



(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.10.21

(22) Дата подачи заявки
2018.01.17

(51) Int. Cl. *B03D 1/24* (2006.01)
B03D 1/22 (2006.01)
B01J 19/18 (2006.01)
B01J 8/22 (2006.01)
B01F 3/04 (2006.01)
C02F 1/24 (2006.01)

(54) РЕАКТОР ДЛЯ МАССОПЕРЕНОСА МЕЖДУ ГАЗОМ И ЖИДКОСТЬЮ

(86) PCT/FI2018/050032

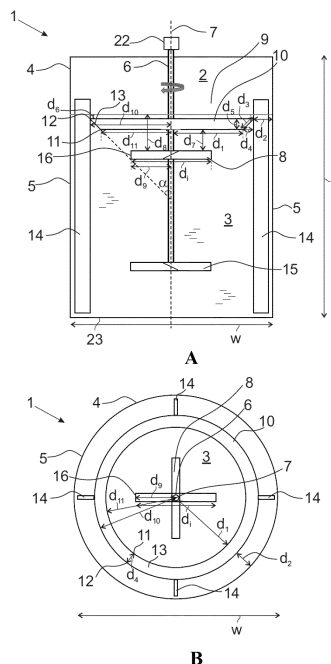
(87) WO 2019/141891 2019.07.25

(71) Заявитель:
ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)

(72) Изобретатель:
Латва-Кокко Марко (FI)

(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Описан реактор (1) для массопереноса между газом (2) и жидкостью или суспензией (3), причем реактор содержит резервуар (4) для получения жидкости или суспензии, имеющий стенку (5), приводной вал (6), проходящий вертикально в резервуаре и выполненный с возможностью вращения вокруг вертикальной оси (7), нагнетающую вверх крыльчатку (8) для создания потока жидкости или суспензии, получаемой резервуаром, в общем вверх и на поверхности (9) жидкости или суспензии, и аэратор (10), расположенный выше нагнетающей вверх крыльчатки и проходящий между приводным валом и стенкой резервуара на первом расстоянии (d_1) от приводного вала и на втором расстоянии (d_2) от стенки резервуара, при этом аэратор окружает приводной вал по меньшей мере частично. Аэратор имеет нижний край (11) и верхний край (12) и проходящую между нижним краем и верхним краем наклоненную наружу или искривленную внутреннюю поверхность (13) для направления по меньшей мере части потока поверх внутренней поверхности наружу от вертикальной оси и поверх верхнего края.



Реактор для массопереноса между газом и жидкостью

Область техники

Настоящее изобретение относится к реактору, установке и способу для массопереноса между газом и жидкостью.

Уровень техники

В таких применениях, как гидрометаллургия, например, гидрометаллургическое выщелачивание, или очистка сточной воды, массоперенос газа в жидкость и его скорость могут быть важными для разработки применения.

Краткое описание изобретения

Описан реактор для массопереноса между газом и жидкостью или суспензией. Реактор может содержать резервуар для получения жидкости или суспензии, имеющий стенку. Реактор может дополнительно содержать приводной вал, проходящий вертикально в резервуаре, и выполненный с возможностью вращения вокруг вертикальной оси. Реактор может дополнительно содержать нагнетающую вверх крыльчатку для создания потока получаемой резервуаром жидкости или суспензии в общем вверх и на поверхности жидкости или суспензии, причем нагнетающая вверх крыльчатка способна вращаться с помощью приводного вала и расположена в верхней части резервуара.

Реактор может дополнительно содержать аэратор, который может быть расположен выше нагнетающей вверх крыльчатки. Аэратор может проходить между приводным валом и стенкой резервуара на первом расстоянии от приводного вала и на втором расстоянии от стенки резервуара, причем аэратор по меньшей мере частично окружает вертикальную ось. Аэратор может иметь нижний край и верхний край. Аэратор может дополнительно иметь, проходящую между нижним краем и верхним краем, наклоненную наружу или искривленную внутреннюю поверхность для направления по меньшей мере части потока поверх внутренней поверхности наружу от вертикальной оси и поверх верхнего края.

Краткое описание чертежей

На приложенных чертежах, которые включены для обеспечения дополнительного понимания воплощений и составляют часть этого технического описания, иллюстрируют различные воплощения. На чертежах:

на фиг. 1А и 1В показаны альтернативные виды и подробности реактора и способа массопереноса между газом и жидкостью,

на фиг. 2А и 2В показаны альтернативные виды и подробности реактора и способа массопереноса между газом и жидкостью,

на фиг. 3А и 3В показаны альтернативные виды и подробности реактора и способа массопереноса между газом и жидкостью,

на фиг. 4А и 4В показаны альтернативные виды и подробности реактора и способа массопереноса между газом и жидкостью,

на фиг. 5А и 5В показаны альтернативные виды и подробности реактора и способа массопереноса между газом и жидкостью,

на фиг. 6А и 6В показаны альтернативные виды и подробности реактора и способа массопереноса между газом и жидкостью,

на фиг. 7А и 7В показаны альтернативные виды и подробности реактора и способа массопереноса между газом и жидкостью,

на фиг. 8А, 8В и 8С показаны альтернативные виды и подробности реактора и способа массопереноса между газом и жидкостью,

на фиг. 9 показана гидрометаллургическая установка и

на фиг. 10 показаны экспериментальные измерения характеристики различных конфигураций реактора.

На фиг. 1А-9 реакторы, установка и способ показаны в виде схематических чертежей. Чертежи могут быть не в масштабе.

Подробное описание изобретения

Описан реактор для массопереноса между газом и жидкостью или суспензией. Реактор может содержать резервуар для получения жидкости или суспензии, имеющий стенку. Реактор может дополнительно содержать приводной вал, проходящий вертикально в резервуаре, и выполненный с возможностью вращения вокруг вертикальной оси. Реактор может дополнительно содержать нагнетающую вверх крыльчатку для создания потока получаемой резервуаром жидкости или суспензии в общем вверх и на поверхности жидкости или суспензии, причем нагнетающая вверх крыльчатка выполнена с возможностью вращения с помощью приводного вала и расположена в верхней части резервуара.

Реактор может дополнительно содержать аэратор, который может быть расположен выше нагнетающей вверх крыльчатки. Аэратор может проходить между приводным валом

и стенкой резервуара на первом расстоянии от приводного вала и на втором расстоянии от стенки резервуара, причем аэратор по меньшей мере частично окружает вертикальную ось. Аэратор может иметь нижний край и верхний край. Аэратор может дополнительно иметь, проходящую между нижним краем и верхним краем, наклоненную наружу или искривленную внутреннюю поверхность для направления по меньшей мере части потока вверх внутренней поверхности наружу от вертикальной оси и вверх верхнего края.

Реактор и присутствие аэратора могут значительно улучшить массоперенос между газом и жидкостью (то есть газа в жидкость), так как это может повысить массоперенос через поверхность жидкости или суспензии. Аэратор может направлять по меньшей мере часть потока вверх внутренней поверхности наружу от вертикальной оси и вверх верхнего края, так что по меньшей мере часть потока может перемещаться на большее расстояние в контакте с газом выше поверхности жидкости или суспензии и массоперенос газа в жидкость может повыситься по сравнению с реактором без аэратора. Даже без какой-либо дополнительной подачи газа, например, посредством барботера, можно достичь более высоких объемных коэффициентов массопереноса с аналогичной мощностью перемешивания по сравнению с другими конфигурациями реактора.

Суспензия может быть смесью жидкости и нерастворимых частиц, например, частиц руды и/или минералов. Более того, жидкость можно понимать как относящуюся к жидкости, которая может содержать также нерастворимые частицы или другие твердые компоненты, смешанные с ней и/или суспендированные в ней. Например, жидкость может быть сточной водой или содержать сточную воду или другую водную жидкость. Газ может быть, например, воздухом и/или кислородом, но можно использовать другой газ, подходящий или требуемый для массопереноса между газом и жидкостью.

В одном из воплощений аэратор неподвижен относительно резервуара.

В одном из воплощений внутренняя поверхность наклонена наружу под углом от примерно 20° до примерно 80° по отношению к вертикальной оси.

В одном из воплощений внутренняя поверхность аэратора непрерывно окружает вертикальную ось, образуя посредством этого замкнутый периметр.

В одном из воплощений расстояние от нижнего края до верхнего края вдоль внутренней поверхности составляет от примерно 0,04 до 0,20 от ширины резервуара.

В одном из воплощений расстояние от нижнего края до верхнего края в радиальном направлении составляет от примерно 0,03 до 0,18 от ширины резервуара.

В одном из воплощений расстояние от нижнего края до верхнего края в вертикальном направлении составляет от примерно 0,03 до 0,18 от ширины резервуара.

В одном из воплощений верхний край аэратора имеет выступающие части, углубления и/или чередующиеся выступающие части и углубления.

В одном из воплощений реактор дополнительно содержит одну или более перегородок, расположенных между стенкой резервуара и нагнетающей вверх крыльчаткой, к которым прикреплен аэратор.

В одном из воплощений реактор дополнительно содержит вторую крыльчатку, расположенную ниже нагнетающей вверх крыльчатки.

В одном из воплощений отношение высоты резервуара к ширине резервуара находится в интервале от 1:2 до 2.5:1, например, от 0.7:1 до 2:1.

В одном из воплощений аэратор расположен выше нагнетающей вверх крыльчатки, так что в процессе эксплуатации аэратор погружают в жидкость или суспензию, полученную резервуаром, когда нагнетающую вверх крыльчатку приводят в действие так, чтобы она вращалась с помощью приводного вала.

В одном из воплощений аэратор расположен выше нагнетающей вверх крыльчатки, так что в процессе эксплуатации аэратор по меньшей мере частично погружают в жидкость или суспензию, полученную резервуаром, когда нагнетающую вверх крыльчатку отключают так, чтобы она не вращалась с помощью приводного вала.

В одном из воплощений в процессе эксплуатации верхний край аэратора расположен на расстоянии от примерно 0,015 до 0,075 от ширины резервуара в вертикальном направлении от поверхности жидкости или суспензии, когда нагнетающая вверх крыльчатка отключена так, чтобы она не вращалась с помощью приводного вала.

В одном из воплощений расстояние в вертикальном направлении между нагнетающей вверх крыльчаткой и нижним краем аэратора составляет от 0,1 до 0,8 от ширины нагнетающей вверх крыльчатки.

В одном из воплощений в процессе эксплуатации расстояние в вертикальном направлении между нагнетающей вверх крыльчаткой и поверхностью жидкости или суспензии составляет от 0,2 до 1,5 от ширины нагнетающей вверх крыльчатки.

В одном из воплощений нагнетающая вверх крыльчатка имеет наружный край, расположенный на расстоянии от вертикальной оси, и верхний край аэратора расположен на расстоянии от вертикальной оси, которое больше указанного расстояния для наружного края нагнетающей вверх крыльчатки.

В одном из воплощений нагнетающая вверх крыльчатка имеет наружный край, расположенный на расстоянии от вертикальной оси, и нижний край аэратора расположен

на расстоянии от вертикальной оси, которое больше указанного расстояния для наружного края нагнетающей вверх крыльчатки.

Реактор может быть реактором с мешалкой.

В одном из воплощений реактор является реактором с мешалкой для массопереноса между газом и жидкостью или суспензией в гидрометаллургическом применении, например, в применении для гидрометаллургического выщелачивания.

Также описана установка, содержащая реактор согласно одному или более воплощениям, описанным в этом техническом описании.

В одном из воплощений установка является гидрометаллургической установкой. Гидрометаллургическая установка может дополнительно содержать по меньшей мере одно из следующего:

дробящее и/или измельчающее устройство для измельчения сырьевого материала (19), такого как руда,

устройство для растворения сырьевого материала в водном растворе для получения суспензии, получаемой резервуаром, и/или

устройство разделения жидкости и твердого вещества для отделения остаточных твердых веществ от суспензии, получаемой резервуаром.

Также описан способ массопереноса между газом и жидкостью или суспензией. Способ может включать предоставление жидкости или суспензии в реактор согласно одному или более воплощениям, описанным в этом техническом описании, и в его резервуар, вращение нагнетающей вверх крыльчатки, создавая посредством этого поток жидкости или суспензии, получаемой резервуаром, в общем вверх и на поверхности жидкости или суспензии, так что аэратор погружается в жидкость или суспензию, получаемую резервуаром, где аэратор, расположенный выше нагнетающей вверх крыльчатки, направляет по меньшей мере часть потока вверх внутренней поверхности наружу от вертикальной оси и вверх верхнего края.

В рамках данного способа реактор может быть любым реактором, описанным в этом техническом описании.

В одном из воплощений способ является гидрометаллургическим способом, например, способом гидрометаллургического выщелачивания. Способ может дополнительно включать одно или более из следующего:

дробление и/или измельчение сырьевого материала, например, руды,

растворение сырьевого материала, например, руды, в водном растворе для получения суспензии, получаемой резервуаром, и/или

отделение остаточных твердых веществ от суспензии, получаемой резервуаром.

Далее подробно дана ссылка на различные воплощения, примеры которых показаны на приложенных чертежах.

В приведенном ниже описании описаны некоторые воплощения так подробно, что специалист в уровне техники может применять воплощения на основе данного описания. Не все стадии или признаки воплощений обсуждены подробно, так как многие из стадий или признаков очевидны специалисту из уровня техники на основе этого технического описания.

Для простоты номера позиций сохранены в последующих примерных воплощениях в случае повторяющихся компонентов.

На фиг. 1 показано примерное воплощение реактора 1 для массопереноса между газом 2 и жидкостью или суспензией 3. Реактор 1, который является реактором с мешалкой, показан схематически в виде частичного вида сбоку в разрезе. Реактор содержит резервуар 4 для получения жидкости или суспензии 3. Резервуар 4 имеет стенку 5 и днище 23. Когда реактор 1 находится в процессе эксплуатации, резервуар 4 получает жидкость или суспензию 3, так что поверхность 9 жидкости или суспензии 3 находится в контакте с находящимся выше газом 2. Жидкость или суспензию 3 можно получать так, что поверхность 9 находится на заданном уровне поверхности. В этом примерном воплощении резервуар 4 является цилиндрическим, то есть он имеет по существу круговое поперечное сечение. Однако, в других воплощениях резервуар 4 может иметь, например, прямоугольное поперечное сечение. Точные размеры резервуара 4 могут изменяться в зависимости, например, от заданного применения реактора 1. Например, ширина w резервуара 4 может составлять по меньшей мере 1 м, или по меньшей мере 1,5 м, но можно рассматривать резервуары с диаметром, например, 20 м или более. Ширину w резервуара 4 можно понимать как параметр, относящийся к наибольшему диаметру резервуара 4 в горизонтальном направлении. В воплощениях, в которых резервуар 4 является цилиндрическим, ширина w резервуара является диаметром резервуара. Высота h резервуара 4 может составлять по меньшей мере 0,7 м или по меньшей мере 1 м, но также можно рассматривать резервуары с высотой, например, 25 м или более. Отношение высоты h резервуара к ширине w резервуара также можно изменять. Например, отношение высоты h резервуара к ширине w резервуара может, например, находиться в интервале от 1:2 до 2,5:1. Например, данное отношение может находиться в интервале от 0,7:1 до 2:1. Также можно рассматривать другие реакторы и иные геометрии резервуара. Например, вместо цилиндрического резервуара 4, показанного на фиг. 1А и 1В, реактор 1

может быть автоклавным реактором. Такой автоклавный реактор может содержать горизонтальный резервуар.

Реактор 1 дополнительно содержит приводной вал 6, который проходит вертикально в резервуаре 4. Приводной вал 6 способен вращаться вокруг вертикальной оси 7. Реактор может дополнительно содержать двигатель 22 для вращения приводного вала 6. Двигатель 22 может быть соединен с приводным валом 6 посредством подходящего приводного устройства, например, механического привода или приводного ремня (не показано).

Реактор 1 дополнительно содержит нагнетающую вверх крыльчатку 8. Нагнетающая вверх крыльчатка 8 способна вращаться с помощью приводного вала 6 и может, когда реактор находится в процессе эксплуатации, приводиться в движение так, чтобы вращаться с помощью приводного вала 6 и, с другой стороны, отключаться так, чтобы не вращаться с помощью приводного вала 6. Нагнетающая вверх крыльчатка 8 расположена в верхней части резервуара 4. Нагнетающая вверх крыльчатка 8, когда находится в процессе эксплуатации (приведенная в движение и погруженная в жидкость или суспензию 3), может создавать поток жидкости или суспензии 3, получаемой резервуаром, в общем вверх и к поверхности 9 жидкости или суспензии 3. На поверхности 9 нагнетающая вверх крыльчатка 8 может создавать радиальный поток наружу, то есть радиально наружу от приводного вала 6 и по направлению к стенке 5 резервуара 4. Структуру потока описывают более подробно на фиг. 2А и 2В. На фиг. 1А показан реактор 1 в процессе эксплуатации, так что резервуар 4 получает жидкость или суспензию 3, но так, что нагнетающая вверх крыльчатка 8 отключена и поверхность 9 является ровной. Поверхность 9 таким образом находится на заданном уровне поверхности.

Нагнетающая вверх крыльчатка 8 может быть любой крыльчаткой, смесителем или мешалкой, при условии, что она в общем нагнетает вверх. Точная геометрия нагнетающей вверх крыльчатки особенно не ограничена, хотя в целях иллюстрации нагнетающая вверх крыльчатка 8 показана как имеющая четыре крыла, проходящие наружу от вертикальной оси 7. Однако, специалисту в уровне техники известные другие различные геометрии крыльчатки, которые можно использовать в реакторе 1.

Реактор 1 дополнительно содержит аэратор 10, расположенный выше нагнетающей вверх крыльчатки 8. В процессе эксплуатации аэратор 10 может погружаться в жидкость или суспензию 3, получаемую резервуаром 4. Аэратор 10 проходит между приводным валом и стенкой резервуара на первом расстоянии d_1 от приводного вала 6 и на втором расстоянии d_2 от стенки резервуара. Поэтому поток жидкости или суспензии 3 проходит в

процессе эксплуатации между аэратором 10 и приводным валом 6 и, с другой стороны, между аэратором 10 и стенкой 5 резервуара 4. Расстояния d_1 и/или d_2 можно считать за кратчайшее расстояние(я) между аэратором 10 и приводным валом 6 или стенкой 5, соответственно.

Аэратор 10 может окружать вертикальную ось 7 (и приводной вал 6) по меньшей мере частично. В этом примерном воплощении аэратор 10 окружает вертикальную ось 7 и приводной вал 6 непрерывно, хотя можно рассматривать другие воплощения, в которых аэратор 10 окружает вертикальную ось 7 только частично, например, с разрывами. Нижний край 11 аэратора 10 поэтому определяет проем, через который направляют по меньшей мере часть потока, созданного нагнетающей вверх крыльчаткой 8.

Аэратор 10 имеет нижний край 11 и верхний край 12 и проходящую между нижним краем 11 и верхним краем 12 наклоненную наружу или искривленную внутреннюю поверхность 13 для направления по меньшей мере части потока поверх внутренней поверхности 13 наружу от вертикальной оси и поверх верхнего края. Другими словами, внутренняя поверхность 13 и, таким образом, аэратор 10, выполнена для направления по меньшей мере части потока поверх внутренней поверхности 13 наружу от вертикальной оси и поверх верхнего края 12. Структуру потока и воздействие на нее аэратора 10 описывают более подробно на фиг. 2А и 2В. Внутренняя поверхность 13 может быть по меньшей мере частично наклонной и/или по меньшей мере частично искривленной.

В этом воплощении внутренняя поверхность 13 наклонена наружу, то есть радиально наружу от вертикальной оси 7. Угол α внутренней поверхности 13 по отношению к вертикальной оси 7 не особенно ограничен. Например, внутренняя поверхность 13 может быть наклонена наружу под углом α от примерно 10° до примерно 85° или от примерно 20° до примерно 80° по отношению к вертикальной оси 7. Угол α от примерно 35° до примерно 55° или от примерно 40° до примерно 50° может особенно хорошо подходить для направления потока. По меньшей мере часть внутренней поверхности 13 может быть наклонена наружу, например, под углом от примерно 20° до примерно 80° по отношению к вертикальной оси. В этом воплощении аэратор 10 или по меньшей мере внутренняя поверхность 13 имеет форму усеченного конуса. Аэратор 10 показан здесь как образованный относительно тонким материалом, например, тонким металлическим листом, но материал и геометрия других частей аэратора 10 особенно не ограничены.

Как показано на фиг. 1А, аэратор 10 можно по меньшей мере частично или полностью погрузить в жидкость или суспензию 3 или разместить по меньшей мере так, что верхний край 12 погружен в жидкость или суспензию 3. На Фиг. 1А показан реактор 1 в процессе эксплуатации, так что резервуар 4 получает жидкость или суспензию 3, но так что нагнетающая вверх крыльчатка отключена, и поверхность 9 является ровной. Аэратор 10 можно погрузить в жидкость или суспензию 3, когда нагнетающая вверх крыльчатка отключена, но как будет описано в рамках фиг. 2А и 2В, ее затем обычно также в общем погружают в жидкость или суспензию 3, когда нагнетающую вверх крыльчатку 8 приводят в движение. Однако, в других воплощениях аэратор 10 можно только частично погружать в процессе эксплуатации и когда нагнетающая вверх крыльчатка отключена.

Можно рассматривать различные размеры и геометрии реактора 1 и аэратора 10 в зависимости, например, от геометрии, размера и других параметров нагнетающей вверх крыльчатки 8, геометрии, размера и других параметров резервуара 4 и/или других факторов. Специалист способен выбрать подходящие размеры и геометрии, но некоторые примеры возможных размеров и геометрий описаны в этом контексте.

Расстояние между нижним краем 11 и верхним краем 12 вдоль внутренней поверхности 13, то есть d_3 , может составлять от примерно 0,04 до примерно 0,20 от ширины w резервуара 4, например, 0,08 от ширины w резервуара 4. Расстояние между нижним краем 11 и верхним краем 12 вдоль внутренней поверхности 13, то есть d_3 , можно считать кратчайшим расстоянием между нижним краем 11 и верхним краем 12 вдоль внутренней поверхности 13, как показано на фиг. 1А. Хотя кратчайшее расстояние d_3 в этом воплощении, в котором внутренняя поверхность 13 является наклонной, проходит вдоль прямой линии, в других воплощениях кратчайшее расстояние d_3 может, например, проходить вдоль искривленного или дугообразного пути, если внутренняя поверхность 13 является искривленной или дугообразной.

Расстояние между нижним краем 11 и верхним краем 12 в радиальном направлении, то есть d_4 , может составлять от примерно 0,03 до 0,18 от ширины w резервуара 4. Расстояние между нижним краем 11 и верхним краем 12 в радиальном направлении, то есть d_4 , можно считать кратчайшим расстоянием между нижним краем 11 и верхним краем 12, проецируемом в радиальном направлении, как показано на фиг. 1А и 1В.

Расстояние между нижним краем 11 и верхним краем 12 в вертикальном направлении, то есть d_5 , может составлять от примерно 0,03 до 0,18 от ширины w

резервуара. Расстояние между нижним краем 11 и верхним краем 12 в вертикальном направлении, то есть d_5 , можно считать кратчайшим расстоянием между нижним краем 11 и верхним краем 12, проецируемом в вертикальном направлении, как показано на фиг. 1А.

Аэратор 10 может быть неподвижным относительно резервуара 4. В частности, он может быть неспособным к вращению вокруг вертикальной оси 7. Другими словами, он может быть неспособным к вращению вокруг вертикальной оси 7 или другим образом передвижению относительно резервуара 4. Аэратор 10 можно поэтому считать пассивным, то есть он не требует источника энергии для работы. Однако, в некоторых воплощениях аэратор 10 может быть выполнен способным к вращению вокруг вертикальной оси 7, хотя в процессе эксплуатации вращение при относительно высокой скорости может в некоторых случаях отрицательно влиять на поток жидкости или суспензии.

Аэратор 10 можно присоединить к реактору 1 различными способами. Например, как показано в примерном воплощении фиг. 1А и 1В, реактор 1 может дополнительно содержать одну или более перегородок 14. Перегородки 14 можно расположить между стенкой 5 резервуара 4 и нагнетающей вверх крыльчаткой 8. Аэратор 10 можно присоединить к одной или более перегородкам 14. В этом воплощении реактор 1 содержит множество, например, две, три, четыре или более перегородок, расположенных в различных местах вокруг вертикальной оси 7. Перегородки 14 можно присоединить к резервуару 4, например, к стенкам 5 и/или днищу 23 резервуара 4. Аэратор 10 в этом воплощении расположен между перегородками 14 и приводным валом 6.

Реактор 1 может дополнительно содержать вторую крыльчатку 15, расположенную ниже нагнетающей вверх крыльчатки. Вторая крыльчатка 15 может быть вспомогательной крыльчаткой. В других воплощениях реактор 1 может содержать одну или более дополнительных крыльчаток, например, третью крыльчатку (не показана), расположенную ниже нагнетающей вверх крыльчатки. Вторая крыльчатка 15 возможно не является необходимой для эффективного массопереноса между газом 2 и жидкостью или суспензией 3, хотя она может способствовать ему в некоторых воплощениях. Однако, она может способствовать перемешиванию жидкости или суспензии 3. Направление нагнетания второй крыльчатки 15 особенно не ограничено. Вторая крыльчатка 15 может быть нагнетающей вниз крыльчаткой, как показано на фиг. 1А. Эта конфигурация может быть относительно эффективной при перемешивании жидкости или суспензии 3. Можно дополнительно или альтернативно рассматривать другие типы крыльчаток.

В процессе эксплуатации в этом примерном воплощении верхний край 12 аэратора 10 можно расположить ниже поверхности 9 на расстоянии d_6 , составляющем от примерно 0,015 до 0,075 от ширины w резервуара, в вертикальном направлении от поверхности 9 жидкости или суспензии 3, то есть заданного уровня поверхности, когда нагнетающая вверх крыльчатка отключена, так что она не приводится во вращение приводным валом. Расстояние d_6 можно считать кратчайшим расстоянием между верхним краем 12 и поверхностью 9 жидкости или суспензии 3. Расстояние в вертикальном направлении между нагнетающей вверх крыльчаткой 8 и нижним краем 11 аэратора d_7 может составлять от 0,1 до 0,8 от диаметра d_i нагнетающей вверх крыльчатки. Расстояние d_7 можно считать кратчайшим расстоянием в вертикальном направлении между нагнетающей вверх крыльчаткой 8 и нижним краем 11.

Нагнетающая вверх крыльчатка 8 расположена в верхней части резервуара 4. Под верхней частью резервуара 4 можно понимать верхнюю половину резервуара 4 в вертикальном направлении.

В процессе эксплуатации расстояние в вертикальном направлении между нагнетающей вверх крыльчаткой 8 и поверхностью 9 жидкости или суспензии, то есть d_8 , может составлять от 0,2 до 1,5, например, от 0,2 до 0,9, или от 0,4 до 0,6, или 0,5 от диаметра (d_i) нагнетающей вверх крыльчатки. Расстояние d_8 можно считать кратчайшим расстоянием между нагнетающей вверх крыльчаткой 8 и поверхностью 9, когда нагнетающая вверх крыльчатка 8 отключена. Расстояние d_8 может зависеть, например, от типа нагнетающей вверх крыльчатки.

Нагнетающая вверх крыльчатка 8 имеет наружный край 16, расположенный на расстоянии d_9 от вертикальной оси 7. Расстояние d_9 можно считать кратчайшим расстоянием между наружным краем 16 и вертикальной осью 7. Верхний край 12 аэратора 10 можно расположить на расстоянии от вертикальной оси 7, то есть на расстоянии d_{10} , которое больше указанного расстояния d_9 наружного края 16 нагнетающей вверх крыльчатки 8. Расстояние d_{10} можно считать кратчайшим расстоянием между верхним краем 12 и аэратором 10.

Нижний край 11 аэратора 10 можно расположить на расстоянии d_{11} от вертикальной оси 7, которое больше расстояния d_9 наружного края 16 нагнетающей вверх крыльчатки 8. Расстояние d_{11} можно считать кратчайшим расстоянием между нижним краем 11 и вертикальной осью 7.

Реактор 1 может быть реактором с мешалкой для массопереноса между газом и жидкостью или суспензией в гидрометаллургическом применении, например, в

гидрометаллургическом выщелачивании. Альтернативно или дополнительно реактор 1 может подходить для массопереноса между газом и жидкостью при очистке сточной воды. Также можно рассматривать другие возможные применения реактора.

На фиг. 1В показан реактор 1 фиг. 1А в виде вида сверху. В этом примерном воплощении внутренняя поверхность 13 аэратора 10 непрерывно окружает вертикальную ось 7 (и приводной вал 6), образуя посредством этого замкнутый круговой периметр.

На фиг. 2А схематически показаны структуры потоков, обозначенные стрелками, в реакторе 1, который не содержит аэратора 10, но во всем другом аналогичен реактору 1, показанному на фиг. 1А, 1В и 2В, который содержит аэратор 10. Далее, на фиг. 2А и 2В для ясности на чертежах не обозначены перегородки, но они, конечно, должны быть включены в реактор 1. Некоторые размеры реактора 1 не обозначены на чертежах для ясности. В реакторе 1 фиг. 2А без аэратора в процессе эксплуатации нагнетающая вверх крыльчатка 8 может создавать поток жидкости или суспензии 3, получаемой резервуаром 4, в общем вверх и на поверхности 9 жидкости или суспензии 3. На поверхности 9 жидкости или суспензии 3 поток может быть относительно сильным, так что поверхность 9 является более высокой и площадь поверхности 9 больше, чем она была бы, когда нагнетающая вверх крыльчатка 8 отключена (то есть выше заданного уровня поверхности). Этот поток на поверхности 9 может таким образом вызывать или повышать массоперенос между газом 2 и жидкостью или суспензией 3. Вблизи или на поверхности 9 нагнетающая вверх крыльчатка 8 может вызывать поворот по меньшей мере части потока радиально наружу, то есть радиально наружу от приводного вала 6 и по направлению к стенке 5 резервуара 4. Идущий далее радиально наружу поток может затем повернуться, так что по меньшей мере часть потока может повернуться сверху вниз. Нагнетающая вверх крыльчатка 8 может таким образом создавать поток, который перемещает по кругу жидкость или суспензию 3 к поверхности 9 и затем вниз от поверхности.

Вторая крыльчатка 15 не обязательно непосредственно создает или вносит значительный вклад в поток в общем вверх и на или вблизи поверхности 9, но она может перемешивать и перемещать по кругу жидкость или суспензию ниже нагнетающей вверх крыльчатки 8, как показано на фиг. 2А и 2В. Посредством этого она может улучшить массоперенос между газом и жидкостью по меньшей мере косвенно.

На фиг. 2В схематически показаны структуры потоков, обозначенные стрелками, в реакторе 1, который содержит аэратор 10. Реактор 1 аналогичен реактору, показанному на фиг. 1А и 1В, и для ясности некоторые подробности и размеры не обозначены на этом чертеже. В процессе эксплуатации нагнетающая вверх крыльчатка 8 может создавать

поток жидкости или суспензии 3, получаемой резервуаром 4, в общем вверх и на поверхности 9 или вблизи поверхности 9 жидкости или суспензии 3. На поверхности 9 жидкости или суспензии 3 поток может быть относительно сильным, так что поверхность 9 является более высокой и площадь поверхности 9 больше, чем она была бы, когда нагнетающая вверх крыльчатка 8 отключена. Этот поток на поверхности 9 или вблизи поверхности 9 может таким образом вызывать или повышать массоперенос между газом 2 и жидкостью или суспензией 3. Вблизи или на поверхности 9 нагнетающая вверх крыльчатка 8 может вызывать поворот по меньшей мере части потока радиально наружу, то есть радиально наружу от приводного вала 6 и по направлению к стенке 5 резервуара 4.

Нагнетающая вверх крыльчатка 8 может таким образом создавать поток, который перемещает по кругу жидкость или суспензию 3 к поверхности 9. Однако, по сравнению с реактором фиг. 2А, аэратор 10 направляет по меньшей мере часть потока вверх нижнего края 11, вверх внутренней поверхности 13 наружу от вертикальной оси 7 и вверх верхнего края 12. Идущий далее радиально наружу поток может затем повернуться, так что по меньшей мере часть потока может повернуться сверху вниз, так что по меньшей мере часть потока можно направить вниз между аэратором 10 и стенкой 5 резервуара 4. Аэратор 10 таким образом можно выполнить с возможностью направления по меньшей мере части потока, идущего далее радиально наружу на поверхности 9, так чтобы вызывать течение по меньшей мере части потока на большее расстояние в радиальном направлении на поверхности 9, чем было бы в отсутствии аэратора 9. Это может повысить контакт жидкости или суспензии 3 с газом 2 на поверхности, то есть площадь контакта и/или время контакта и посредством этого значительно улучшить массоперенос между газом и жидкостью.

Воплощение реактора 1, показанное на фиг. 3А и 3В, отличается от показанного на фиг. 1А, 1В и 2В по меньшей мере тем, что в этом воплощении аэратор 10 является не круговым, но многоугольным, конкретно восьмиугольным в виде сверху. В альтернативных воплощениях аэратор 10 может быть, например, треугольным, прямоугольным, пятиугольным, шестиугольным, семиугольным, девятиугольным или десятиугольным. В этом примерном воплощении внутренняя поверхность 13 аэратора 10 непрерывно окружает вертикальную ось 7 (и приводной вал 6), образуя посредством этого замкнутый периметр.

Воплощение реактора 1, показанное на фиг. 3А и 3В, отличается от показанного на фиг. 1А, 1В и 2В также тем, что верхний край 12 аэратора 10 расположена выше поверхности 9 жидкости или суспензии 3. Аэратор 10 таким образом частично погружен в

жидкость или суспензию 3, когда реактор 1 находится в процессе эксплуатации, но нагнетающая вверх крыльчатка 8 отключена. Когда нагнетающую вверх крыльчатку 8 приводят в движение, она может вызывать поток жидкости или суспензии 3 для полного погружения аэратора 10.

Реактор 1 может дополнительно содержать газобарботажное устройство 24. Газобарботажное устройство 24, то есть барботер, можно выполнить для рассеивания подаваемого из входа для газа 25 газа (показанного стрелками). Газобарботажное устройство 24 можно расположить ниже нагнетающей вверх крыльчатки 8 и, возможно, ниже второй крыльчатки 15 для рассеивания подаваемого газа в пузырьки. Газобарботажное устройство 24 можно дополнительно включить в любое из воплощений реактора, описанных на фиг. 1А-8С.

Другие аспекты воплощения, показанного на фиг. 3А и 3В, в общем аналогичны аспектам воплощения, показанного на фиг. 1А-2В.

Воплощение реактора 1, описанное на фиг. 4А и 4В, отличается от воплощения, описанного на фиг. 1А-3В, по меньшей мере тем, что оно содержит меньший аэратор 10, расположенный дальше от стенки 5 резервуара 4. Другими словами, аэратор 10 расположен на втором расстоянии d_2 от стенки резервуара, причем в этом воплощении второе расстояние d_2 больше чем, например, в воплощении, описанном на фиг. 1А и 1В. Расстояния d_1 , d_{10} и d_{11} также меньше чем, например, в воплощении, описанном на фиг. 1А и 1В. Специалист может выбрать подходящие размеры для реактора 1 на основе его размера, конфигурации и других различных факторов.

Это воплощение дополнительно отличается от тех, которые описаны на фиг. 1А-3В, тем, что аэратор 10 содержит два сегмента 25, 25'. Эти сегменты 25, 25' расположены на противоположных сторонах резервуара 4. В других воплощениях аэратор 10 может содержать по меньшей мере один сегмент 25, 25', причем каждый сегмент имеет нижний край 11, 11', верхний край 12, 12' и внутреннюю поверхность 13, 13'. Аэратор 10 таким образом окружает вертикальную ось 7 и приводной вал 6 частично, а не полностью. Например, аэратор 10 может окружать по меньшей мере 50%, или по меньшей мере 60%, или по меньшей мере 70%, или по меньшей мере 80%, или по меньшей мере 90%, или по меньшей мере 95% от окружности приводного вала 6.

Это воплощение отличается от тех, которые описаны на фиг. 1А-3В, также тем, что аэратор 10 присоединен к стенке 5 резервуара 4, а не к перегородкам 14. Аэратор 10 можно присоединить посредством подходящих средств или оснастки 29 для присоединения. Дополнительно или альтернативно, аэратор 10 можно присоединить к

одной или более перегородок 14, к днищу 23 резервуара 4 и/или к любой другой части реактора 1 или расположению в реакторе 1, например, к крышке реактора 1 или к другим структурам выше реактора 1.

Другие аспекты воплощения, показанного на фиг. 4А и 4В, в общем аналогичны аспектам воплощений, показанных на фиг. 1А-3В.

Фиг. 5А и 5В описывают воплощение, которое отличается от тех, которые описаны на фиг. 1А-4В, по меньшей мере тем, что верхний край 12 аэратора 10 имеет выступы 26 и/или углубления 27. В этом воплощении верхний край 12 имеет чередующиеся выступы 26 и углубления 27. Такой верхний край 12 может способствовать рассеиванию потока, который направляют поверх верхнего края 12 по существу вниз в радиальном направлении. В этом примерном воплощении верхний край 12 аэратора 10 является зубчатым, то есть пилообразным. Однако, можно дополнительно или альтернативно рассматривать различные другие формы. Например, верхний край 12 может иметь прямоугольные, треугольные и/или полукруглые выступы и/или углубления или он может быть зубчатым или волнистым.

Снова в этом примерном воплощении внутренняя поверхность 13 аэратора 10 непрерывно окружает вертикальную ось 7 (и приводной вал 6), образуя посредством этого замкнутый периметр.

В этом примерном воплощении второе расстояние d_2 аэратора 10 от стенки 5 резервуара 4 может изменяться вдоль верхнего края 12. В одном из воплощений второе расстояние d_2 можно понимать как относящееся к кратчайшему расстоянию между аэратором 10 и стенкой 5 в радиальном направлении.

В этом воплощении угол α внутренней поверхности по отношению к вертикальной оси 7 больше, например, чем в воплощении, описанном на фиг. 1А.

Другие аспекты воплощения, показанного на фиг. 5А и 5В, в общем аналогичны аспектам воплощений, показанных на фиг. 1А-4В.

На Фиг. 6А и 6В описано воплощение реактора 1, которое отличается от воплощений, описанных на фиг. 1А-5В, по меньшей мере тем, что аэратор 10 имеет наружный изогнутый внешний край 28. Изогнутый внешний край 28 может способствовать рассеиванию потока, который направляют поверх верхнего края 12 по существу вниз в радиальном направлении.

Другие аспекты воплощения, показанного на фиг. 6А и 6В, в общем аналогичны аспектам воплощений, показанных на фиг. 1А-5В.

Фиг. 7А и 7В описывают частичные виды примерных воплощений реакторов 1. Эти воплощения отличаются от тех, которые описаны на фиг. 1А-6В, по меньшей мере тем, что внутренняя поверхность 13 аэратора 10 искривлена. В этих воплощениях расстояние от нижнего края 11 до верхнего края 12 вдоль внутренней поверхности 13, то есть d_3 , можно измерять вдоль искривленной внутренней поверхности 13, как показано на чертежах.

Другие аспекты воплощения, показанного на фиг. 7А и 7В, в общем аналогичны аспектам воплощений, показанных на фиг. 1А-6В.

Фиг. 8А, 8В и 8С описывают воплощение, в котором реактор 1 является реактором автоклавного типа и резервуар 4 является горизонтальным резервуаром. На фиг. 8А показан частичный вид сбоку в разрезе части реактора 1, на фиг. 8В показан второй частичный вид сбоку в разрезе с направления, перпендикулярного направлению фиг. 8А, и на фиг. 8С показан вид сверху части реактора 1. Второе расстояние d_2 можно считать кратчайшим расстоянием между аэратором 10 и стенкой 5 резервуара 4 в радиальном направлении.

Аэратор 10 в этом примерном воплощении можно присоединить, например, к перегородкам 14 и к стенкам 5 резервуара 4 или и к тому, и к другому. Его можно присоединить посредством подходящих средств или оснастки 29.

Другие аспекты воплощения, показанного на фиг. 8А, 8В и 8С, в общем аналогичны аспектам воплощений, показанных на фиг. 1А-7В.

На фиг. 9 схематически показаны установка 17, содержащая реактор 1 согласно одному или более воплощений, описанных в этом техническом описании, и способ массопереноса между газом и жидкостью. Установка 17 является гидрометаллургической установкой. Установка 17 может дополнительно содержать дробящее и/или измельчающее устройство 18 для измельчения сырьевого материала 19, например, руды. Установка 17 может дополнительно содержать устройство 20 для растворения сырьевого материала, например, руды, в водном растворе с получением суспензии 3, получаемой резервуаром 4 (не показана на этом чертеже) реактора 1. Установка 17 может дополнительно содержать устройство 21 разделения жидкости и твердого вещества для отделения остаточных твердых веществ 30 от суспензии 3, получаемой резервуаром 4. Любое из этих устройств может находиться в том же элементарном процессе, как реактор 1, или в другом элементарном процессе, чем реактор 1.

Пример 1

Воздействие аэратора, аналогичного тому, который показан на фиг. 1А и 1В, испытывали в реакторе объемом 373 л, имеющего ширину 780 мм, с kLa (объемный коэффициент массопереноса кислорода) и измерениями потребления кислорода, выполненными с помощью способа окисления сульфита натрия в стационарном режиме. Реактор, содержащий аэратор (SAR), сравнивали со вдвоенной нагнетающей вниз мешалкой (ОКТОР3300+ОКТОР3300, оба являются нагнетающими вниз мешалками) и с мешалкой такой же конфигурации (ОКТОР3300+ОКТОР3310, нагнетающей вниз и нагнетающей вверх мешалкой) без аэратора.

Как показано на фиг. 10, без какой-либо дополнительной подачи воздуха намного большие объемные коэффициенты массопереноса (kLa) получали с такой же или похожей поглощенной мощностью перемешивания (W), когда аэратор (SAR) включали в реактор, по сравнению с другими конфигурациями реакторов.

Специалисту в уровне техники очевидно, что с развитием технологии основную идею можно применить на практике различными способами. Таким образом воплощения не ограничены описанными выше примерами, вместо этого их можно изменять в пределах области защиты формулы изобретения.

Описанные выше в данном документе воплощения можно использовать в любом сочетании друг с другом. Несколько воплощений можно объединить вместе с образованием дополнительного воплощения. Продукт, система, способ или применение, описанные в данном документе, могут содержать по меньшей мере одно из описанных выше в данном документе воплощений. Следует понимать, что описанные выше выгоды и преимущества могут относиться к одному воплощению или могут относиться к нескольким воплощениям. Воплощения не ограничены теми, которые решают любую или все из указанных проблем, или теми, которые имеют любое или все из указанных выгод и преимуществ. Следует также понимать, что ссылка на один объект относится к одному или более из этих объектов. Термин «содержащий» используют в этом техническом описании для обозначения включающего признак(и) или действие(я), следующее впоследствии, без исключения присутствия одного или более дополнительных признаков или действий.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Реактор (1) для массопереноса между газом (2) и жидкостью или суспензией (3), содержащий:

резервуар (4) для получения жидкости или суспензии, имеющий стенку (5),

приводной вал (6), проходящий вертикально в резервуаре и выполненный с возможностью вращения вокруг вертикальной оси (7),

нагнетающую вверх крыльчатку (8) для создания потока жидкости или суспензии, получаемой резервуаром, в общем вверх и на поверхности (9) жидкости или суспензии, причем нагнетающая вверх крыльчатка выполнена с возможностью вращения с помощью приводного вала и расположена в верхней части резервуара,

аэратор (10), расположенный выше нагнетающей вверх крыльчатки, где аэратор проходит между приводным валом и стенкой резервуара на первом расстоянии (d_1) от приводного вала и на втором расстоянии (d_2) от стенки резервуара, аэратор окружает приводной вал по меньшей мере частично,

причем аэратор имеет нижний край (11) и верхний край (12) и проходящую между нижним краем и верхним краем наклоненную наружу или искривленную внутреннюю поверхность (13) для направления по меньшей мере части потока вверх внутренней поверхности наружу от вертикальной оси и вверх верхнего края.

2. Реактор по п. 1, в котором аэратор (10) выполнен неподвижным относительно резервуара (4).

3. Реактор по п. 1 или 2, в котором внутренняя поверхность (13) наклонена наружу под углом (α), составляющим от примерно 20° до примерно 80° по отношению к вертикальной оси (7).

4. Реактор по любому из пп. 1-3, в котором внутренняя поверхность (13) аэратора (10) непрерывно окружает вертикальную ось (7), образуя посредством этого замкнутый периметр.

5. Реактор по любому из пп. 1-4, в котором расстояние (d_3) от нижнего края (11) до верхнего края (12) вдоль внутренней поверхности составляет от примерно 0,04 до 0,20 от ширины (w) резервуара (4).

6. Реактор по любому из пп. 1-5, в котором расстояние (d_4) от нижнего края (11) до верхнего края (12) в радиальном направлении составляет от примерно 0,03 до 0,18 от ширины (w) резервуара (4).

7. Реактор по любому из пп. 1-6, в котором расстояние (d_5) от нижнего края (11) до верхнего края (12) в вертикальном направлении составляет от примерно 0,03 до 0,18 от ширины (w) резервуара (4).

8. Реактор по любому из пп. 1-7, в котором верхний край (12) аэратора (10) имеет выступы (26), углубления (27) и/или чередующиеся выступы и углубления.

9. Реактор по любому из пп. 1-8, где реактор дополнительно содержит одну или более перегородок (14), расположенных между стенкой (5) резервуара (4) и нагнетающей вверх крыльчаткой (8), к которым аэратор (10) присоединен.

10. Реактор по любому из пп. 1-9, где реактор дополнительно содержит вторую крыльчатку (15), расположенную ниже нагнетающей вверх крыльчатки (8).

11. Реактор по любому из пп. 1-10, в котором отношение высоты (h) резервуара к ширине (w) резервуара (4) находится в интервале от 1:2 до 2,5:1, например, от 0.7:1 до 2:1.

12. Реактор по любому из пп. 1-11, в котором аэратор расположен выше нагнетающей вверх крыльчатки, так что в процессе эксплуатации аэратор погружен в жидкость или суспензию, получаемую резервуаром, когда нагнетающую вверх крыльчатку приводят в движение так, чтобы она вращалась с помощью приводного вала.

13. Реактор по любому из пп. 1-12, в котором расстояние (d_7) в вертикальном направлении между нагнетающей вверх крыльчаткой (8) и нижним краем (11) аэратора составляет от 0,1 до 0,8 от диаметра (d_i) нагнетающей вверх крыльчатки.

14. Реактор по любому из пп. 1-13, в котором в процессе эксплуатации расстояние (d_8) в вертикальном направлении между нагнетающей вверх крыльчаткой (8) и

поверхностью (9) жидкости или суспензии (3) составляет от 0,2 до 1,5 от диаметра (d_i) нагнетающей вверх крыльчатки.

15. Реактор по любому из пп. 1-14, в котором нагнетающая вверх крыльчатка (8) имеет наружный край (16), расположенный на расстоянии (d_9) от вертикальной оси (7), и где верхний край (12) аэратора (10) расположен на расстоянии (d_{10}) от вертикальной оси (7), которое больше указанного расстояния для наружного края нагнетающей вверх крыльчатки.

16. Реактор по любому из пп. 1-15, в котором нагнетающая вверх крыльчатка (8) имеет наружный край (16), расположенный на расстоянии (d_9) от вертикальной оси (7), и где нижний край (11) аэратора (10) расположен на расстоянии (d_{11}) от вертикальной оси (7), которое больше указанного расстояния (d_9) для наружного края (16) нагнетающей вверх крыльчатки (8).

17. Реактор по любому из пп. 1-16, где реактор является реактором с мешалкой для массопереноса между газом (2) и жидкостью или суспензией (3) в гидрометаллургическом применении.

18. Установка (17), содержащая реактор (1) по любому из пп. 1-17.

19. Установка по п. 18, где установка (17) является гидрометаллургической установкой, дополнительно содержащей по меньшей мере одно из следующего:

дробящее и/или измельчающее устройство (18) для измельчения сырьевого материала (19), такого как руда,

устройство (20) для растворения сырьевого материала в водном растворе для получения суспензии (3), получаемой резервуаром, и/или

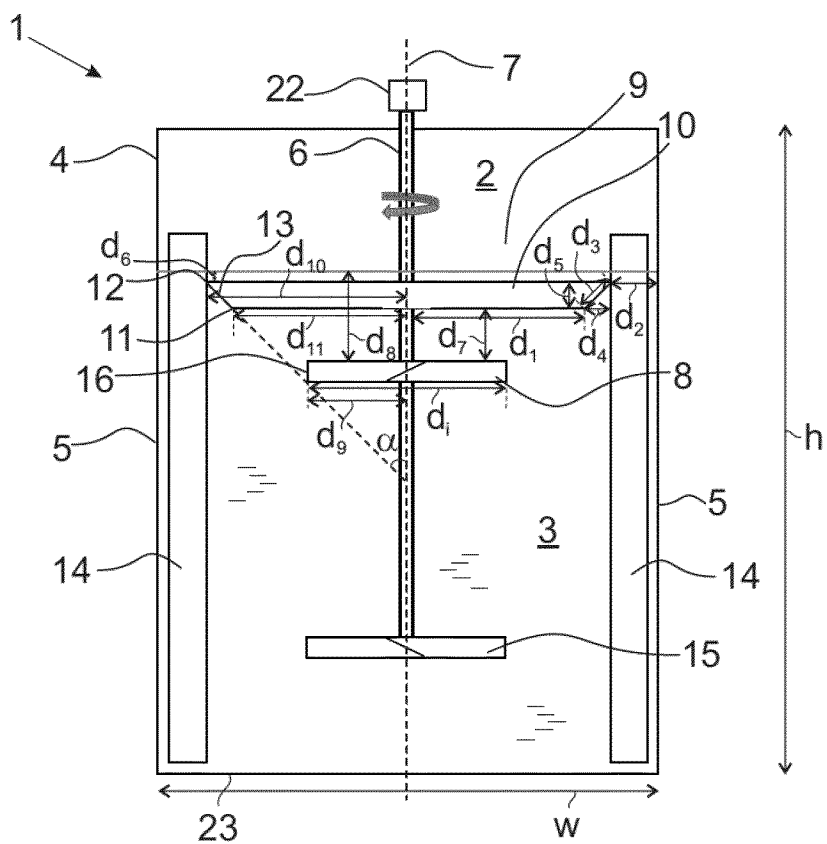
устройство (21) разделения жидкости и твердого вещества для отделения остаточных твердых веществ (30) от суспензии (3), получаемой резервуаром (4).

20. Способ массопереноса между газом (2) и жидкостью или суспензией (3), включающий подачу жидкости или суспензии в реактор (1) по любому из пп. 1-17 и в его резервуар,

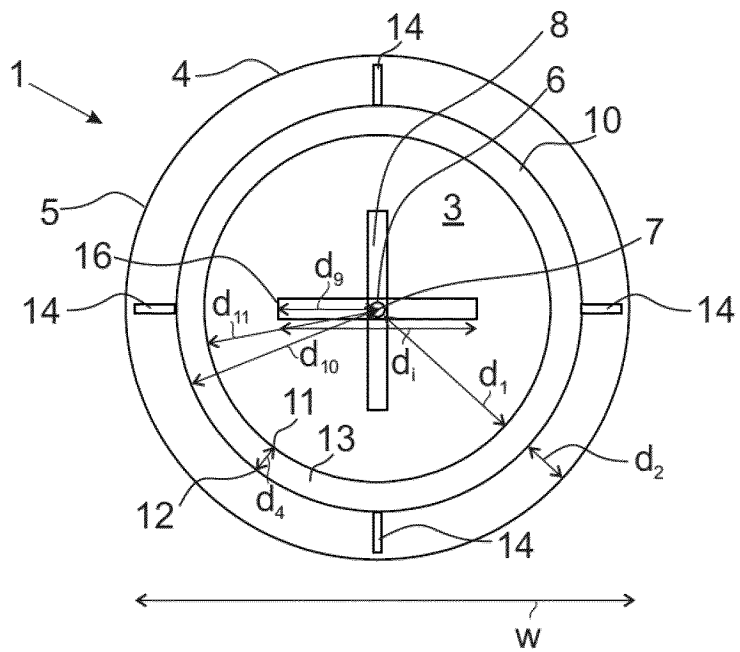
приведение во вращение нагнетающей вверх крыльчатки (8), создавая посредством этого поток жидкости или суспензии, получаемой резервуаром, в общем вверх и на поверхности жидкости или суспензии, так что аэратор (10) погружают в жидкость или суспензию, получаемую резервуаром, где

аэратор, расположенный выше нагнетающей вверх крыльчатки, направляет по меньшей мере часть потока поверх внутренней поверхности (13) наружу от вертикальной оси (7) и поверх верхнего края (12).

21. Способ по п. 20, где способ является гидрометаллургическим способом.

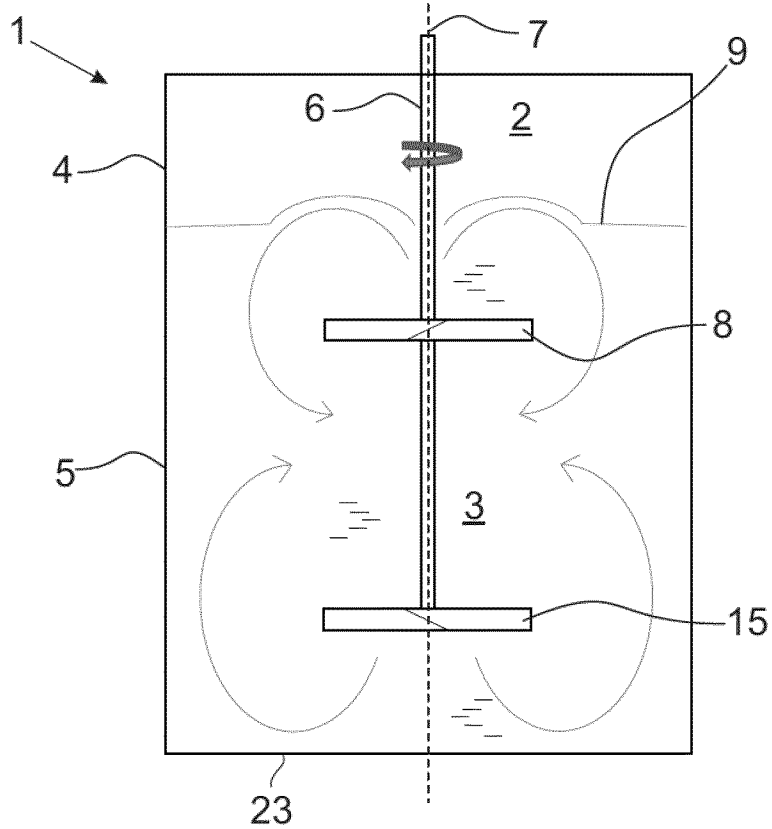


Фиг. 1А

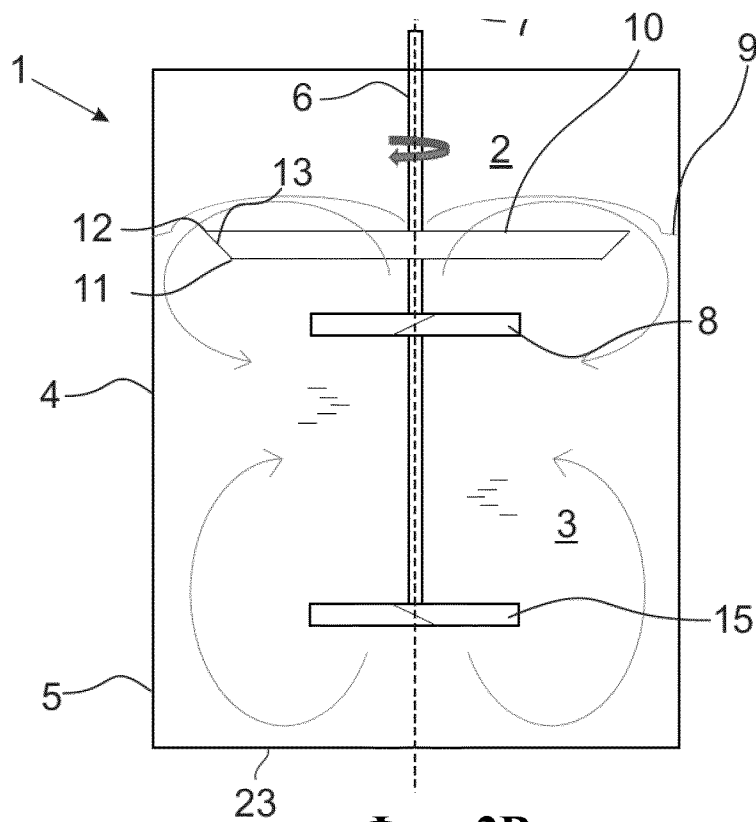


Фиг. 1В

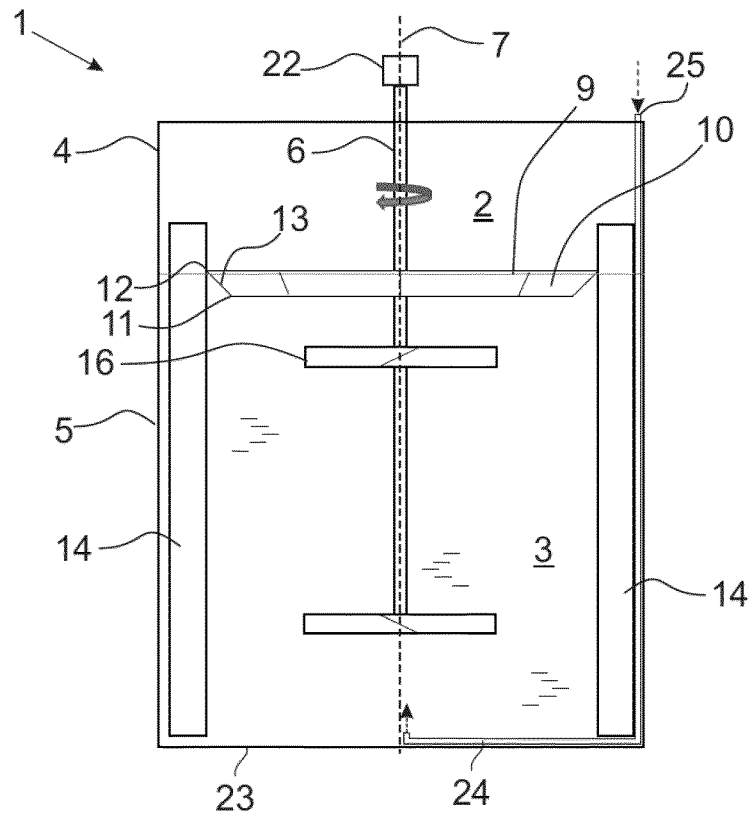
2/10



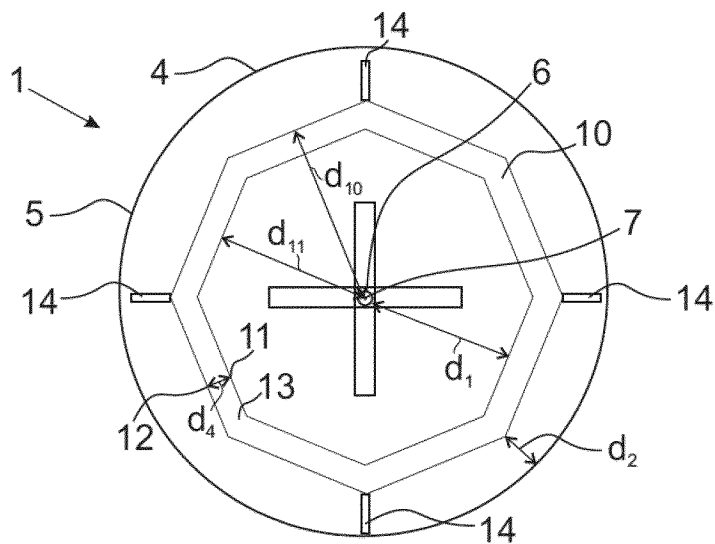
Фиг. 2А



Фиг. 2В

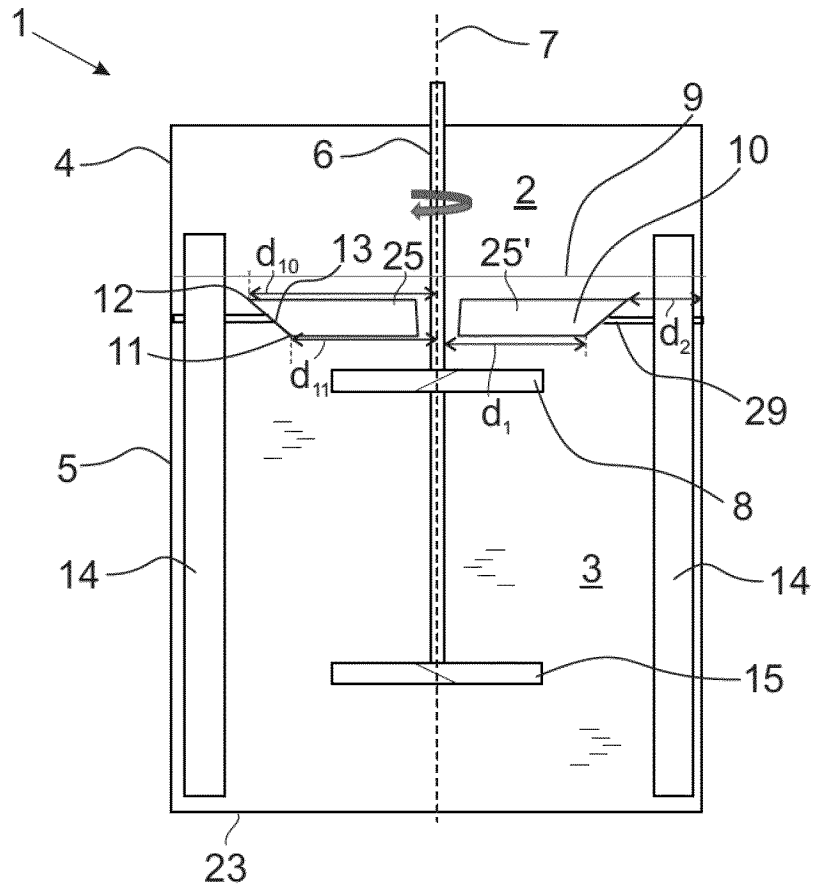


Фиг. 3А

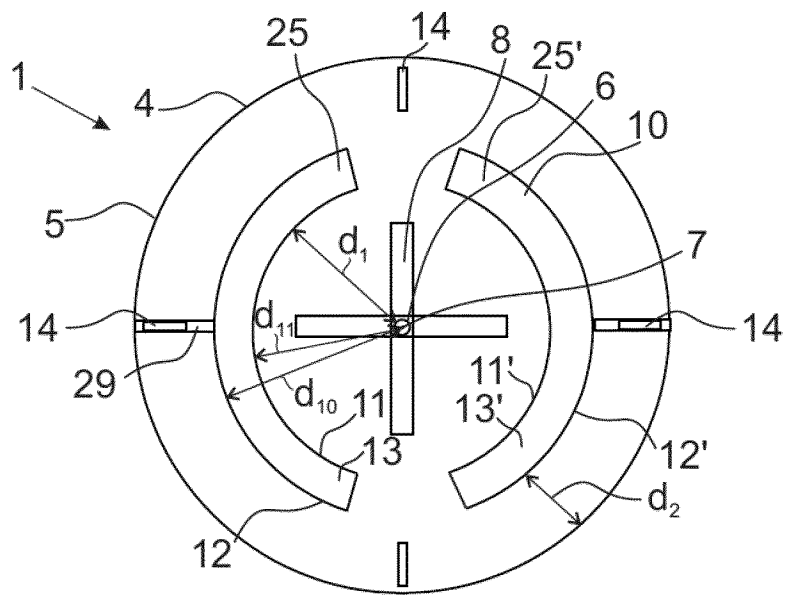


Фиг. 3В

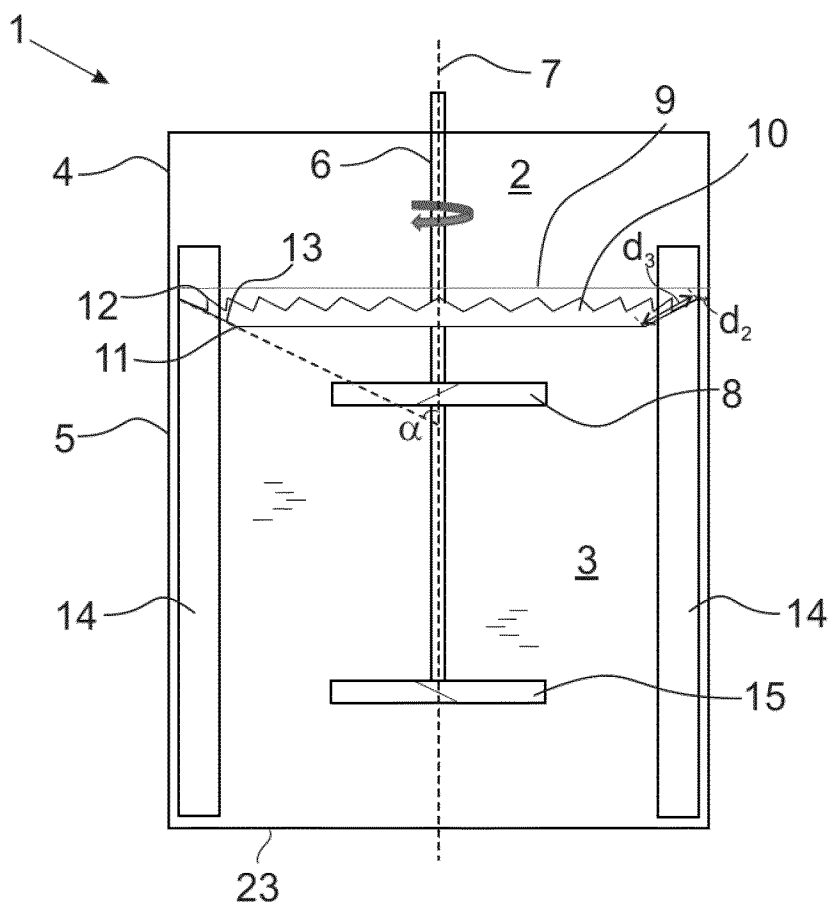
4/10



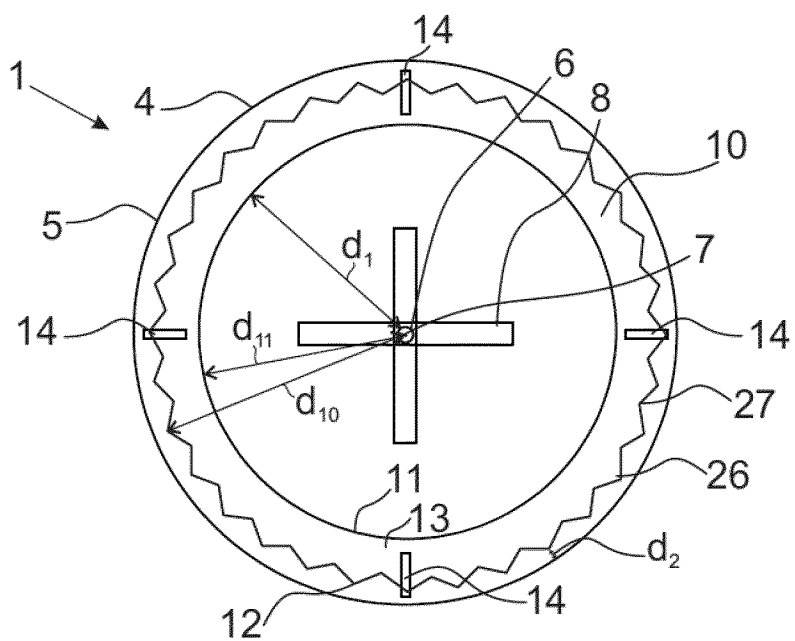
Фиг. 4А



Фиг. 4В

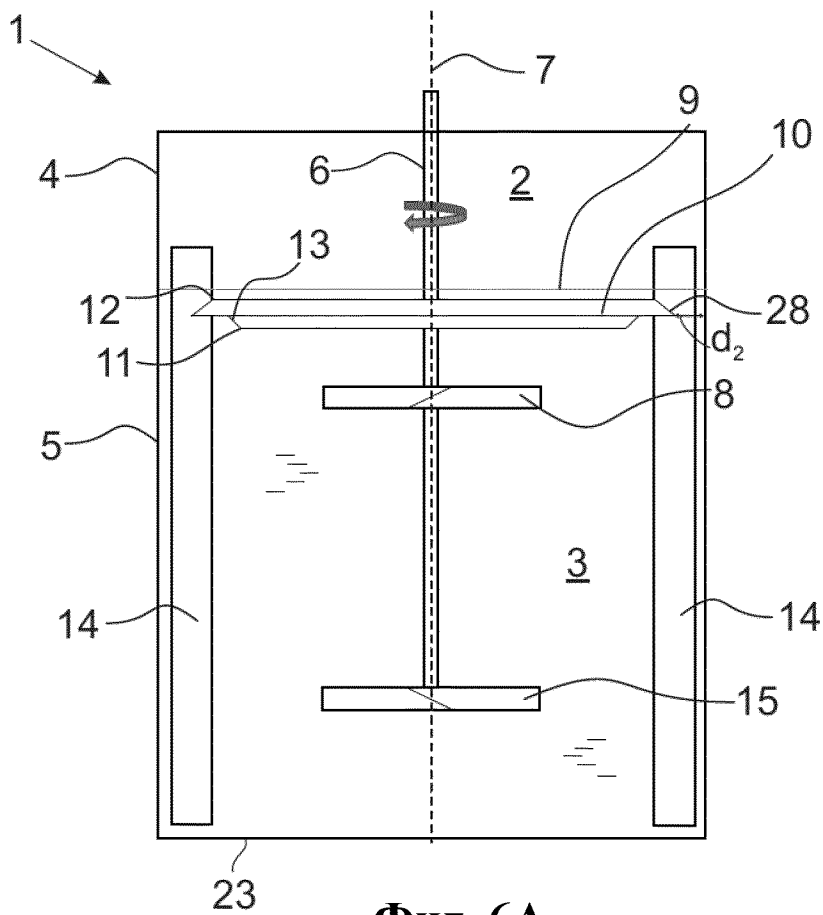


Фиг. 5А

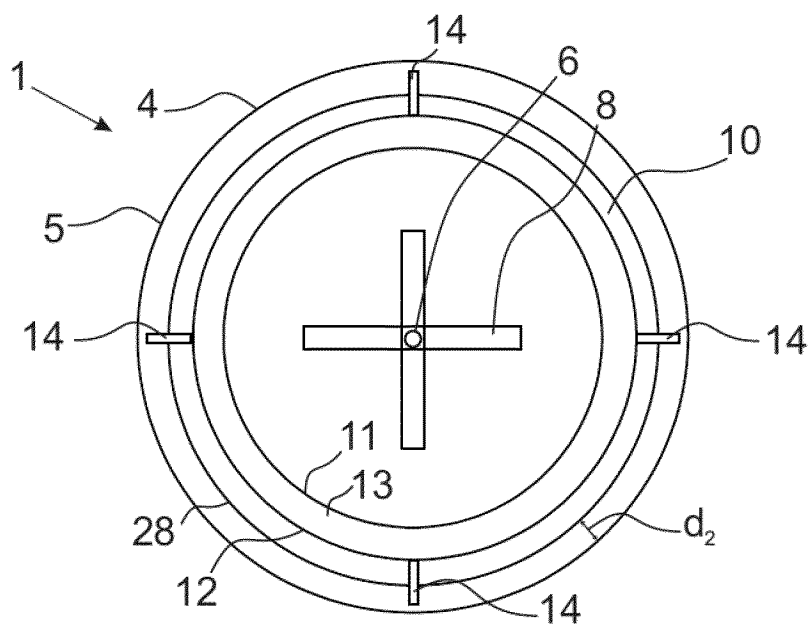


Фиг. 5В

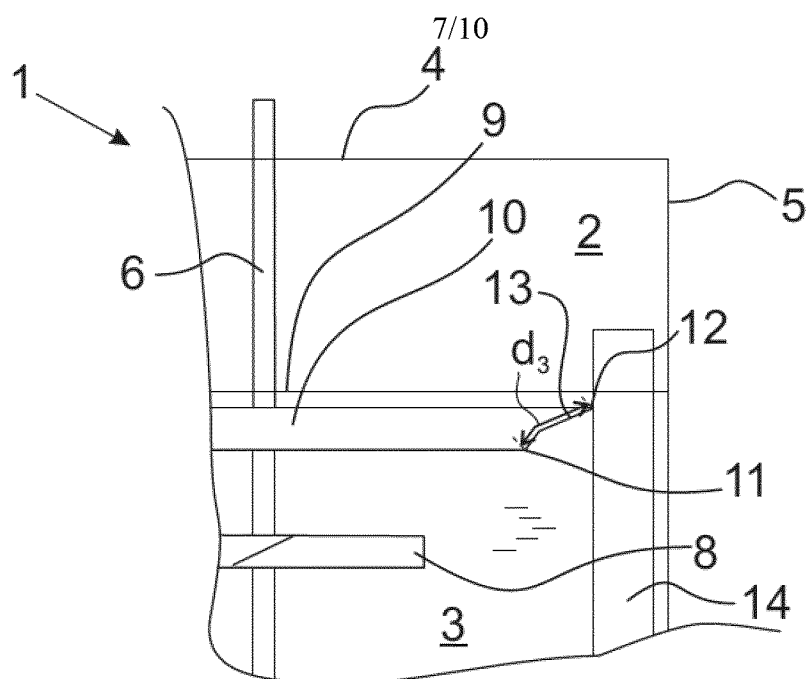
6/10



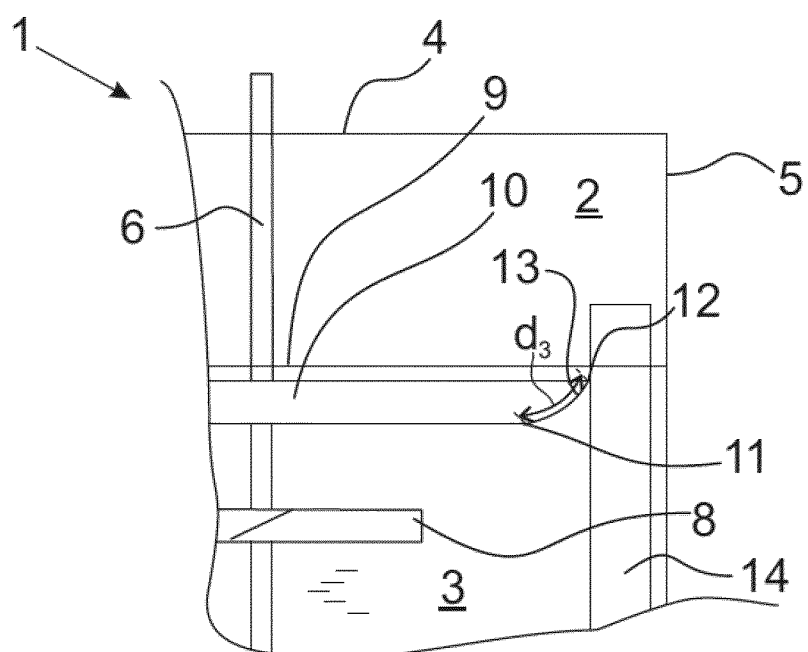
Фиг. 6А



Фиг. 6В

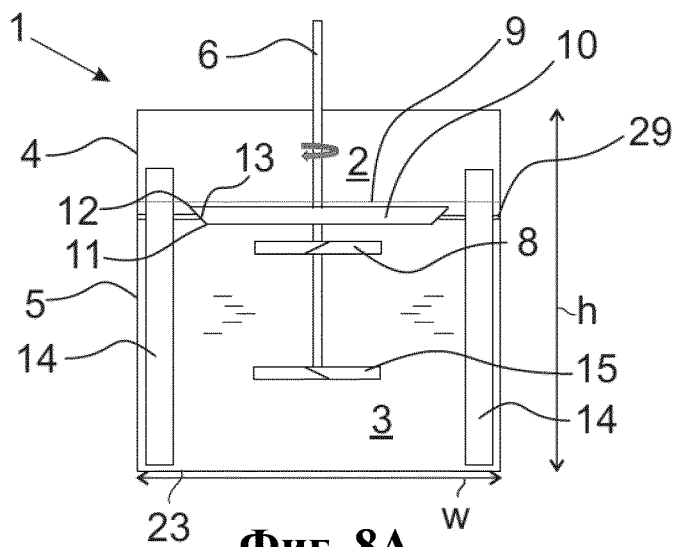


Фиг. 7А

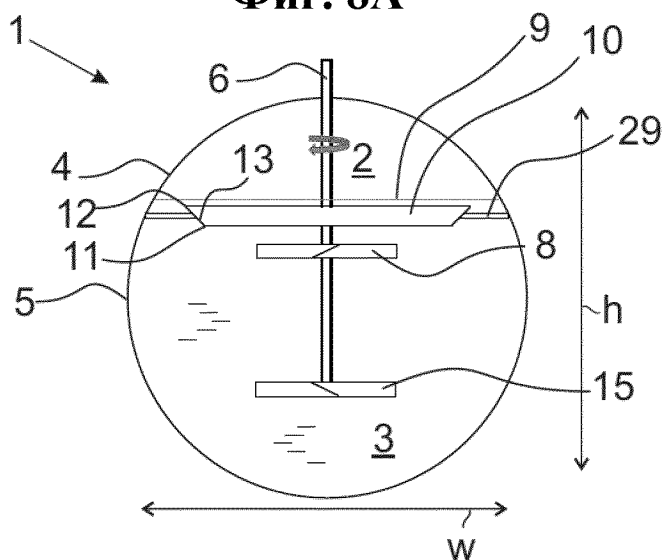


Фиг. 7В

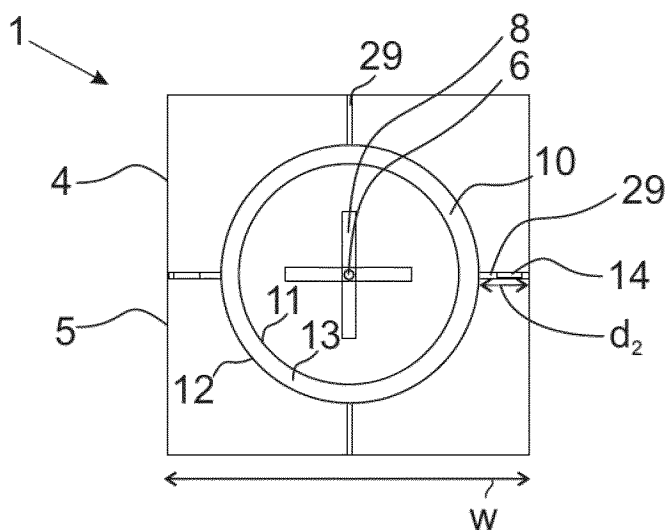
8/10



Фиг. 8А

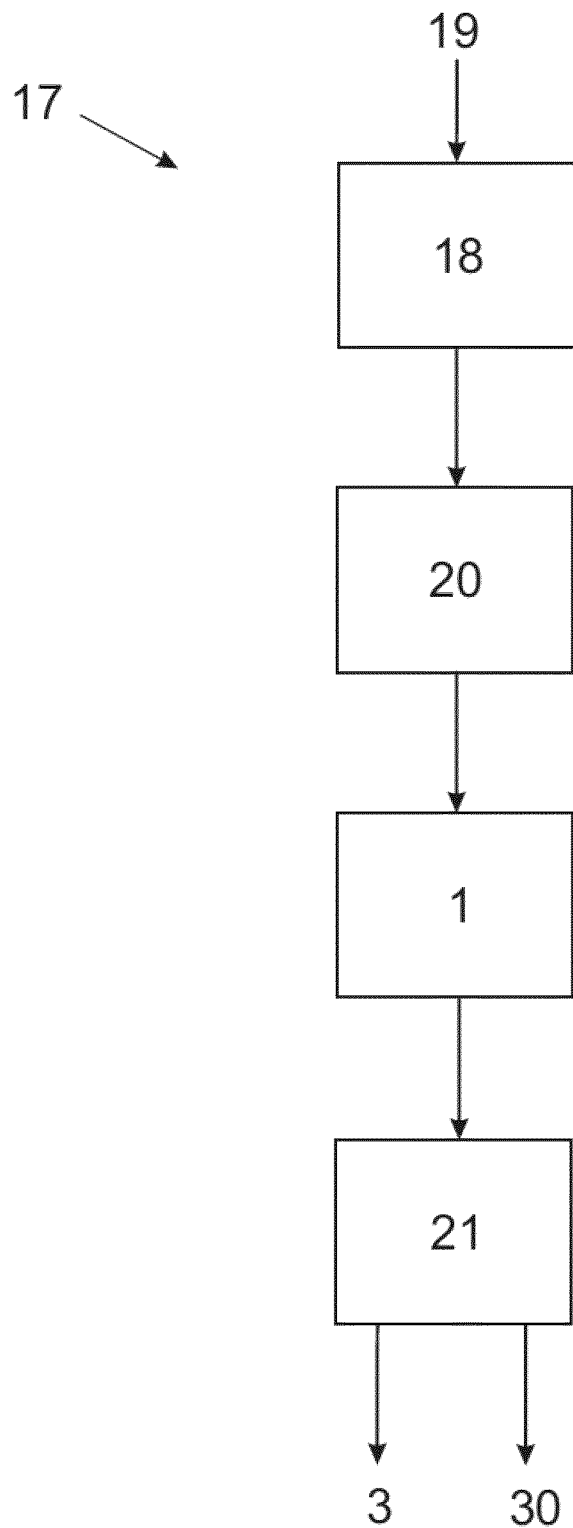


Фиг. 8В

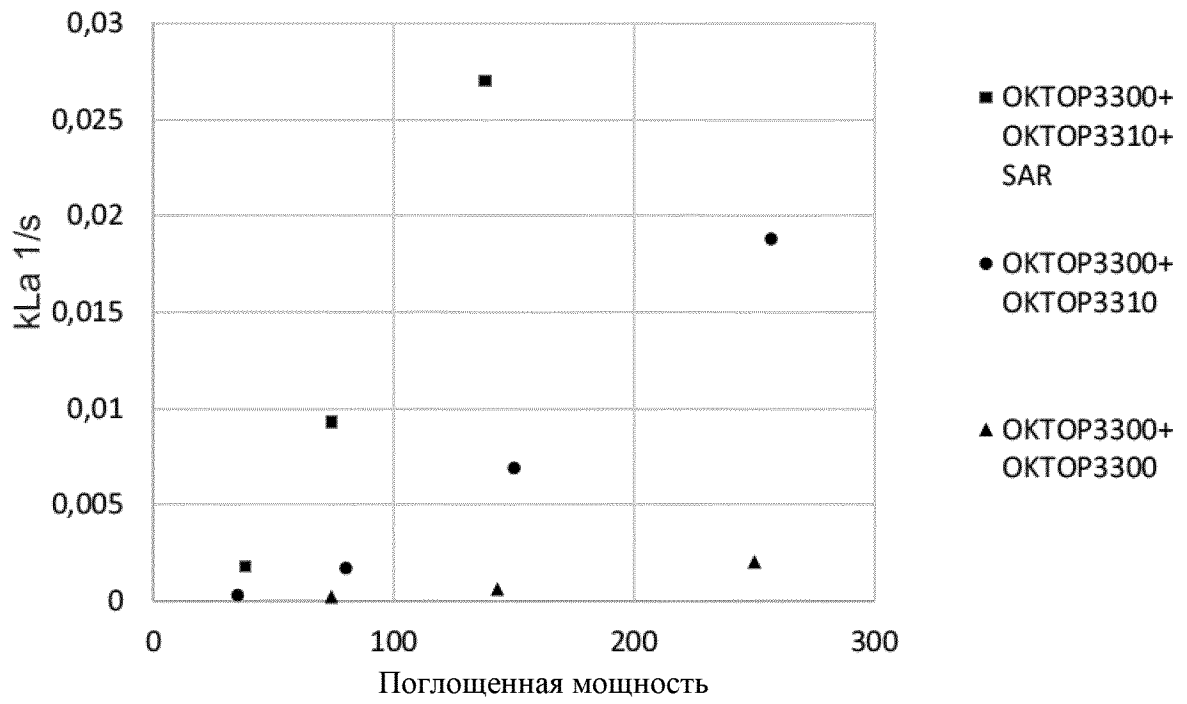


Фиг. 8С

9/10



Фиг. 9



Фиг. 10