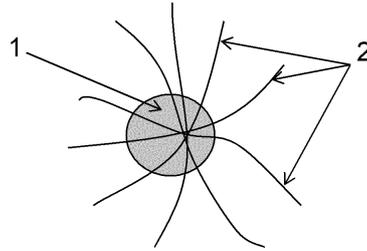
Фиг. 2d



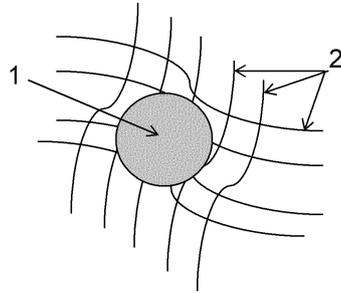
Фиг. 2e



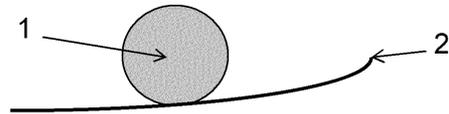
Фиг. 3а



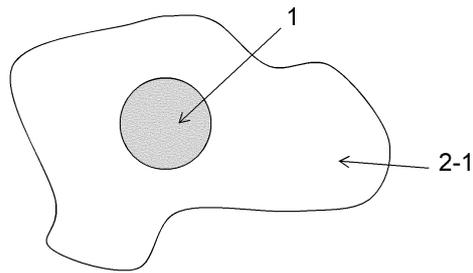
Фиг. 3б



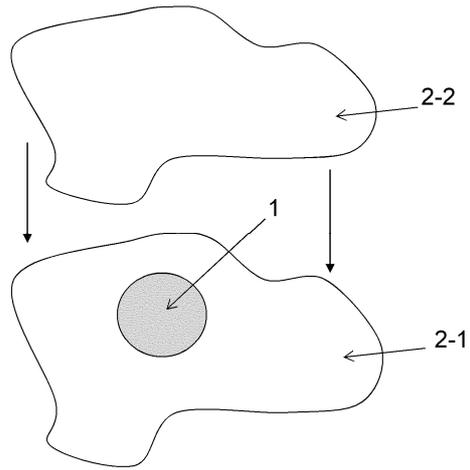
Фиг. 3с



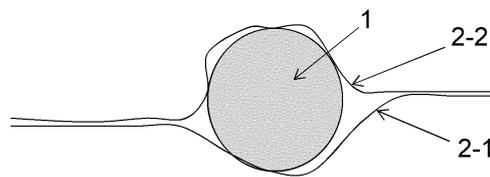
Фиг. 3д



Фиг. 4а



Фиг. 4b



Фиг. 4c