

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **047939**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.09.30

(21) Номер заявки
202392591

(22) Дата подачи заявки
2022.04.13

(51) Int. Cl. **B01F 23/20** (2022.01)
B01F 23/70 (2022.01)
B01F 35/00 (2022.01)

(54) **СПОСОБ ГЕНЕРИРОВАНИЯ МИКРОПУЗЫРЬКОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ
ГЕНЕРИРОВАНИЯ**

(31) **202110406058.6**

(32) **2021.04.15**

(33) **CN**

(43) **2023.12.29**

(86) **PCT/CN2022/086569**

(87) **WO 2022/218333 2022.10.20**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

МА МИНЬСЮН (CN)

(74) Представитель:

Вахнин А.М. (RU)

(56) CN-A-113144928
CN-U-215196365
JP-A-2021058816
CN-A-110354705
CN-U-211025862
CN-U-204324934
US-A-4454078

(57) Предложены способ генерирования микропузырьков и устройство для генерирования. Способ генерирования микропузырьков содержит прохождение газа через микропористый материал и образование микропузырьков на границе раздела между микропористым материалом и жидкостью, причем пузырьки адсорбируются на поверхности микропористого материала; относительное движение микропористого материала и жидкости, создающее режущую силу для воздействия на микропузырьки, абсорбированные микропористым материалом, так что микропузырьки отделяются от микропористого материала и попадают в жидкость. Устройство для генерирования микропузырьков содержит газоприемную камеру (1) и газопровод (3), которые расположены ниже поверхности жидкости. Слой микропористого материала (2) предусмотрен на периферии газоприемной камеры (1). Под действием давления воздуха газ в газоприемной камере (1) проходит через слой микропористого материала (2) и образует микропузырьки на его внешней поверхности. Слой микропористого материала (2) перемещается и/или жидкость на внешней стороне слоя микропористого материала (2) перемещается с тем, чтобы срезать микропузырьки.

B1

047939

047939

B1

Родственная заявка

Настоящая заявка испрашивает приоритет китайской патентной заявки № 202110406058.6, поданной 15 апреля 2021 г. и озаглавленной "Способ генерирования микропузырьков и устройство для генерирования".

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области техники межфазного взаимодействия в двухфазной системе газ-жидкость и, в частности, к способу генерирования и устройству для генерирования микропузырьков.

Предпосылки изобретения

Микро-нанопузырьки были обнаружены еще в 1960-х годах и применялись в технологии получения изображений. С 2000 года Япония взяла на себя ведущую роль в изучении дополнительных характеристик и применений микро-нанопузырьков и обнаружила, что микро-нанопузырьки имеют такие характеристики, как чрезвычайно низкая скорость роста в воде, саморастворение под давлением и чрезвычайно высокая эффективность массообмена (более 95%), а также имеют такие характеристиками, как значительное улучшение растворимости газа, большая удельная площадь контакта с поверхностью, высокий межфазный потенциал, превосходный эффект воздушной флотации, снижение сопротивления потоку жидкости и взрыв в микроскопическом поле пузырьков, разрывающих химические связи окружающих молекул воды с образованием свободных радикалов.

В аквакультуре микро-нанопузырьки могут увеличить плотность разводимой рыбы более чем в два раза, значимо сократить период выращивания и улучшить степень конверсии корма. Характерная плавучесть микро-нанопузырьков позволяет поднимать хлопья, образующиеся из рыбьего навоза и остатков рыбьего корма, расплавленных в воде, на поверхность воды, тем самым значительно уменьшая содержание аммиачного азота и нитритов в воде и обеспечивая аквакультуру с нулевым содержанием антибиотиков и нулевым содержанием хвостовой воды, что не только позволяет увеличить производство, но также имеет большое значение для безопасности пищевых продуктов и экологического управления рыбоводством.

При выращивании сельскохозяйственных культур микро-нанопузырьки могут увеличить урожайность посадок риса более чем на 50%, сделать корневую систему риса более развитой и значительно повысить его устойчивость к разрушению. Принцип заключается в том, что корни растений должны поглощать кислород, а большинство микроорганизмов в почве являются аэробными, чем более активными являются микроорганизмы, тем выше становится плодородие почвы и тем более развитыми становятся корни, для достижения эффекта увеличения продуктивности. Применением микро-нанопузырьковой воды для сельскохозяйственных культур, можно не только увеличить урожайность, но и улучшить почвенную среду.

Для улучшения водоема, ключом к очистке воды является высокое содержание растворенного кислорода. Коренной причиной черного и пахучего водоема является недостаток кислорода, и, если кислород восполняется, то экологическая цепочка может восстановиться сама по себе, а водоем может быть очищен.

Кроме того, микро-нанопузырьки могут снизить сопротивление скольжению жидкости и добиться эффекта увеличения скорости судна.

Микро-нанопузырьки не ограничиваются воздухом, кислородом и могут также представлять собой углекислый газ, озон или другие газы. Водоем с высокой концентрацией озона и большой площадью контакта является передовой технологией окисления для промышленности, и его применение имеет большое значение не только в промышленности, но и при дезинфекции пищевых продуктов. Кроме того, водоем с высокой концентрацией углекислого газа может способствовать индустриализации производства масла из микроводорослей. Технология микро-нанопузырьков по существу является своего рода высокоэффективной технологией газожидкостного смешивания, которая нарушает общепринятый принцип о том, что неполярные газы нерастворимы в воде, и является фундаментальным процессом, который проникнет во все области, такие как электричество, и приведет к технологическим прорывам.

Микро-нанопузырьки играют такую важную роль, но они не были популяризированы и не применялись в больших масштабах в производственной практике, а остаются только в рамках экспериментальных исследований. Основная проблема заключается в том, что энергопотребление генератора микро-нанопузырьков является чрезвычайно высоким, и увеличение производительности не увеличивает выход. До сих пор проблема энергопотребления различных генераторов не была решена, и большинство генераторов микро-нанопузырьков используют высокоскоростной поток воды, генерируемый водяным насосом, для отсечения газа. Идея существующей применяемой конструкции ограничивается только тем, как рециркулировать высокоскоростной поток воды, и фактически она не может достичь цели значительного снижения энергопотребления.

В настоящее время существует множество способов генерирования микропузырьков, таких как ультразвуковой способ, способ нагнетания-сброса давления с высвобождением растворенного газа, способ с трубой Вентури и способ ротационной резки. Однако ультразвуковой способ производит ограниченное количество пузырьков, а способ высвобождения растворенного газа, находящегося под давлением, при

сбросе давления требует сложной конструкции оборудования и является трудным для реализации. Следовательно, в настоящее время обычно используемым способом создания микропузырьков является способ с трубой Вентури и способ ротационной резки. Принцип способа ротационной резки является по существу одним и тем же, что и способа нагнетания-сброса давления, т.е. жидкость находится под давлением для растворения газа посредством высокоскоростного вращения, и на выходе давление сбрасывается для выработки микропузырьков. По сравнению со способом нагнетания-сброса давления, способ ротационной резки снижает сложность реализации и экономит сложное оборудование для нагнетания давления. По сравнению со способом с трубой Вентури, поток воды при способе ротационной резки закручивается вперед, процесс слияния воды и газа длится дольше, а размер пузырьков, образующихся на выходе, является скорее микро. Однако в способе с трубой Вентури и способе ротационной резки на переднем конце требуется использование большого водяного насоса или насоса для подачи растворенного газа (подъем должен достигать высоты от 20 до 40 м, а давление воды составлять от 0,2 до 0,5 МПа). Эти два способа не позволяют производить микропузырьки при низкой скорости и низком давлении. Вызываемое ограничением самого водяного насоса соотношение вода-газ в настоящее время не может превышать 10:1 (т.е., для генерирования 1 объема микропузырьков требуется 10 объемов высокоскоростного потока воды). Кроме того, как труба Вентури, так и ротационное срезающее устройство для генерирования микропузырьков увеличивают скорость потока воды за счет уменьшения диаметра трубки и, наконец, обеспечивают высокоскоростной струйный поток из выпускного отверстия. Следовательно, как труба Вентури, так и ротационное срезающее устройство требуют огромных энергозатрат для получения микропузырьков, и тепло, генерируемое трением воды при вращении в процессе экструзии, также является важным фактором высокого энергопотребления. При применении способа с трубой Вентури и способа ротационной резки требуются большие транспортные средства (такие как, вилочный погрузчик или кран) для транспортировки большого водяного насоса или насоса для перекачки растворенного газа, и конструкция является сложной. Все эти проблемы в значительной степени ограничивают популяризацию и применение микропузырьков в практическом производстве.

Для решения проблем высокого энергопотребления, большой сложности и слабого эффекта образования микропузырьков в процессе генерирования микропузырьков в родственной технологии в настоящее время не было предложено эффективного решения.

Краткое изложение сущности изобретения

Задачей настоящего описания является обеспечение способа генерирования микропузырьков и устройства для их генерирования, в котором газ находится под давлением для прохождения через микропористый материал и образования микропузырьков на границе раздела между микропористым материалом и жидкостью; и затем микропузырьки срезаются за счет относительного перемещения между микропористым материалом и жидкостью, прежде чем сами пузырьки увеличатся в размерах или объединятся с соседними микропузырьками, быстро увеличиваясь в размерах, так что микропузырьки отслаиваются от поверхности микропористого материала и переходят в жидкость в виде микропузырьков диаметром менее чем 100 мкм, посредством чего достигается цель генерирования микропузырьков. Этот способ не требует высокоскоростного перемещения жидкости, и в этом способе отсутствует теплота трения при экструзии, которая генерируется при высоком давлении, так что значительно снижается потребление энергии на производство, снижается стоимость, а оборудование имеет простую конструкцию, является удобным в эксплуатации, имеет большие экономические выгоды и подходит для популяризации и применения.

Настоящее описание может быть реализовано следующим техническим решением.

Настоящее описание обеспечивает способ генерирования микропузырьков, содержащий:
 пропускание газа через микропористый материал, при этом газ образует микропузырьки на границе раздела между микропористым материалом и жидкостью; и
 воздействие на микропузырьки, адсорбированные на микропористом материале, относительным движением микропористого материала и жидкости, таким образом, что микропузырьки отделяются от микропористого материала и попадают в жидкость.

Настоящее описание обеспечивает устройство для генерирования микропузырьков, которое содержит газоприемную камеру, расположенную ниже поверхности жидкости, и газопровод для подачи газа в газоприемную камеру. Слой микропористого материала, который позволяет проходить газу в газоприемную камеру, обеспечивают по периферии газоприемной камеры. Один конец газопровода расположен над поверхностью жидкости и соединен с источником газа, а другой конец газопровода продолжается в газоприемную камеру, так что газ в газоприемной камере проходит через слой микропористого материала под давлением газа и образует микропузырьки на внешней поверхности слоя микропористого материала.

Слой микропористого материала и/или жидкость снаружи слоя микропористого материала срезают микропузырьки движением, таким образом, что микропузырьки входят в жидкость.

Технические эффекты настоящего описания являются следующими.

Во-первых, в устройстве для генерирования микропузырьков газ вводят в газоприемную камеру, так что в газоприемной камере образуется определенное давление газа. Под действием давления газа, газ в газоприемной камере проходит через слой микропористого материала и образует микропузырьки на

границе раздела между внешней поверхностью слоя микропористого материала и жидкостью. За счет обеспечения относительного движения между слоем микропористого материала и жидкостью, микропузырьки, адсорбированные на слое микропористого материала, подвергаются воздействию жидкости, таким образом, что микропузырьки отделяются от слоя микропористого материала и попадают в жидкость, посредством чего достигается цель генерирования микропузырьков. В рабочем процессе настоящего описания основным потреблением энергии является не потребление энергии на перемещение газа, а потребление энергии на преодоление сопротивления трения газоприемной камеры при вращении газоприемной камеры в жидкости. Однако в настоящем описании скорость, с которой вращается газоприемная камера, или жидкость течет вращательно вдоль газоприемной камеры, должна быть только выше, чем скорость, с которой газ проходит через слой микропористого материала. Поскольку скорость газового потока обычно составляет порядка сантиметров в секунду, а в качестве слоя микропористого материала предпочтительно используют микропористый материал с небольшим коэффициентом поверхностного трения, скорость потока жидкости, приводимой в движение слоем микропористого материала, может быть полностью проконтролирована ниже одного метра в секунду. Следовательно, скорость вращения, требуемая во время работы, является низкой. В настоящем описании условия, требуемые для генерирования микропузырьков, не включают в себя соотношение вода-газ, и способ генерирования пузырьков не требует высокоскоростного потока воды, следовательно позволяет избежать проблемы выделения тепла при трении и потреблении энергии. Следовательно, настоящее описание может эффективно снизить энергопотребление при производстве, снизить производственные затраты и быстро получить большое количество микропузырьков с однородным размером частиц, а также получить большие экономические выгоды.

Во-вторых, вес и объем устройства для генерирования микропузырьков являются значительно ниже по сравнению с традиционным устройством для генерирования микропузырьков. Силовое оборудование, применяемое в настоящем описании, представляет собой электродвигатель, масса корпуса двигателя мощностью 1 кВт составляет менее 0,5 кг, тогда как мощность большинства двигателей устройства настоящего описания составляет менее 1 кВт, и микропористый материал также является легким материалом, и вес устройства настоящего описания в основном приходится на вспомогательное оборудование, такое как неподвижное основание. Следовательно, вес всего устройства настоящего описания может быть проконтролирован в пределах 10 кг, объем всего устройства может составлять 30 см в диаметре и 120 см в высоту, и устройство может быть установлено вручную во время фактического применения.

В-третьих, объем устройства для генерирования микропузырьков может быть отрегулирован в соответствии с фактическими потребностями для контроля количества полученных микропузырьков. Все устройство может быть миниатюризировано, энергетическое оборудование оснащено маломощным микромотором, а другие части могут быть соответственно уменьшены, посредством чего значительно расширяется область применения микропузырьков, например, они могут быть применены в бытовой и гражданской сферах, чтобы люди могли приготовить готовую к употреблению воду с высоким содержанием кислорода и воду с высоким содержанием водорода для обеспечения своего здоровья. Кроме того, устройством также может быть применено для получения озонной воды, консервирования овощей, фруктов и мяса, удаления остатков пестицидов и т.п.

В-четвертых, устройство для генерирования микропузырьков является простым по структуре, позволяет легко контролировать сырье, которое представляет собой всю промышленную продукцию и подходит для крупномасштабного производства. Кроме того, устройство настоящего описания имеет низкое энергопотребление и низкую мощность, и устройство, которое может питаться от солнечных панелей, требует около 30 Вт мощности для получения микропузырьков. Получение микропузырьков, в соответствии с настоящим описанием, может быть выполнено на полях, реках и озерах. Было доказано, что микропузырьки оказывают значительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур и очистку речных сточных вод. Солнце, воздух и вода используются в полной мере, что не может быть достигнуто с помощью обычного способа ротационной резки.

В-пятых, однородность распределения микропузырьков по размерам частиц, генерируемых устройством для генерирования микропузырьков, является высокой. Распределение микропузырьков по размерам частиц, генерируемых общепринятым устройством для генерирования микропузырьков, находится в пределах от нанометрового уровня до микрометрового уровня (от 1 нанометра до 200 микрометров). Однако постоянство размера частиц микропузырьков в настоящем описании зависит от постоянства распределения размеров пор микропористого материала. Поскольку современный микропористый материал имеет хорошее качество, диапазон размеров частиц, генерируемых таким образом микропузырьков, имеет хорошую однородность.

В-шестых, устройство для генерирования микропузырьков приводит газ во вращение с образованием высокоскоростного газового потока, который сдвигает жидкость при работе с микропористым материалом. Преобразование этой идеи может снизить потребление энергии более чем в 100 раз, а посредством совершенствования устройства все еще существует пространство для совершенствования. Когда потребление энергии перестанет быть узким местом микро-нанопузырьков, изменения, вызванные микро-нанопузырьками в различных отраслях, будут иметь исключительное значение.

Краткое описание графического материала

Следующие чертежи предназначены только для схематической иллюстрации и пояснения настоящего описания и не ограничивают объем настоящего описания.

Фиг. 1 представляет собой блок-схему способа генерирования микропузырьков в соответствии с настоящим описанием.

Фиг. 2 представляет собой первую принципиальную схему конструкции устройства для генерирования микропузырьков в соответствии с настоящим описанием.

Фиг. 3 представляет собой принципиальную схему конструкции части ниже уровня жидкости на фиг. 2.

Фиг. 4 представляет собой вторую принципиальную схему конструкции устройства для генерирования микропузырьков в соответствии с настоящим описанием.

Фиг. 5 представляет собой принципиальную схему конструкции части ниже уровня жидкости на фиг. 4.

Фиг. 6 представляет собой третью принципиальную схему конструкции устройства для генерирования микропузырьков в соответствии с настоящим описанием.

Фиг. 7 представляет собой принципиальную схему конструкции части ниже уровня жидкости на фиг. 6.

Фиг. 8 представляет собой четвертую принципиальную схему конструкции устройства для генерирования микропузырьков в соответствии с настоящим описанием.

Фиг. 9 представляет собой пятую принципиальную схему конструкции устройства для генерирования микропузырьков в соответствии с настоящим описанием.

Фиг. 10 представляет собой шестую принципиальную схему конструкции устройства для генерирования микропузырьков в соответствии с настоящим описанием.

Фиг. 11 представляет собой вид сверху устройства для генерирования микропузырьков, показанного на фиг. 10.

Описание вариантов осуществления

Для более ясного понимания технических особенностей, целей и эффектов настоящего описания конкретные варианты осуществления настоящего описания будут описаны со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Как показано на фиг. 1, настоящее изобретение обеспечивает способ генерирования микропузырьков, включающий:

этап S1: пропускание газа через микропористый материал, газа, образующего микропузырьки на границе раздела между микропористым материалом и жидкостью.

Конкретно, этап S1 включает в себя:

этап S101: слой микропористого материала 2 обеспечивается по периметру газоприемной камеры 1 в направлении вдоль окружности газоприемной камеры 1, и газоприемная камера 1 расположена ниже поверхности жидкости;

этап S102: один конец газопровода 3 расположен над поверхностью жидкости и соединен с источником газа, другой конец газопровода 3 соединен с газоприемной камерой 1, и газ заполняют в газоприемную камеру 1 по газопроводу 3 с образованием определенного давления газа в газоприемной камере 1;

этап S103: газ в газоприемной камере 1 проходит через слой микропористого материала 2 под действием давления газа в газоприемной камере 1 и образует микропузырьки на внешней поверхности слоя микропористого материала 2.

этап S2: воздействие на микропузырьки, адсорбированные на микропористом материале относительным движением микропористого материала и жидкости, так, что микропузырьки могут быть отделены от микропористого материала и попасть в жидкость до того, как микропузырьки вырастут до диаметра 100 мкм.

Конкретно, слой микропористого материала 2 приводят во вращение в его собственном направлении вдоль окружности, и/или жидкость, расположенную снаружи слоя микропористого материала 2, приводят в движение в направлении вдоль окружности слоя микропористого материала 2, таким образом срезаются микропузырьки за счет относительного движения между слоем микропористого материала 2 и жидкостью, так что микропузырьки освобождаются от силы адсорбции слоя микропористого материала 2 и/или поверхностного натяжения между пузырьками и слоем микропористого материала 2 и попадают в жидкость, посредством чего генерируют большое количество микропузырьков.

Дополнительно, на этапе S2 усилие сдвига жидкости на микропузырьки больше, чем сила адсорбции капиллярного эффекта микропористого материала на микропузырьках, и/или поверхностное натяжение между пузырьками и слоем микропористого материала 2, чтобы воздействовать на пузырьки, заставляя их отделяться от микропористого материала и проникать в жидкость в форме микропузырьков.

Кроме того, период времени, между моментом, когда образуются микропузырьки, и моментом, когда микропузырьки отделяются от микропористого материала путем срезания, меньше, чем период времени, требуемый для увеличения микропузырьков в размерах и объединения с соседними микропузырьками, и быстрого роста с образованием больших пузырьков (ограниченных диаметром 100 мкм). При

отсутствии внешних сил (т.е. усилий сдвига жидкости на микропузырьки) пузырьки, генерированные на поверхности микропористого материала с наименьшим диаметром пор, будут постепенно увеличиваться в размерах и объединяться с соседними пузырьками с образованием более крупных пузырьков за счет силы капиллярной адсорбции микропористого материала и/или поверхностного натяжения между пузырьками и слоем микропористого материала 2. Пузырьки не покидают поверхность микропористого материала и не попадают в жидкость в форме крупных пузырьков (диаметром более чем 200 мкм) до тех пор, пока плавучесть пузырьков не преодолет силу капиллярной адсорбции и/или поверхностное натяжение между пузырьками и слоем микропористого материала 2. Следовательно, необходимо быстро срезать микропузырьки после того, как они образуются на границе раздела между микропористым материалом и жидкостью, гарантируя, что пузырьки попадут в жидкость до того, как их диаметр увеличится до 100 мкм.

В другом альтернативном варианте осуществления настоящего описания на этапе S2 жидкость находится в статическом состоянии, а микропористый материал находится в движущемся состоянии и заставляет газ, поступающий в микропористый материал, двигаться синхронно с ним, с тем чтобы воздействовать на микропузырьки (или срезать), образованные на границе раздела между микропористым материалом и жидкостью, движением микропористого материала. Хотя микро-нанопузырьки также могут быть срезаны движением жидкости, как описано выше, в приводимом в качестве примера варианте осуществления настоящего изобретения, применяют движение микропористого материала, тогда как жидкость находится в статическом состоянии, что значительно снижает потребление энергии по сравнению с движением жидкости с внешней стороны микропористого материала. Никакой дополнительной энергии не потребляется после того, как микропористый материал набрал необходимую скорость движения, а газ, который постоянно поступает в микропористый материал, потребляет очень мало энергии для подъема. Если микропузырьки, генерируемые на неподвижном микропористом материале, срезаются движением жидкости, то потребление энергии, необходимое для разгона жидкости до той же самой скорости (т. е. до той же самой скорости вращения, что и у микропористого материала), намного превышает потребление энергии, необходимое микропористому материалу для разгона газа до той же самой скорости (разница между ними составляет почти шесть порядков).

В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения на этапе S2 микропористый материал находится в статическом состоянии, а жидкость находится в движущемся состоянии с тем, чтобы воздействовать (или отрезать) на микропузырьки, образующиеся на границе раздела между микропористыми материалами и жидкостью, движением жидкости.

Кроме того, конечно, микропористый материал не ограничивается материалом с микропорами, и он также может быть катодом или анодом, который генерирует микропузырьки на своей поверхности во время электролиза.

Как показано на фиг. 2-7, настоящее изобретение обеспечивает устройство для генерирования микропузырьков, включающее газоприемную камеру 1 и газопровод 3. Газопровод 3 используют для подачи газа в газоприемную камеру 1 для создания определенного давления газа в газоприемной камере 1. Слой микропористого материала 2, через который газ может проходить в газоприемную камеру 1, обеспечивают по периметру газоприемной камеры 1 в направлении вдоль окружности газоприемной камеры 1. Газоприемная камера 1 установлена ниже поверхности жидкости. Один конец газопровода 3 расположен над поверхностью жидкости и соединен с источником газа, а другой конец газопровода 3 продолжается в газоприемную камеру 1, таким образом, газ в газоприемной камере 1 проходит через поры слоя микропористого материала 2 под давлением газа и образует микропузырьки на внешней поверхности слоя микропористого материала 2. Слой микропористого материала 2 приводится во вращение в направлении вдоль окружности и/или жидкость, находящаяся снаружи слоя микропористого материала 2, приводят в движение в направлении вдоль окружности слоя микропористого материала 2, так что микропузырьки на внешней поверхности слоя микропористого материала 2 срезаются относительным движением жидкости и слоя микропористого материала 2 и затем входят в жидкость. Конечно, слой микропористого материала 2 не ограничен вращением в направлении вдоль окружности, и жидкость не ограничена течением в направлении вдоль окружности слоя микропористого материала 2, и могут быть приняты различные формы движения (например, покачивание влево-вправо, и т.д.), при условии, что движение позволяет жидкости быстро срезать микропузырьки на внешней поверхности слоя микропористого материала 2.

Хотя микро-нанопузырьки могут быть генерированы движением жидкости снаружи микропористого материала, движение микропористого материала с жидкостью, находящейся в статическом состоянии, потребляет меньше энергии. Никакой дополнительной энергии не потребляется после того, как микропористый материал набрал необходимую скорость движения, а газ, который постоянно поступает в микропористый материал, потребляет очень мало энергии для подъема вверх. Если микропузырьки, образующиеся на неподвижном микропористом материале, срезаются движением жидкости, то потребление энергии, необходимое для того, чтобы жидкость разогналась до той же самой скорости, намного превышает потребление энергии, необходимое микропористому материалу для разгона газа до той же скорости.

Кроме того, как показано на фиг. 2, 4 и 6, газопровод 3 обеспечивают газовым насосом 5, первичным фильтром 6 и вторичным фильтром 7, последовательно расположенными в направлении потока газа.

Газовый насос 5, первичный фильтр 6 и вторичный фильтр 7 расположены над поверхностью жидкости. Диаметр пор фильтрующего элемента вторичного фильтра 7 является меньше диаметра пор фильтрующего элемента первичного фильтра 6 и диаметра пор слоя микропористого материала 2. Пыль, содержащаяся в газе, удаляется первичным фильтром 6 и вторичным фильтром 7. Первичный фильтр 6 используют для фильтрации пыли с большим размером частиц в газе, а вторичный фильтр 7 используют для фильтрации пыли с малым размером частиц в газе, с тем, чтобы гарантировать, что слой микропористого материала 2 не будет засорен пылью при длительном рабочем состоянии, тем самым продлевая срок службы устройства. Кроме того, фильтрующие элементы первичного фильтра 6 и вторичного фильтра 7 являются расходными материалами, которые периодически могут быть легко заменены. Газ в газоприемной камере 1 может проходить через слой микропористого материала 2 под действием центробежной силы, создаваемой вращением газоприемной камеры 1, и создает отрицательное давление в газоприемной камере 1, так, что газ из источника газа поступает в газоприемную камеру 1 для пополнения. Однако чем меньше поры в слое микропористого материала 2, тем больше его газовое сопротивление, и в случае, когда центробежная сила, создаваемая вращением газа, является недостаточной для прохождения через слой микропористого материала 2, может быть использован газовый насос 5 для закачки газа в газоприемную камеру 1, чтобы увеличить давление газа в газосодержащей камере 1, тем самым увеличивая силу проникновения газа в газоприемную камеру 1 и обеспечивая плавное прохождение газа через слой микропористого материала 2. Альтернативно, центробежная сила также может быть увеличена увеличением скорости вращения газоприемной камеры 1 для облегчения прохождения газа через слой микропористого материала 2, но этот способ требует большего энергопотребления, чем газовый насос 5.

Кроме того, как показано на фиг. 2, 4 и 6, обеспечивают расходомер 8 на участке газопровода 3 перед газовым насосом 5, манометр 10 обеспечивают на участке газопровода 3 после вторичного фильтра 7, и расходомер 8 обеспечивают регулировочной ручкой 9, позволяющей регулировать расход газа. Расход газа может быть проконтролирован в режиме реального времени расходомером 8, а регулировочная ручка 9 на расходомере 8 может быть отрегулирована в соответствии с фактической ситуацией, чтобы контролировать расход газа в единицу времени, тем самым регулируя размер частиц микропузырьков. Расходомер 8 может быть, но без ограничения перечисленным, стеклянным ротаметром.

Кроме того, толщину слоя микропористого материала 2 постепенно увеличивают снизу вверх, чтобы сбалансировать неравномерность выхода газа, вызываемую разницей давлений между верхним и нижним слоями воды в газоприемной камере 1, чтобы гарантировать постоянство размеров частиц пузырьков. Толщина каждого положения слоя микропористого материала 2 может быть отрегулирована в соответствии со свойством газостойкости фактически используемого микропористого материала. При фактическом применении, исходя из того, что толщина слоя микропористого материала 2 гарантирует, что он обладает достаточной прочностью для поддержания перемещения газоприемной камеры 1, чем меньше толщина слоя микропористого материала 2, тем меньше сопротивление газу, и тем лучше газопроницаемость слоя микропористого материала 2. Спецификация размера газоприемной камеры 1 не ограничивается настоящим описанием. Чем больше объем газоприемной камеры 1, тем больше площадь поверхности слоя микропористого материала 2 и тем больше объем вентиляции, но, соответственно, тем больше сопротивление трению, получаемое в процессе вращения.

Кроме того, диаметр пор слоя микропористого материала 2 составляет менее чем 5 мкм.

В альтернативном варианте осуществления настоящего описания, как показано на фиг. 2 и 3, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя двигатель с внешним ротором 13 для приведения газоприемной камеры 1 во вращение в направлении вдоль окружности. Двигатель с внешним ротором 13 расположен в газоприемной камере 1. Ротор двигателя с внешним ротором 13 и внутренняя стенка нижней части слоя микропористого материала 2 герметизированы и прочно соединены герметиком. Слой микропористого материала 2 может быть приведен во вращение ротором двигателя с внешним ротором 13. В настоящем варианте осуществления двигатель с внешним ротором 13 и слой микропористого материала 2 объединяют с образованием режущей головки 4, способной вращаться в жидкости. В варианте осуществления следует понимать, что движение микропористого материала приводит в движение газ, поступающий в микропористый материал, для вращения и срезания жидкости для генерирования микропузырьков, что потребляет значительно меньше энергии по сравнению с существующим способом ротационной резки, который заставляет жидкость вращаться с высокой скоростью. Теоретически, потребление энергии на приведение газа в движение и жидкости в движение для достижения одинаковой скорости движения отличается более чем на два порядка. Двигатель с внешним ротором 13 представляет собой бесщеточный двигатель с внешним ротором для работы под водой.

Кроме того, как показано на фиг. 2 и 3, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя первое неподвижное основание 12. Слой микропористого материала 2 представляет собой цилиндрическую конструкцию, которая расположена вертикально и имеет закрытый верх и открытое дно. Сверху слоя 2 микропористого материала обеспечивают уплотнительный колпак 11, выполненный из микропористого материала и выполненный как одно целое со слоем микропористого материала 2, и уплотнительный колпак 11 представляет собой выступающую вверх полую полусферическую структуру. Нижняя часть двигателя с внешним ротором 13 герметично и неподвижно соединена с

верхней частью первого неподвижного основания 12. Первое неподвижное основание 12 поддерживает слой микропористого материала 2, для обеспечения стабильного рабочего состояния устройства.

Конкретно, как показано на фиг. 2 и 3, газопровод 3 включает в себя первый магистральный газопровод 301. Один конец первого магистрального газопровода 301 расположен выше поверхности жидкости. Другой конец первого магистрального газопровода 301 продолжается в газоприемную камеру 1 через первое неподвижное основание 12 и двигатель с внешним ротором 13 последовательно и герметизирован изнутри первым заглушечным блоком 14. Первый магистральный газопровод 301 проходит через центральное отверстие двигателя с внешним ротором 13 и герметично соединен герметиком с двигателем с внешним ротором 13. Четыре отвода первого газопровода 302 соединены с первым магистральным газопроводом 301, расположенным в газоприемной камере 1. Отводы первого газопровода 302 равномерно распределены в направлении вдоль окружности первого магистрального газопровода 301. Отвод первого газопровода 302 включает в себя горизонтальную секцию трубы и вертикальную секцию трубы. Один конец горизонтальной секции трубы соединен с первым магистральным газопроводом 301. Другой конец горизонтальной секции трубы продолжается в горизонтальном направлении до положения, близкого к слою микропористого материала 2, и соединен с верхним концом вертикальной секции трубы. Нижний конец вертикальной секции трубы продолжается вертикально вниз. Первый магистральный газопровод 301 и отводы первого газопровода 302 доставляют газ от источника газа в газоприемную камеру 1 и распределяют газ, по существу, равномерно по внутренней стенке слоя микропористого материала 2.

В другом альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения, как показано на фиг. 4 и 5, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя двигатель с внутренним ротором 15, для приведения газоприемной камеры 1 во вращение в направлении вдоль окружности. Газопровод 3 включает в себя второй магистральный газопровод 303 и первый полый вал 306. Первый полый вал 306 является выходным валом двигателя с внутренним ротором 15 и герметизирован изнутри вторым заглушечным блоком 307. Первый полый вал 306 проходит через газоприемную камеру 1 и соединен с одним концом второго магистрального газопровода 303, а другой конец второго магистрального газопровода 303 расположен над поверхностью жидкости. Четыре отвода второго газопровода 304 соединены со вторым магистральным газопроводом 303, расположенным в газоприемной камере 1, и отводы второго газопровода 304 равномерно распределены в направлении вдоль окружности второго магистрального газопровода 303. Отвод второго газопровода 304 включает в себя горизонтальную секцию трубы и вертикальную секцию трубы. Один конец горизонтальной секции трубы соединен со вторым магистральным газопроводом 303. Другой конец горизонтальной секции трубы продолжается в горизонтальном направлении до положения, близкого к слою микропористого материала 2, и соединен с верхним концом вертикальной секции трубы. Нижний конец вертикальной секции трубы продолжается вертикально вниз. Второй магистральный газопровод 303 и отводы второго магистрального газопровода 304 доставляют газ от источника газа в газоприемную камеру 1 и распределяют газ, по существу, равномерно по внутренней стенке слоя микропористого материала 2. Первый полый вал 306 представляет собой выходной вал двигателя с внутренним ротором 15 и также используется для подачи газа. Двигатель с внутренним ротором 15 представляет собой бесщеточный двигатель с внутренним ротором для работы под водой.

Дополнительно, как показано на фиг. 4 и 5, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя первую верхнюю крышку 16 и первую нижнюю крышку 17. Слой микропористого материала 2 представляет собой цилиндрическую конструкцию, которая расположена вертикально и имеет два открытых конца. Первая верхняя крышка 16 герметично расположена на верхнем отверстии слоя микропористого материала 2, а первая нижняя крышка 17 герметично расположена на нижнем отверстии слоя микропористого материала 2. Первый полый вал 306 проходит через первую нижнюю крышку 17, газоприемную камеру 1 и первую верхнюю крышку 16 последовательно снизу вверх. Первый полый вал 306 герметично и неподвижно соединен с первой нижней крышкой 17 и первой верхней крышкой 16 посредством фланцевых муфт 18 соответственно. Первая верхняя крышка 16 и слой микропористого материала 2, а также первая нижняя крышка 17 и слой микропористого материала 2 могут быть герметизированы и зафиксированы способом соединения, таким как герметик. В данном варианте осуществления двигатель с внутренним ротором 15, слой микропористого материала 2, первую верхнюю крышку 16 и первую нижнюю крышку 17 объединяют с образованием режущей головки 4, способной вращаться в жидкости.

Дополнительно, как показано на фиг. 4 и 5, прямую трубу 308 соединяют между первым полым валом 306 и вторым магистральным газопроводом 303, и прямую трубу 308 и второй магистральный газопровод 303 соединяют быстроразъемным соединением газовой трубы 305, так что первый полый вал находится в бесконтактном соединении со вторым магистральным газопроводом.

Кроме того, как показано на фиг. 4 и 5, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя фиксирующую пластину седла подшипника 20 и второе неподвижное основание 19. Фиксирующая пластина седла подшипника 20 расположена над вторым неподвижным основанием 19 и соединена со вторым неподвижным основанием 19 посредством множества соединительных стоек 21. Как газоприемная камера 1, так и двигатель с внутренним ротором 15 расположены между фиксирующей

пластиной седла подшипника 20 и вторым неподвижным основанием 19. Двигатель с внутренним ротором 15 расположен под газоприемной камерой 1 и двигатель с внутренним ротором 15 прикреплен ко второму неподвижному основанию 19. Первый полый вал 306 проходит через фиксирующую пластину седла подшипника 20 и выступает наружу. Подшипник 24 и первое уплотнительное кольцо втулки 23 на первом полове вала 306 расположены над фиксирующей пластиной посадочного места подшипника 20 сверху вниз. Как подшипник 24, так и первое уплотнительное кольцо 23 расположены внутри гнезда подшипника 22. Нижняя часть прямой трубы 308 соединена с верхней частью подшипника 24 герметиком. Благодаря вышеописанной конструкции может быть улучшена стабильность всего устройства, посредством чего предотвращают вибрацию двигателя с внутренним ротором 15 под действием внешней силы во время работы.

В другом альтернативном варианте осуществления настоящего описания, как показано на фиг. 6 и 7, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя резервуар для формирования микропузырьков 30 и бесщеточный двигатель 28. Бесщеточный двигатель 28 используется для приведения жидкости с наружной стороны слоя микропористого материала 2 во вращение и течения в направлении вдоль окружности газоприемной камеры 1. Резервуар для формирования микропузырьков 30 представляет собой цилиндрическую конструкцию, которая расположена вертикально и имеет открытый верх и закрытое дно. Бесщеточный двигатель 28 расположен под газоприемной камерой 1. Выходной вал бесщеточного двигателя 28 расположен вертикально вверх, и на выходном валу бесщеточного двигателя 28 обеспечивают рабочее колесо 31. На внешней стенке рабочего колеса 31 обеспечивают множество спиральных лопастей, которые прикладывают к жидкости силу тяги, направленную вверх. Рабочее колесо 31 находится близко ко дну газоприемной камеры 1, как газоприемная камера 1, так и рабочее колесо 31 расположены в резервуаре для формирования микропузырьков 30. Канал для подачи режущей воды 34 образован между слоем микропористого материала 2 и внутренней стенкой резервуара для формирования микропузырьков 30. Первый кольцевой жидкостный впускной канал 3001 обеспечивают в нижней части резервуара для формирования микропузырьков 30 в направлении вдоль окружности резервуара для формирования микропузырьков 30. Множество первых выпускных отверстий для жидкости 3002 обеспечивают в верхней части резервуара для формирования микропузырьков 30. Резервуар для циркуляции жидкости 33 обеспечивают в нижней части резервуара для формирования 30, и резервуар для циркуляции жидкости 33 представляет собой кольцевую конструкцию, расположенную в горизонтальном направлении. Резервуар для циркуляции жидкости 33 обеспечен множеством вторых впускных отверстий для жидкости 3301 и вторых выпускных отверстий для жидкости 3302. Второе выпускное отверстие для жидкости 3302 представляет собой кольцевое отверстие, проходящее в окружном направлении резервуара для циркуляции жидкости 33. Второе выпускное отверстие для жидкости 3302 сообщается с первым впускным отверстием для жидкости 3001, и первое впускное отверстие для жидкости 3001 также сообщается с внешней жидкостью. Каждое из первых выпускных отверстий для жидкости 3002 сообщается с соответствующим вторым впускным отверстием для жидкости 3301 соответственно через трубу для циркуляции жидкости 25. Каждое из вторых впускных отверстий для жидкости 3302 продолжается в тангенциальном направлении внутренней стенки резервуара для циркуляции жидкости 33, с возможностью образования закрученного потока воды в том же направлении, что и направление вращения рабочего колеса 31 в резервуаре для циркуляции жидкости 33. В рабочем процессе рабочее колесо 31 вращается и создает отрицательное давление в резервуаре для генерирования микропузырьков 30, отрицательное давление всасывает жидкость в резервуар для генерирования микропузырьков 30 через кольцевое первое впускное отверстие для жидкости 3001, и жидкость течет вверх в резервуар для генерирования микропузырьков 30, и в то же время вращаясь и протекая в направлении вдоль окружности с наружной стороны слоя микропористого материала 2, чтобы срезать микропузырьки на внешней поверхности слоя микропористого материала 2. После этого часть жидкости вытекает непосредственно через верхнее отверстие резервуара для генерирования микропузырьков 30; а другая часть жидкости поступает в соответствующие резервуары для циркуляции жидкости 33 по трубам для циркуляции жидкости 25 на резервуаре для генерирования микропузырьков 30, и затем возвращается обратно в резервуар для генерирования микропузырьков 30 для циркуляции через вторые выпускные отверстия для жидкости 3302 на резервуарах для циркуляции жидкости 33, и первое впускное отверстие для жидкости 3001 резервуара для генерирования микропузырьков 30 сообщается со вторыми выпускными отверстиями для жидкости 3302. Поскольку рециркулируемый обратный поток воды обладает определенной кинетической энергией, это может снизить потребление энергии рабочим колесом 31. Бесщеточный двигатель 28 представляет собой бесщеточный двигатель с внутренним ротором для подводных работ.

Дополнительно рабочее колесо 31 представляет собой цилиндрическую полую полость с герметичным верхом и герметичным низом. Выходной вал бесщеточного двигателя 28 проходит через центр рабочего колеса 31. Рабочее колесо 31 прикреплено к выходному валу бесщеточного двигателя 28 посредством муфты, а спиральную лопасть обеспечивают на наружной стенке рабочего колеса 31. В рабочем процессе тягу рабочего колеса 31, которая заставляет жидкость течь вверх, регулируют так, чтобы она была меньше тяги рабочего колеса 31, которая заставляет жидкость вращаться в направлении вдоль окружности, поэтому необходимо регулировать угол наклона спиральной лопасти, таким образом, чтобы

он был как можно меньшим, с тем чтобы заставить поток воды совершать как можно больше оборотов во время его прохождения через слой микропористого материала 2, тем самым полностью используя жидкость, которая потребляет энергию для движения. Кроме того, указанная выше цель также может быть достигнута увеличением высоты газоприемной камеры 1, которая может быть отрегулирована в соответствии с реальной ситуацией в рабочем процессе.

Дополнительно, как показано на фиг. 6, труба для циркуляции жидкости 25 обеспечивается клапаном регулирования потока 32, с помощью которого скорость потока жидкости, проходящей через трубу для циркуляции жидкости 25, может быть отрегулирована.

Дополнительно, площадь поперечного сечения канала для подачи режущей воды 34 является немного меньше, чем площадь поперечного сечения первого впускного отверстия для жидкости 3001, чтобы гарантировать, что поток воды за пределами газоприемной камеры 1 может находиться в тесном контакте с внешней поверхностью слоя микропористого материала 2 для срезания микропузырьков. Площадь поперечного сечения канала для подачи режущей воды 34 должна быть немного меньше, чем площадь поперечного сечения первого впускного отверстия для жидкости 3001, в противном случае выход газа будет затруднен, и давление газа на выходе газового насоса 5 должно быть увеличено. Поток воды на стороне, удаленной от внешней поверхности слоя микропористого материала 2, является, по существу, неэффективным потоком воды, который не способен срезать микропузырьки на внешней поверхности слоя микропористого материала 2. Следовательно, чем меньше площадь поперечного сечения канала для подачи режущей воды 34, тем лучше эффект, и поток воды, протекающий через канал для подачи режущей воды 34, может быть приведен в тесный контакт с внешней поверхностью слоя микропористого материала 2, тем самым повышая эффективность срезания микропузырьков на слое микропористого материала 2.

Конкретно, как показано на фиг. 6 и 7, газопровод 3 включает в себя третий магистральный газопровод 309. Один конец третьего магистрального газопровода 309 расположен над поверхностью жидкости. Другой конец третьего магистрального газопровода 309 продолжается в газоприемную камеру 1 и герметизирован изнутри третьим заглушечным блоком 311. Четыре отвода третьего магистрального газопровода 310 соединены с третьим магистральным газопроводом 309, расположенным в газоприемной камере 1, и отводы третьего магистрального газопровода 310 равномерно распределены в направлении вдоль окружности третьего магистрального газопровода 309. Отвод третьего магистрального газопровода 310 включает в себя горизонтальную секцию трубы и вертикальную секцию трубы. Один конец горизонтальной секции трубы соединен с третьим магистральным газопроводом 309. Другой конец горизонтальной секции трубы продолжается в горизонтальном направлении до положения, близкого к слою микропористого материала 2, и соединен с верхним концом вертикальной секции трубы. Нижний конец вертикальной секции трубы продолжается вертикально вниз. Третий магистральный газопровод 309 и отвод третьего магистрального газопровода 310 доставляют газ из источника газа в газоприемную камеру 1 и распределяют газ, по существу, равномерно по внутренней стенке слоя микропористого материала 2.

Дополнительно, как показано на фиг. 6 и 7, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя вторую верхнюю крышку 26 и вторую нижнюю крышку 27. Слой микропористого материала 2 представляет собой цилиндрическую конструкцию, которая расположена вертикально и имеет два открытых конца. Вторая верхняя крышка 26 герметично расположена на верхнем отверстии слоя микропористого материала 2, а вторая нижняя крышка 27 герметично расположена на нижнем отверстии слоя микропористого материала 2. Отвод третьего магистрального газопровода 310 проходит через вторую верхнюю крышку 26 сверху вниз и продолжается в газоприемную камеру 1. Вторая верхняя крышка 26 и слой микропористого материала 2, а также вторая нижняя крышка 27 и слой микропористого материала 2 могут быть герметизированы и зафиксированы способом соединения, таким как герметик. В варианте осуществления слой микропористого материала 2, вторая верхняя крышка 26 и вторая нижняя крышка 27 объединены с образованием режущей головки 4, расположенной в жидкости и позволяющей жидкости вращаться и течь в направлении вдоль ее окружности.

Кроме того, как показано на фиг. 6, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя третье неподвижное основание 29, которое расположено под резервуаром для генерирования микропузырьков 30. Бесщеточный двигатель 28 закреплен на верхней части третьего неподвижного основания 29. Стабильность бесщеточного двигателя 28 улучшают третьим неподвижным основанием 29, тем самым предотвращая тряску бесщеточного двигателя 28 под действием внешней силы во время работы.

В альтернативном варианте осуществления настоящего описания, как показано на фиг. 8, газоприемная камера 1 представляет собой цилиндрическую конструкцию, образованную окружением слоем микропористого материала 2, и герметично закрытую с обоих концов. Осевое направление газоприемной камеры 1 расположено в горизонтальном направлении. Второй полый вал 36 расположен на внутренней центральной оси газоприемной камеры 1 в ее осевом направлении. Второй полый вал 36 обеспечивается множеством отверстий для впуска газа 3601, сообщающихся с газоприемной камерой 1. Каждый второй полый вал 36 выступает наружу из газоприемной камеры 1 и соединен с первым приводным двигателем 35 и газопроводом 3 соответственно. Поскольку газоприемная камера 1 расположена в горизонтальном

направлении, длина газоприемной камеры 1 не ограничена глубиной воды, и длина газоприемной камеры 1 может быть произвольно отрегулирована даже в условиях мелководья. Конечно, если длина газоприемной камеры 1 слишком велика, это может привести к плохой устойчивости конструкции, но эта проблема не рассматривается в настоящей заявке.

Если газоприемная камера 1 расположена в вертикальном направлении, то разность давлений воды между верхним и нижним концами газоприемной камеры 1 является большой, что приводит к несоответствию количества выходящего газа и диаметра пузырьков на верхнем и нижнем концах. В варианте осуществления эту проблему решают размещением газоприемной камеры 1 в горизонтальном направлении. При размещении газоприемной камеры 1 в горизонтальном направлении разность давлений между верхней частью и нижней частью газоприемной камеры 1 зависит от диаметра газоприемной камеры 1.

Кроме того, как показано на фиг. 8, диаметр газоприемной камеры 1 является намного меньше, чем осевая длина газоприемной камеры 1. Диаметр газоприемной камеры 1 составляет около 10 см, а осевая длина газоприемной камеры 1 является больше, чем 1 м.

В этом варианте осуществления, как показано на фиг. 8, кольцевая первая перегородка 37 расположена на внешней стенке газоприемной камеры 1 на каждом конце газоприемной камеры 1 в направлении вдоль окружности газоприемной камеры 1. Наружный диаметр первой перегородки 37 является больше, чем диаметр газоприемной камеры 1. При вращении газоприемной камеры 1 близлежащая масса воды приводится во вращение и выбрасывается наружу, и в положении, близком к слою микропористого материала 2 образуется область отрицательного давления. Образование области отрицательного давления приводит к тому, что масса воды, расположенная на левой и правой сторонах газоприемной камеры 1, дополняет область отрицательного давления и сжимает микро-нанопузырьки, которые только что отделились от слоя микропористого материала 2, заставляя некоторые из срезанных микро-нанопузырьков объединяться с образованием более крупных пузырьков. В частности, отрицательное давление в положении, близком к внешней стенке слоя микропористого материала 2, является самым большим, и разрезанные микро-нанопузырьки сжимаются и объединяются с образованием более крупных пузырьков. Потоки воды с левой и правой сторон будут сталкиваться в среднем положении снаружи слоя микропористого материала 2 и более легко объединяться в крупные пузырьки. Обеспечивая две первых перегородки 37, поток воды может только сжимать генерированные микро-нанопузырьки в области снаружи двух первых перегородок 37, где концентрация микро-нанопузырьков является очень низкой из-за того, что микро-нанопузырьки рассеялись в более крупной массе воды, так что доля пузырьков, которые спрессовываются и объединяются в крупные пузырьки, также значительно уменьшается, посредством чего значительно уменьшая влияние столкновения потока воды на микро-нанопузырьки. Чем больше диаметр первой перегородки 37, тем лучше первая перегородка 37 блокирует поток воды. Однако, поскольку масса воды между двумя первыми перегородками 37 приводится во вращение вместе с газоприемной камерой 1, увеличение диаметра первой перегородки 37 приведет к увеличению потребления энергии. Следовательно, желательно сбалансировать размер частиц генерированных пузырьков и потребление энергии.

Дополнительно, как показано на фиг. 8, вторая кольцевая перегородка 38 располагается на внешней стенке газоприемной камеры 1 в положении между двумя первыми перегородками 37 в направлении вдоль окружности газоприемной камеры 1. Диаметр второй перегородки 38 больше диаметра первой перегородки 37. Вторая перегородка 38 расположена в среднем положении наружной стенки газоприемной камеры 1. Поскольку диаметры двух первых перегородок 37 не могут быть увеличены в целях экономии электроэнергии, поток воды сжимается отрицательным давлением, образующимся снаружи двух первых перегородок 37, и сталкивается в среднем положении двух первых перегородок 37, что приводит к увеличению доли образования крупных пузырьков. Однако, обеспечивая вторую перегородку 38 между двумя первыми перегородками 37, столкновение потока воды может быть эффективно предотвращено, и вторая перегородка 38 только увеличит трение и между собой и водной массой и не приведет к существенному увеличению энергопотребления.

Конкретно, как показано на фиг. 8, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя четвертое неподвижное основание 39 и первую опору 40. Нижняя часть первой опоры 40 прикреплена к четвертому неподвижному 39 винтом и гайкой, которые подходят друг к другу. Первый приводной двигатель 35 закреплен на верхней части первой опоры 40. Вращающийся вал первого приводного двигателя 35 расположен в горизонтальном направлении и соединен с одним концом второго полого вала 36 через центрирующую муфту 41. Другой конец второго полого вала 36 расположен с возможностью вращения на первой опоре 40 посредством несущей конструкции. Кольцевые вторые уплотнительные кольца 42 установлены на втором полом вала 36 и расположены с двух сторон несущей конструкции соответственно. Внутренняя часть второго полого вала 36 сообщается с газопроводом 3 через гнездо подшипника и уплотнительную трубку 43 для обеспечения хорошего уплотняющего эффекта.

В альтернативном варианте осуществления настоящего описания, как показано на фиг. 9, устройство для генерирования микропузырьков включает в себя монтажную пластину 44, способную вибрировать в горизонтальном направлении. Слой микропористого материала 2 закрывает верхнюю часть монтажной пластины 44 с образованием газоприемной камеры 1 (или слой микропористого материала 2 может быть надет на внешнюю сторону монтажной пластины 44 с образованием газоприемной камеры 1). Газопри-

емная камера 1 обеспечивается впускным отверстием для газа, соединенным с газопроводом 3. Второй приводной двигатель 45 расположен под монтажной пластиной 44 и закреплен в центральном положении нижней части монтажной пластины 44. Вал двигателя второго приводного двигателя 45 расположен перпендикулярно поверхности монтажной пластины 44, которая расположена горизонтально. Сила вибрации, создаваемая вторым приводным двигателем 45, распределяется в вертикальной плоскости, перпендикулярно валу двигателя. Второй приводной двигатель 45 установлен перпендикулярно монтажной пластине 44 в направлении выходного вала. Центробежная сила, создаваемая эксцентриковым блоком на выходном валу второго приводного двигателя 45, приводит в движение всю монтажную пластину 44, для генерирования высокочастотного возвратно-поступательного движения в горизонтальном направлении при совместном действии пружины 46. Во время высокочастотного возвратно-поступательного движения монтажной пластины 44 газ проникает из слоя микропористого материала 2 и срезается с образованием микро-нанопузырьков. Поскольку, микро-нанопузырьки постепенно увеличиваются в размерах и объединяются с окружающими пузырьками за счет силы капиллярной адсорбции и/или поверхностного натяжения между пузырьками и слоем микропористого материала 2.

Следовательно микро-нанопузырьки должны быть срезаны, до того, как они станут крупными пузырьками в массе воды во время высокочастотного возвратно-поступательного движения монтажной пластины 44 в горизонтальном направлении, и затем микро-нанопузырьки с потенциальной энергией первоначального движения вверх поступают в массу воды в форме микро-нанопузырьков. Если монтажная пластина 44 не вибрирует в горизонтальном направлении в неподвижной массе воды, пузырьки, выходящие из слоя микропористого материала 2, являются редкими и быстро всплывают. Если монтажная пластина 44 подвергается вибрации в горизонтальном направлении, пузырьки становятся плотными и медленно всплывают, будучи разрезанными на микро-нанопузырьки. Следовательно, в этом варианте осуществления эффект лучше в проточной массе воды, где образовавшиеся микро-нанопузырьки смываются потоком воды и разбавляются, и рассеиваются, инерционная тенденция микро-нанопузырьков подниматься на поверхность воды нарушается из-за непрерывного образования микро-нанопузырьков, и микро-нанопузырьки, рассеянные в окружающем более крупной массе воды, рассеиваются в воде и медленно поднимаются.

В этом варианте осуществления, когда второй приводной двигатель 45 приводит в движение монтажную пластину 44, заставляя ее начать вибрировать, отчетливо видно, что пузырьки, генерированные на слое микропористого материала 2, начинают становиться меньше и плотнее. По мере увеличения частоты вибрации пузырьки становятся еще меньше и плотнее. При повышении частоты вибрации до определенного значения, пузырьки начинают становиться больше и разреженнее из-за столкновения и комбинирования, а по мере дальнейшего увеличения частоты пузырьки становятся больше и разреженнее. Следовательно, микро-нанопузырьки с различными размерами частиц могут быть получены регулированием частоты вибрации монтажной пластины 44. Размеры частиц исходных пузырьков, генерированных на различных микропористых материалах, являются различными, и размеры частиц исходных пузырьков, генерированных на микропористых материалах, одного и того же вида и одной и той же партии также немного отличаются. Желательно обеспечить, чтобы размеры частиц генерированных пузырьков находились в пределах желаемого подходящего диапазона, регулируя частоту вибрации второго приводного двигателя 45.

Дополнительно, второй приводной двигатель 45 может быть, но без ограничения перечисленным, вибрационным двигателем. В настоящем описании монтажная пластина 44 приводится в вибрацию в горизонтальном направлении центробежной силой, создаваемой высокоскоростным вращением эксцентрикового блока в вибродвигателе в сочетании с горизонтально расположенной пружиной 46, что отличается от традиционного способа использования вибрационного двигателя, поскольку традиционный способ использования заключается в вертикальном размещении пружины для создания вибрации вверх и вниз для достижения эффекта вибрации и просеивания продуктов. Это является инновационным применением вибрационного двигателя, требуемым в связи с настоящим изобретением.

Конкретно, как показано на фиг. 9, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя пятое неподвижное основание 47 и вторую опору 48. Нижняя часть второй опоры 40 прикреплена к пятому неподвижному основанию 39 винтом и гайкой, которые подходят друг к другу. Монтажная пластина 44 представляет собой плоскую пластинчатую конструкцию квадратной или круглой формы, расположенную в горизонтальном направлении. Стальной лист приварен к промежуточному положению каждого края монтажной пластины 44, соответственно, и стальной лист проходит вниз от монтажной пластины 44 в вертикальном направлении. Каждый край монтажной пластины 44 обеспечен пружиной 46, и пружина 46 соединена с монтажной пластиной 44 винтом и гайкой, которые подходят друг к другу. Другой конец пружины 46 соединен со второй опорой 48. Пружина 46 расположена горизонтально под поверхностью жидкости. Конечно, монтажная пластина 44 также может иметь многоугольную форму.

В альтернативном варианте осуществления настоящего описания, как показано на фиг. 10, устройство для генерирования микропузырьков включает в себя полую колонну 51, расположенную в вертикальном направлении. Полая колонна 51 имеет герметичные верх и низ, которые соединены с газопрово-

дом 3. Газопровод 3 продолжается во внутреннюю часть полой колонны 51. Третий приводной двигатель 49, способный приводить полую колонну 51 во вращение, расположен в нижней части полой колонны 51. Множество газоприемных камер 1, сообщающихся с внутренней частью полой колонны 51, соединены с полой колонной 51, и каждую газоприемную камеру 1 обеспечивают слоем микропористого материала 2. Слой микропористого материала 2 может представлять собой плоскую пластинчатую структуру, расположенную в горизонтальном направлении, и слой микропористого материала 2 покрывает сверху газоприемную камеру 1. Альтернативно, слой микропористого материала 2 может иметь цилиндрическую форму, чтобы располагаться по периферии газоприемной камеры 1. В ходе применения третий приводной двигатель 49 приводит во вращение полую колонну 51, при этом каждая газоприемная камера 1 и каждый слой микропористого материала 2 вращаются синхронно вместе с полой колонной 51. Газ в каждой газоприемной камере 1 выходит из слоя микропористого материала 2 и срезается водной массой, и газ поступает в водную массу, движимый своей первоначальной направленной вверх силой, с образованием микро-нанопузырьков.

Кроме того, как показано на фиг. 10 и 11, множество газоприемных камер 1 расположены вертикально с интервалами, образуя многослойную конфигурацию. Газоприемные камеры 1 в каждом слое расположены на расстоянии друг от друга и равномерно распределены в направлении вдоль окружности полой колонны 51.

Кроме того, поперечное сечение газоприемной камеры 1 (т.е. поперечное сечение слоя микропористого материала 2) может быть, но без ограничения перечисленным, прямоугольным, распределенным с интервалами. Если газоприемная камера 1 имеет форму полного кольца, которое обеспечено в виде кольца снаружи полой колонны 51 в направлении вдоль окружности полой колонны 51, газоприемная камера 1 имеет следующие недостатки: в процессе вращения полностью кольцевой газоприемной камеры 1 микро-нанопузырьки, генерированные во внутреннем кольце слоя микропористого материала 2, легко выбрасываются (т.е. микро-нанопузырьки, генерированные во внутреннем кольце слоя микропористого материала 2, приводятся в движение к внешнему кольцу слоя микропористого материала 2) центробежной силой, сталкиваются и объединяются с микро-нанопузырьками, генерированными во внешнем кольце слоя микропористого материала 2, и если этот процесс продолжится, то будет образовываться большая доля крупных пузырьков. Следовательно, в альтернативном варианте осуществления настоящего описания, два соседних слоя микропористого материала 2 одного и того же слоя могут быть расположены на расстоянии друг от друга, чтобы сократить продолжительность процесса столкновения и комбинирования, так что микро-нанопузырьки широко распространяются в водной массе, прежде чем они образуют крупные пузырьки диаметром более 100 мкм, тем самым значительно снижая вероятность столкновения.

В частности, как показано на фиг. 10 и 11, устройство для генерирования микропузырьков дополнительно включает в себя шестое неподвижное основание 50, которое представляет собой дискообразную конструкцию, расположенную в горизонтальном направлении. Третий приводной двигатель 49 представляет собой двигатель с внутренним ротором и неподвижно расположен в верхней части шестого неподвижного основания 50. Нижний конец полой колонны 51 соединен с внутренним ротором третьего приводного двигателя 49. Газопровод 3 проходит через шестое неподвижное основание 50 и центральное отверстие внутреннего ротора третьего приводного двигателя 49 поочередно снизу вверх и продолжается во внутреннюю часть полой колонны 51. Высота газопровода 3, выступающего в полую колонну 51, меньше высоты каждой газоприемной камеры 1, так что газ, подаваемый в полую колонну 51 по газопроводу, может плавно поступать в каждую газоприемную камеру 1, а сам по себе газ обладает восходящей кинетической энергией.

Размер частиц микропузырьков, генерированных в соответствии с настоящим изобретением, может быть отрегулирован в соответствии с фактическими потребностями. В настоящем описании существует четыре фактора, которые определяют размер частиц микропузырьков. Первым фактором является диаметр пор и газопроницаемость слоя микропористого материала 2. Слои микропористого материала 2 с различными параметрами материала имеют различные диаметры пор и различную газопроницаемость. Размер пор и газопроницаемость слоев микропористого материала 2 с одинаковыми параметрами материала также могут изменяться в зависимости от фактических условий применения. Вторым фактором является скорость вращения, при которой срезаются микропузырьки. Чем выше скорость вращения, тем меньше размер частиц срезаемых микропузырьков, однако, на размер также влияет и газопроницаемость материала. Если слой микропористого материала 2 имеет большой диаметр пор, тонкую стенку и хорошую газопроницаемость, то при увеличении скорости вращения центробежная сила вращения газа также увеличивается, и увеличивается количество выделяемого газа, что, в свою очередь, приводит к увеличению размера частиц микропузырьков. Третьим фактором является давление газа в газоприемной камере 1, которое может быть отрегулировано газовым насосом 5. Чем больше давление газа, тем больше выход газа и тем больше размер частиц микропузырьков, и наоборот. Четвертым фактором является регулировочная ручка 9 на расходомере 8, с помощью которой регулируют выход газа путем изменения газового сопротивления системы, тем самым регулируя размер частиц микропузырьков.

Потребление энергии настоящего раскрытия описывают ниже вместе с конкретными данными.

Первый вариант устройства: мощность двигателя (двигатель с наружным ротором 13 или двигатель

с внутренним ротором 15) составляет 600 Вт; диаметр пор слоя микропористого материала 2 составляет 1 мкм, внешний диаметр слоя микропористого материала 2 составляет 80 мм, а вертикальная высота слоя микропористого материала 2 составляет 66 мм, 134 мм и 200 мм соответственно; точность фильтрации первичного фильтра 6 (т.е. диаметр пор фильтрующего элемента) составляет 10 мкм; точность фильтрации вторичного фильтра 7 составляет 0,1 мкм; газовый насос 5 представляет собой миниатюрный газовый насос, номинальная мощность газового насоса 5 составляет 12 Вт, номинальный расход газа газового насоса 5 составляет 15 л, и расход электроэнергии на литр составляет $15/12=0,8$ Вт. При фактическом применении, когда скорость вращения бесщеточного двигателя 28 составляет 770 оборотов в минуту, интенсивность давления в газоприемной камере 1 составляет 0,5 атмосферы, а микропузырьки, диспергированные в воде, хорошо видны.

Высота газоприёмной камеры (мм)	Напряжение двигателя (В)	Ток двигателя (А)	Мощность двигателя (Вт)	Скорость потока газа (л/мин)	Потребление энергии на литр (Вт)	Потребление энергии на литр газового насоса (Вт)	Общее потребление энергии на литр расхода (Вт)
66	30	0,25	7,5	1,2	6,25	0,8	7,05
134	30	0,33	10	2,4	4,17	0,8	4,97
200	30	0,40	12	3,7	3,24	0,8	4,04

Экстраполяции могут быть сделаны на основе данных, приведенных в таблице.

После коммерциализации внешний диаметр слоя микропористого материала 2 увеличивают до 240 мм, а его высоту увеличивают до 1000 мм, и в этом случае рассчитывают потребление энергии на литр. При высоте слоя микропористого материала 2 в 200 мм, потребление энергии составляет 12 Вт, а при высоте 66 мм, потребление энергии составляет 7,5 Вт, так что потребление энергии увеличивается на 4,5 Вт, при увеличении площади поверхности слоя микропористого материала 2 вдвое. Может быть рассчитано, что основное потребление энергии составляет 5,25 Вт, и потребление энергии, обусловленное сопротивлением трению при вращении слоя микропористого материала 2 высотой 66 мм составляет 2,25 Вт. Когда наружный диаметр слоя микропористого материала 2 увеличивают до 240 мм, а его высоту увеличивают до 1000 мм, то есть при увеличении площади поверхности слоя микропористого материала 2 в 45 раз, потребление энергии на сопротивление трению составляет $2,25 \times 45 = 101,3$ Вт, что, плюс основное энергопотребление 5,25 Вт, дает общее энергопотребление 106,5 Вт. Если предположить, что расход газа увеличится на то же кратное значение до $1,2 \times 45 = 54$, то потребление энергии на литр газа составит $106,5/54 = 1,97$, что, плюс энергопотребление бензонасоса 0,8 Вт, дает общее потребление энергии, необходимое для подачи расхода газа на литр, равное 2,77 Вт.

Второй вариант устройства: мощность двигателя (бесщеточный двигатель 28) составляет 1500 Вт; диаметр пор слоя микропористого материала 2 составляет 1 мкм, внешний диаметр слоя микропористого материала 2 составляет 80 мм, и выбирается высота слоя микропористого материала 2 в вертикальном направлении равная 200 мм; рабочее колесо 31 имеет высоту 30 мм и диаметр 70 мм, и количество винтовых лопастей равно четырем, ширина винтовой лопасти равна 5 мм, и наклон винтовой лопасти (т.е. угол раскрытия в горизонтальное направление винтовой лопасти) составляет 10° , ширина первого впускного отверстия 3001 для подачи жидкости составляет 2 мм, а ширина канала для подачи режущей воды 34 составляет 1,5 мм. При скорости вращения двигателя 1000 оборотов в минуту, напряжение двигателя составляет 30 В, ток двигателя составляет 10 А, давление газа в газоприемной камере 1 составляет 0,5 атм., и скорость потока газа составляет 3,9 л/мин, энергопотребление, требуемое двигателю для подачи каждого литра газа, составляет $30 \times 10/3,9 = 76,9$ Вт, энергопотребление, требуемое газовому насосу 5 для подачи каждого литра газа 5, составляет 0,8 Вт, и общее энергопотребление, требуемое для подачи каждого литра потока газа, составляет 77,7 Вт.

При способе ротационной резки предшествующего уровня техники потребление энергии на ввод каждого литра газового потока составляет 275 Вт (текущие опубликованные данные производителя). При применении первого устройства (т.е. слой микропористого материала 2 приводят во вращение) общее энергопотребление устройства снижается в 68,07 раза ($275/4,04 = 68,07$), а после коммерциализации общее энергопотребление устройства, по расчетам, должно сократиться в 99,28 раз ($275/2,77 = 99,28$). При выборе второго устройства (т.е. жидкость снаружи слоя микропористого материала 2 подается в направлении вдоль окружности слоя микропористого материала 2), общее энергопотребление устройства снижается в 3,54 раза ($275/77,7 = 3,54$).

Описанное выше является лишь примерными вариантами осуществления настоящего описания и не предназначено для ограничения объема настоящего описания. Любые эквивалентные изменения и модификации, внесенные специалистами в данной области техники без отступления от концепций и принципов настоящего описания, должны подпадать под объем правовой охраны настоящего изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для генерирования микропузырьков, содержащее газоприемную камеру, расположенную ниже поверхности жидкости, и газопровод для подачи газа в газоприемную камеру, отличающееся тем, что слой микропористого материала, который позволяет проходить газу в газоприемную камеру, расположен по периферии газоприемной камеры;

один конец газопровода находится выше поверхности жидкости и соединен с источником газа, а другой конец газопровода продолжается в газоприемную камеру, так что газ в газоприемной камере проходит через слой микропористого материала под давлением газа и образует микропузырьки на внешней поверхности слоя микропористого материала;

при этом устройство для генерирования микропузырьков также содержит монтажную пластину, способную вибрировать в горизонтальном направлении, слой микропористого материала охватывает верхнюю часть монтажной пластины, с образованием газоприемной камеры, и газоприемная камера обеспечивается впускным отверстием для газа, соединенным с газопроводом; и

вибрационный двигатель расположен под монтажной пластиной и закреплен в центральном положении нижней части монтажной пластины, а вал двигателя вибрационного двигателя расположен перпендикулярно поверхности монтажной пластины, которая расположена горизонтально.

2. Устройство для генерирования микропузырьков по п.1, дополнительно содержащее пятое неподвижное основание и вторую опору, причем нижняя часть второй опоры закреплена на пятом неподвижном основании; и

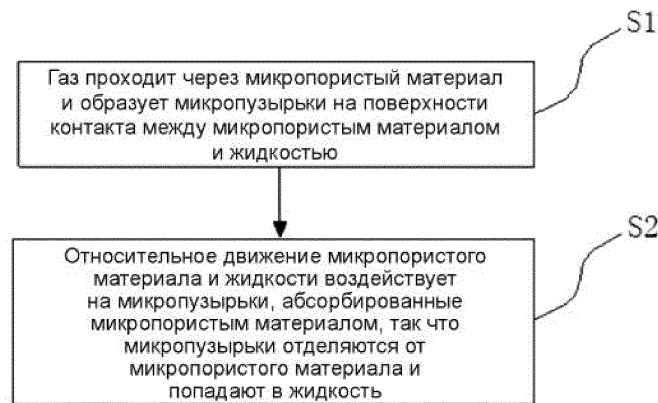
монтажная пластина представляет собой плоскую пластинчатую конструкцию, расположенную в горизонтальном направлении, среднее положение каждого края монтажной пластины соответственно соединено со второй опорой посредством пружины, и пружина находится в горизонтальном состоянии ниже поверхности жидкости.

3. Устройство для генерирования микропузырьков по п.1, в котором монтажная пластина имеет квадратную или круглую форму.

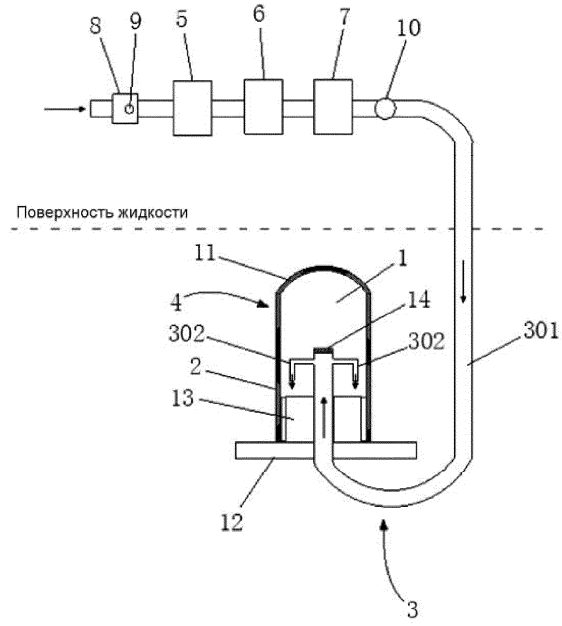
4. Устройство для генерирования микропузырьков по п.1, в котором газопровод снабжен газовым насосом, первичным фильтром и вторичным фильтром последовательно в направлении потока газа; и

диаметр пор фильтрующего элемента вторичного фильтра меньше, чем диаметр пор фильтрующего элемента первичного фильтра и диаметр пор слоя микропористого материала.

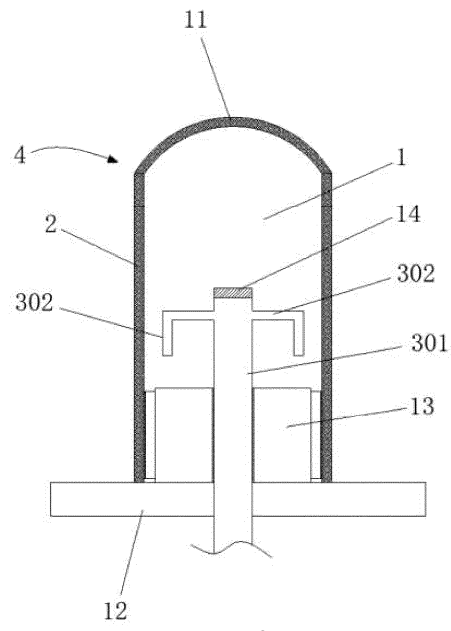
5. Устройство для генерирования микропузырьков по п.1, в котором газопровод снабжен расходомером и манометром давления, и расходомер снабжен регулировочной ручкой, способной регулировать расход газа.



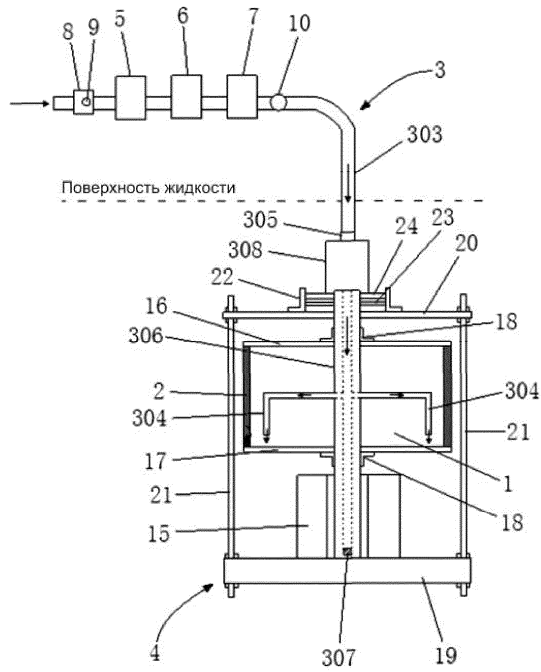
Фиг. 1



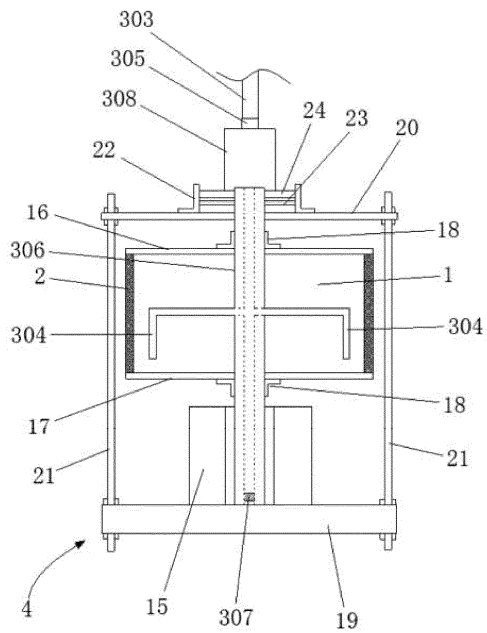
Фиг. 2



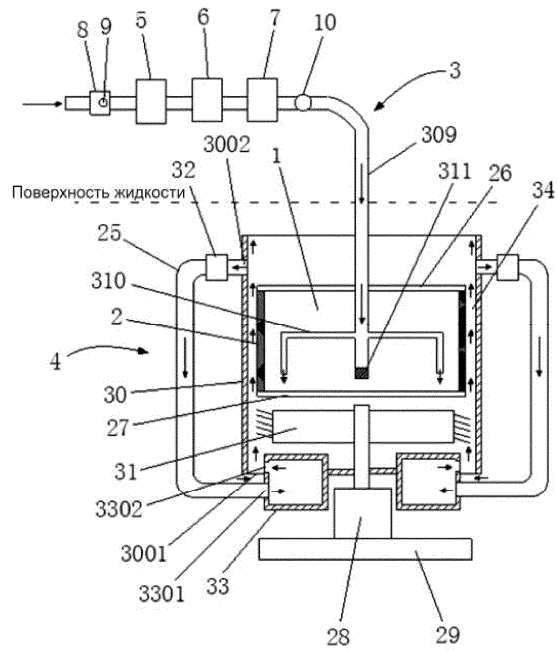
Фиг. 3



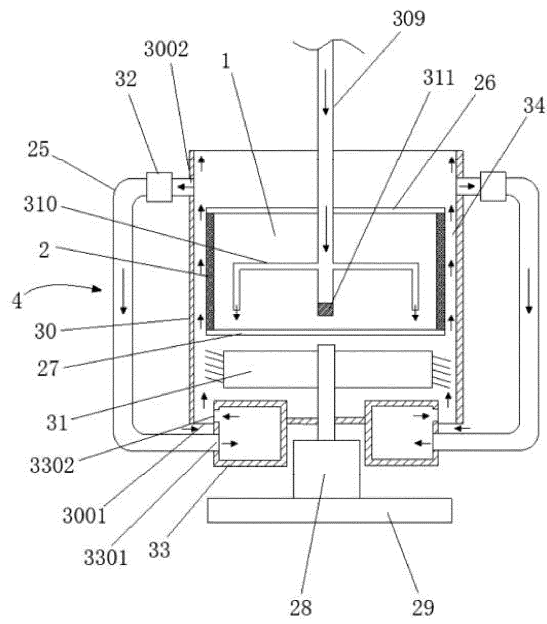
Фиг. 4



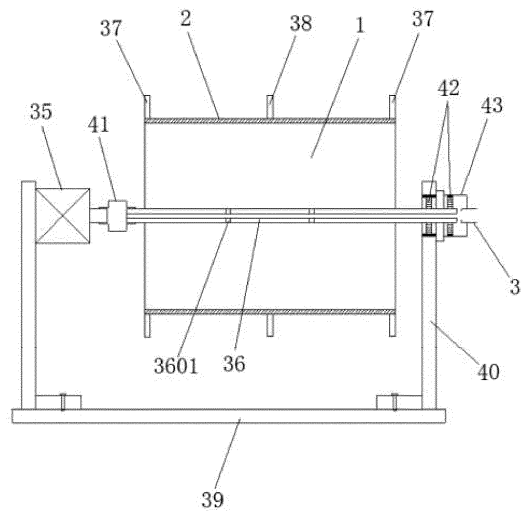
Фиг. 5



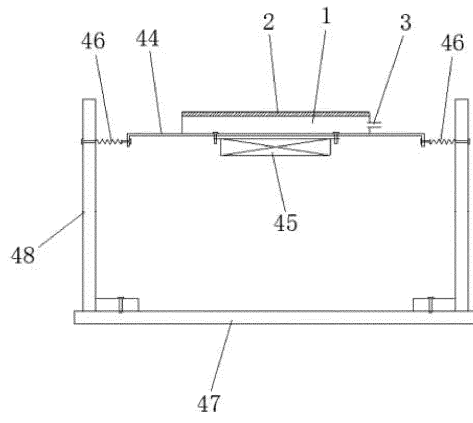
Фиг. 6



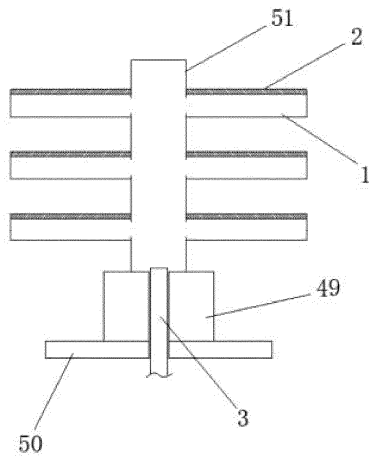
Фиг. 7



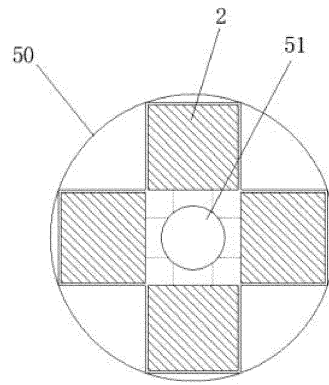
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11