

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044312**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.08.16**

(21) Номер заявки  
**202191025**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.05.13**

(51) Int. Cl. **C02F 7/00** (2006.01)  
**B01F 3/04** (2006.01)  
**B01F 7/02** (2006.01)  
**B03D 1/14** (2006.01)

---

(54) **СИСТЕМА И СПОСОБ НАСЫЩЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СРЕДЫ  
АКТИВНЫМИ МИКРОПУЗЫРЬКАМИ**

---

(31) **US 16/903,143**

(32) **2020.06.16**

(33) **US**

(43) **2021.12.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ФАЙНФЛОТ ИНК. (СА)**

(72) Изобретатель:  
**Тусупбаев Несипбай Куандыкович,  
Жангасов Нуржан Нурумбекович,  
Омаров Айтуган Турсунканович,  
Касымбергбаев Бауржан  
Тилеубергенович (KZ)**

(74) Представитель:  
**Толыбаев Ж.М. (KZ)**

(56) **JP-A-S55142535  
US-A1-2019314776  
EA-A1-201291019  
RU-C2-2495724  
GB-A-152178**

---

(57) Описаны несколько смесителей для образования смеси, которые в общем имеют корпус и рабочее колесо, установленное с возможностью вращения внутри корпуса. Рабочее колесо имеет первый торец с первой торцевой поверхностью и множество выпуклостей и по меньшей мере одно выходное отверстие канала для сжатого газа, расположенное на первой торцевой поверхности. Смеситель также имеет смесительную камеру, которая примыкает к множеству выпуклостей, впускное отверстие для жидкости, проходящее сквозь корпус для подачи смешиваемой жидкости в смесительную камеру, и выпускное отверстие для жидкости, проходящее сквозь корпус для выгрузки смеси из смесительной камеры. Когда сжатый газ и жидкость для смешивания подаются в смесительную камеру, сжатый газ становится несжатым газом, и вращение рабочего колеса перемешивает несжатым газ и смешиваемую жидкость и диспергирует несжатым газ и, по меньшей мере, часть смешиваемой жидкости для генерирования смеси.

---

**B1**

**044312**

**044312  
B1**

### **Область техники**

Изобретение относится к насыщению многокомпонентной среды активными микропузырьками. В особенности, описанные варианты осуществления относятся к способу и смесителю, для формирования флотационной смеси, которая может быть использована при переработке руд и техногенных минеральных образований (далее ТМО).

### **Уровень техники**

Нижеследующее не является признанием того, что все, что обсуждается ниже, является частью известного уровня техники или частью общих знаний специалиста в данной области.

Флотация (всплывание, удерживание на поверхности воды) - один из распространенных способов обогащения полезных ископаемых. Флотация основана на различии способностей минералов удерживаться на межфазовой поверхности в жидкой среде, обусловленный различием в удельных поверхностных энергиях. В процессе пенной флотации гидрофобные частицы могут закрепляться на пузырьках воздуха и выноситься ими на поверхность пульпы, образуя слой минерализованной пены, который является концентратом минерала. При пенной флотации гидрофильные частицы остаются в пульпе и образуют камерный продукт - отходы (называемые "хвостами").

Известные флотационные способы обладают определенными ограничениями, заключающимися в том, что с их помощью можно эффективно извлекать минералы из исходного сырья, если размер частиц находится в довольно узком диапазоне. Было обнаружено что известные способы пенной флотации не позволяют эффективно выделять в концентрат частицы размером менее 50 мкм, что связано с действующими гравитационными и гидродинамическими силами. С истощением запасов крупновкрапленных легкообогащаемых руд, в переработку вовлекаются все более труднообогащаемые тонковкрапленные руды, требующие для раскрытия минералов тонкого измельчения. Невозможность обогащения тонких классов минеральных частиц остается недостатком известных процессов флотации.

### **Сущность изобретения**

Этот раздел предназначен для более подробного ознакомления читателя с нижеследующим. Этот раздел не предназначен для ограничения или определения какого-либо заявленного или еще не заявленного объекта изобретения. Один или несколько элементов заявленного объекта могут находиться в любой комбинации или суб-комбинации элементов или этапов процесса, раскрытых в любой части этого документа, включая формулу изобретения и иллюстрации. В соответствии с одним аспектом этого раскрытия, предоставляется смеситель для получения смеси. Смеситель может содержать корпус, образующий смесительную камеру, имеющий первый конец и второй конец, и рабочее колесо, которое соединено с приводным валом и установлено с возможностью вращения внутри корпуса. Рабочее колесо может иметь первый торец с первой торцевой поверхностью, второй торец, боковую стенку, которая простирается в осевом направлении между первым и вторым торцами, множество выпуклостей, расположенных на первой торцевой поверхности, и по меньшей мере одно выходное отверстие канала для сжатого газа на первый торцевой поверхности рабочего колеса. Смеситель также может содержать впускное отверстие для жидкости, расположенное на первом конце корпуса, для подачи смешиваемой жидкости в смесительную камеру, и выпускное отверстие для жидкости, расположенное в первой боковой части корпуса, для выпуска смеси из смесительной камеры. При этом, имеется впускное отверстие для сжатого газа, расположенное на боковой части корпуса и проходящее сквозь корпус, и рабочее колесо дополнительно содержит по меньшей мере один канал для сжатого газа, соединяющий по меньшей мере одно выходное отверстие канала для сжатого газа и соответствующее одно из по меньшей мере одного входного отверстия канала для сжатого газа, расположенного на боковой стенке рабочего колеса, при этом впускное отверстие для сжатого газа предназначено для подачи сжатого газа к входному отверстию каждого канала для сжатого газа.

По меньшей мере в одном варианте осуществления каждое выходное отверстие канала для сжатого газа из по меньшей мере одного выходного отверстия канала для сжатого газа может быть расположено радиально внутрь относительно каждой выпуклости из множества выпуклостей.

По меньшей мере в одном варианте осуществления каждое выходное отверстие канала для сжатого газа из по меньшей мере одного выходного отверстия канала для сжатого газа может быть расположено в центральной части первой торцевой поверхности рабочего колеса.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество выпуклостей может быть расположено в виде по меньшей мере одного кольца на первой торцевой поверхности рабочего колеса.

По меньшей мере в одном варианте осуществления каждый канал для сжатого газа из по меньшей мере одного канала для сжатого газа может проходить от входного отверстия канала для сжатого газа до выходного отверстия канала для сжатого газа по изогнутой траектории.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество выпуклостей может составлять от 30 до 200 выпуклостей.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество выпуклостей может быть расположено в виде 4-10 концентрических колец.

По меньшей мере в одном варианте осуществления впускное отверстие для сжатого газа может представлять собой распылительную форсунку.

По меньшей мере в одном варианте осуществления распылительная форсунка может содержать обратный клапан.

По меньшей мере в одном варианте осуществления смеситель может дополнительно содержать двигатель с приводным валом и соединительным элементом, который соединяет приводной вал с рабочим колесом для вращения рабочего колеса.

По меньшей мере в одном варианте осуществления смеситель может дополнительно содержать камеру охлаждения, расположенную между двигателем и корпусом.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первый конец корпуса может содержать внутреннюю переднюю поверхность, определяющую часть смесительной камеры, и эта внутренняя передняя поверхность может содержать второе множество выпуклостей.

По меньшей мере в одном варианте осуществления второе множество выпуклостей может быть расположено в виде концентрических колец. По меньшей мере в одном варианте осуществления, по меньшей мере, часть первого конца корпуса может быть съемной.

В соответствии с другим аспектом этого раскрытия изобретения, предложена флотационная система для отделения минеральных частиц от потока пульпы. Флотационная система может содержать смеситель, имеющий корпус, образующий смесительную камеру, имеющий первый конец и второй конец, и рабочее колесо, которое соединено с приводным валом и установлено с возможностью вращения внутри корпуса. Рабочее колесо может иметь первый торец с первой торцевой поверхностью, второй торец, боковую стенку, которая простирается в осевом направлении между первым и вторым торцами, множество выпуклостей, расположенных на первой торцевой поверхности, и по меньшей мере одно выходное отверстие канала для сжатого газа на первой торцевой поверхности рабочего колеса. Смеситель также может содержать впускное отверстие для жидкости, расположенное на первом конце корпуса, для подачи смешиваемой жидкости в смесительную камеру, и выпускное отверстие для жидкости, расположенное в первой боковой части корпуса, для выпуска флотационной смеси из смесительной камеры. Смеситель также может содержать впускное отверстие для сжатого газа, расположенное на боковой части корпуса и проходящее сквозь корпус, и рабочее колесо дополнительно содержит по меньшей мере один канал для сжатого газа, соединяющий по меньшей мере одно выходное отверстие канала для сжатого газа и соответствующее одно из по меньшей мере одного входного отверстия канала для сжатого газа, расположенного на боковой стенке рабочего колеса, при этом впускное отверстие для сжатого газа предназначено для подачи сжатого газа к входному отверстию каждого канала для сжатого газа. Флотационная система также может содержать флотационную камеру и трубопровод, соединяющий выпускное отверстие для жидкости с флотационной камерой.

По меньшей мере в одном варианте осуществления трубопровод может иметь впускное отверстие, расположенное выше по потоку от выпускного отверстия для жидкости смесителя, причем впускное отверстие трубопровода приспособлено для приема потока пульпы.

В соответствии с другим аспектом этого раскрытия изобретения, предложен способ получения флотационной смеси, содержащей газовые микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом, эмульсионные микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом, и микрокапли, стабилизированные поверхностно-активным веществом. Способ может включать: (a) подачу раствора многокомпонентного поверхностно-активного вещества в вышеуказанный смеситель для создания смеси; (b) подачу сжатого газа в смесительную камеру; и (c) вращение рабочего колеса, в то время как подаются раствор многокомпонентного поверхностно-активного вещества и сжатый газ, при этом когда сжатый газ и раствор для смешивания подаются в смесительную камеру, сжатый газ становится несжатым газом, и вращение рабочего колеса перемешивает несжатым газ и смешиваемый раствор и диспергирует несжатым газ и, по меньшей мере, часть смешиваемого раствора для генерирования флотационной смеси.

По меньшей мере в одном варианте осуществления раствор многокомпонентного поверхностно-активного вещества и сжатый газ могут подаваться в смесительную камеру раздельно с противоположных направлений. Другие особенности и преимущества настоящей заявки станут очевидными из следующего подробного описания, рассматриваемого вместе с прилагаемыми чертежами. Однако следует понимать, что подробное описание и конкретные примеры, хотя и указывают предпочтительные варианты осуществления изобретения, указанного в настоящей заявке, даны только в качестве иллюстрации, поскольку изменения и модификации в пределах сущности и объема настоящей заявки станут очевидными для специалистов в этой области из этого подробного описания.

#### **Краткое описание чертежей**

Для лучшего понимания различных вариантов осуществления объектов изобретения, описанных в данном документе, и чтобы более четко показать, как эти различные варианты могут быть осуществлены, будет делаться ссылка, в качестве примера, на прилагаемые чертежи (описываемые ниже), которые показывают по меньшей мере один примерный вариант осуществления устройств, деталей и способов в соответствии с наставлениями, изложенными в настоящем документе.

Чертежи не предназначены для ограничения объема описанного здесь наставления для осуществления объектов изобретения.

Фиг. 1 - вид сбоку примерного варианта конструктивного исполнения смесителя в соответствии с изложенными здесь наставлениями, где показана часть смесителя сбоку в поперечном разрезе.

Фиг. 2 - вид сбоку второго примерного варианта конструктивного исполнения смесителя в соответствии с изложенными здесь наставлениями, где показана часть смесителя сбоку в поперечном разрезе.

Фиг. 3 - вид спереди примерного варианта конструктивного исполнения рабочего колеса, показанного расположенным внутри смесителя.

Фиг. 4А - графическое изображение газового микропузырька, стабилизированного ПАВ.

Фиг. 4В - графическое изображение эмульсионного микропузырька, стабилизированного ПАВ.

Фиг. 4С - графическое изображение микрокапли, стабилизированной ПАВ.

Фиг. 5А - графическое изображение флотационного процесса закрепления газового микропузырька, стабилизированного ПАВ, на поверхности минеральной частицы, и дальнейшего поднятия минеральной частицы на поверхность пульпы.

Фиг. 5В - графическое изображение флотационного процесса закрепления эмульсионного микропузырька, стабилизированного ПАВ, на поверхности минеральной частицы, и дальнейшего поднятия минеральной частицы на поверхность пульпы.

Фиг. 5С - графическое изображение флотационного процесса распределения микрокапли, стабилизированной ПАВ, на поверхности минеральной частицы, агрегирования мелких частиц минерала, и дальнейшего поднятия минеральных частиц на поверхность пульпы.

Фиг. 6 - схематическая диаграмма примерного варианта осуществления флотационной системы, в которой используется один из вариантов исполнения смесителя, описанный в данном документе.

Фиг. 7 - схематическая диаграмма второго примерного варианта осуществления флотационной системы, в которой используется один из вариантов исполнения смесителя, описанный в данном документе.

Фиг. 8 - показывает блок-схему примерного варианта осуществления способа генерирования флотационной смеси в соответствии с наставлениями, изложенными в настоящем документе.

Дополнительные аспекты и признаки примерных вариантов осуществления объектов изобретения, описанных в настоящем документе, станут понятными из последующего описания, рассматриваемого вместе с прилагаемыми чертежами.

### Подробное описание

Различные устройства и способы описаны ниже, чтобы предоставить пример варианта осуществления потенциально заявленных объектов изобретения. Ни один вариант осуществления, описанный ниже, не ограничивает заявленные объекты изобретения, и любой заявленный объект может охватывать устройства, компоненты и способы, которые отличаются от описанных ниже. Заявленные объекты изобретения не ограничиваются устройствами и способами, имеющими все признаки какого-либо одного устройства или способа, описанного ниже, или признаками, общими для нескольких или всех устройств или способов, описанных ниже. Возможно, что устройство или способ, описанный ниже, не являются воплощением какого-либо заявленного объекта изобретения. Любой объект, раскрытый в устройстве или способе, описанном ниже, который не заявлен в этом документе, может быть объектом другого защитного инструмента, например, продолжающейся патентной заявки, и заявитель (заявители), изобретатель (изобретатели) и/или владелец (владельцы) не намерены отказываться от, отрицать или посвящать публичке любой такой объект своим раскрытием в настоящем документе.

Следует понимать, что для простоты и ясности иллюстрации, где это считается целесообразным, ссылочные цифры могут повторяться на чертежах для обозначения соответствующих или аналогичных элементов. Кроме того, многочисленные конкретные детали изложены для того, чтобы обеспечить полное понимание вариантов осуществления объектов изобретения, описанных в настоящем документе. Однако специалистам в области техники, к которой относятся описанные варианты осуществления объектов изобретения, будет понятно, что варианты осуществления, описанные в настоящем документе, могут применяться на практике без этих конкретных подробностей. В других случаях хорошо известные способы, процедуры и компоненты не были описаны подробно, чтобы не отвлекать от понимания вариантов осуществления, описанных в настоящем документе. Кроме того, описание не должно рассматриваться как ограничение объема вариантов осуществления объектов изобретения, описанных в настоящем документе.

Следует также отметить, что термины "связанный" или "соединение", используемые в данном документе, могут иметь несколько различных значений в зависимости от контекста, в котором используются эти термины. Например, термины "связанный" или "соединение" могут иметь механическое или жидкостное значение. Например, используемые здесь термины "связанный" или "соединение" могут указывать на то, что два элемента или устройства могут быть напрямую соединены друг с другом или связаны друг с другом через один или несколько промежуточных элементов или через проводник жидкости в зависимости от конкретного контекста.

Также следует отметить, что, как используется в данном документе, формулировка "и/или" означает "включающий-или". То есть, например, "X и/или Y" означает X или Y или их обоих. В качестве дополнительного примера, "X, Y и/или Z" означает X или Y или Z или любые их комбинации.

Следует отметить, что термины степени, такие как "по существу", "около" и "приблизительно", ис-

пользуемые в данном документе, означают разумное отклонение изменяемого значения, так что конечный результат существенно не изменяется. Эти термины степени также могут быть истолкованы как включающие отклонение изменяемого значения, например, на 1, 2, 5 или 10%, если это отклонение не отрицает существование или истинность изменяемого им значения. Кроме того, обозначение числовых диапазонов конечными точками в данном документе включает все числа и доли, находящиеся внутри данного диапазона (например, от 1 до 5 включает в себя 1, 1,5, 2, 2,75, 3, 3,90, 4 и 5). Также следует понимать, что все числа и их доли, как предполагается, изменяются с применением термина "около", что означает отклонение числа, на которое делается ссылка, на определенное значение, если конечный результат существенно не изменяется, например, на 1, 2, 5 или 10%.

Как описано выше, настоящие наставления в целом относятся к способу и смесителю, для насыщения многокомпонентной среды активными микропузырьками, образующих смесь. В некоторых примерах эта смесь (в данном случае флотационная смесь) может быть использована при переработке руд цветных, благородных и редкоземельных минералов, а также техногенных минеральных образований.

По меньшей мере один вариант осуществления способа и смесителя, описанный в настоящем документе, может генерировать флотационную смесь, содержащую следующие флотационно-активные микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом: газовые микропузырьки (где газом может быть, но не ограничиваясь этим, воздух, азот, аргон, диоксид углерода, кислород и любые их комбинации), эмульсионные микропузырьки и микрокапли. По причинам, подробно обсуждаемым ниже, эта флотационная смесь может улучшить флотацию тонких частиц минерала по сравнению с известными флотационными системами.

Смеситель.

На фиг. 1 показан пример варианта исполнения смесителя 100, который можно использовать для создания смеси. Как показано, смеситель 100 может включать корпус 102, имеющий первый конец 104 и второй конец 106, находящийся в продольном направлении от первого конца 104. В показанном примере корпус 102 определяет смесительную камеру 108. В частности, как показано, внутренние поверхности 110 множества стенок 112, которые составляют корпус 102, могут определять смесительную камеру 108. Смесительная камера 108 может простирается внутри корпуса 102 от первого конца 104 корпуса 102 до второго конца 106 корпуса 102.

Все еще ссылаясь на фиг. 1, как показано, смеситель 100 может включать рабочее колесо 120. В показанном примере рабочее колесо 120 установлено с возможностью вращения внутри корпуса 102. При использовании рабочее колесо 120 может вращаться вокруг оси вращения 122, чтобы смешивать раствор для формирования смеси. Как показано, рабочее колесо 120 может простирается вдоль оси вращения 122 между первым торцом 124 рабочего колеса и вторым торцом 126 рабочего колеса. В показанном примере первый торец 124 рабочего колеса включает в себя первую торцевую поверхность 128, а второй торец 126 рабочего колеса включает в себя вторую торцевую поверхность 130. Первая торцевая поверхность 128 и вторая торцевая поверхность 130 могут образовывать противоположные дистальные торцы рабочего колеса 120. Как показано, боковая стенка 132 рабочего колеса может простирается в осевом направлении между первым и вторым торцами 124, 126 рабочего колеса 120.

На показанном примере на фиг. 1 боковая стенка 132 рабочего колеса определяет первую часть 134 рабочего колеса 120, которая имеет первый диаметр, и вторую часть 138, которая имеет второй диаметр. Как показано, первая торцевая поверхность 128 имеет диаметр, равный диаметру первой части 134, а вторая торцевая поверхность 130 имеет диаметр, равный диаметру второй части 138. В показанном примере диаметр первой части 134 больше диаметра второй части 138. На фиг. 2 показан вид сбоку второго примерного варианта исполнения смесителя 1100. Смеситель 1100 аналогичен смесителю 100, и подобные элементы обозначены ссылочными цифрами, увеличенными на 1000. Соответственно, признаки, описанные со ссылкой на смеситель 1100, могут быть применимы к смесителю 100, а признаки, описанные со ссылкой на смеситель 100, могут быть применимы к смесителю 1100.

Все еще ссылаясь на фиг. 2, как показано, первая и вторая части 1134, 1138 могут иметь равные диаметры. То есть, как показано на фиг. 2, рабочее колесо 1120 может иметь, по существу, цилиндрическую форму, и площадь поверхности первой торцевой поверхности 1128 может быть равна площади поверхности второй торцевой поверхности 1130. В других примерах исполнения диаметр первой части 134, 1134 может быть меньше диаметра второй части 138, 1138. В других вариантах исполнения рабочее колесо 120, 1120 может включать в себя, по меньшей мере, третий элемент, диаметр которого больше или меньше диаметра первой и/или второй торцевой поверхности. То есть рабочее колесо 120, 1120 может иметь любой продольный профиль поперечного сечения, который позволяет вращать рабочее колесо 120, 1120 внутри корпуса 102, 1102. В некоторых примерах исполнения рабочее колесо 120, 1120 может не иметь круглый профиль поперечного сечения. Например, по меньшей мере в одном примерном варианте исполнения рабочее колесо 120, 1120 может иметь первую часть 134, 1134, имеющую профиль круглого поперечного сечения, и вторую часть 138, 1138, имеющую профиль поперечного сечения квадратной формы. Ссылаясь на фиг. 1, в показанном примере второй торец 126 рабочего колеса 120 соединен с приводным валом 142, расположенным на втором конце 106 корпуса 102. Как показано, соединительный элемент 144 может использоваться для соединения приводного вала 142 со вторым торцом 126 рабочего

колеса. По меньшей мере в одном примере исполнения, часть приводного вала 142 может проходить внутри второй части 138 рабочего колеса вдоль оси вращения 122, и приводной вал 142 может быть зафиксирован к второй части 138 рабочего колеса подходящим зажимом таким как болт, который может проходить сквозь боковую стенку 132 второй части 138 рабочего колеса, и вкручиваться в часть приводного вала 142, расположенную внутри второй части 138 рабочего колеса. По меньшей мере в одном другом примере исполнения соединение приводного вала 142 с рабочим колесом 120 может быть осуществлено посредством шлицевого соединения (не показано), и перемещение приводного вала 142 относительно рабочего колеса 120 вдоль оси вращения 122 может быть зафиксировано болтом, проходящим сквозь боковую стенку 132 второй части 138 рабочего колеса, и вкручиваемым в часть приводного вала 142, расположенную внутри второй части 138 рабочего колеса.

Приводной вал 142 может проходить сквозь корпус 102 и может быть соединен с электродвигателем 150 для управления вращением приводного вала 142. По крайней мере в одном примере исполнения электродвигатель 150 может быть трехфазный асинхронный электродвигатель, общепромышленного применения, мощностью от 5,0 до 25,0 кВт, 50 Гц, от 2800 и выше оборотов в минуту. Уплотнение (не показано) может быть размещено между корпусом 102 и приводным валом 142, чтобы уменьшить утечку раствора из смесительной камеры 108 между приводным валом 142 и корпусом 102. В показанном примере приводной вал 142 проходит сквозь съемную торцевую стенку 152 корпуса 102 смесителя. Это может быть желательным, чтобы приводной вал 142 проходил сквозь съемную часть корпуса 102 для облегчения обслуживания смесителя 100, например, для замены уплотнения.

В примере, показанном на фиг. 2, смеситель 1100 включает в себя охлаждающую камеру 1114, расположенную между корпусом 1102 и двигателем 1150. Как показано, охлаждающая камера 1114 и корпус 1102 могут быть выполнены как одно целое. В других примерах охлаждающая камера 1114 и корпус 1102 могут быть отдельными деталями. В еще одном примере охлаждающая камера 1114 может быть не расположена между корпусом 1102 и двигателем 1150 и может, например, быть расположена вблизи первого конца 1104 корпуса 1102. Из-за близости к смесительной камере, охлаждающая камера 1114 может препятствовать перегреву смешиваемого раствора и/или смеси в смесительной камере 1108. Перегрев раствора, подлежащего смешиванию, и/или смеси может увеличить движение и/или скорость микропузырьков в смеси и, следовательно, может увеличить вероятность быстрого разрушения микропузырьков. В предпочтительном варианте осуществления температура раствора, подлежащего смешиванию, и/или смеси поддерживается в пределах приблизительно от 20 до 30°C.

Все еще ссылаясь на фиг. 2, как показано, приводной вал 1142 может проходить от двигателя 1150 сквозь камеру охлаждения 1114 и соединяться с рабочим колесом 1120. В показанном примере камера охлаждения 1114 определена двумя торцевыми стенками 1116, 1118 и боковой стенкой 1136. В некоторых вариантах исполнения длина охлаждающей камеры 1114 вдоль оси вращения 1122 рабочего колеса 1120 может быть приблизительно равна длине корпуса 1102 вдоль оси вращения 1122 рабочего колеса 1120. В некоторых вариантах исполнения камера охлаждения может иметь цилиндрическую форму и может иметь диаметр около 2/3 диаметра первой части 1134 рабочего колеса 1120. В других вариантах исполнения камера охлаждения может не иметь цилиндрическую форму, и например, по меньшей мере в одном варианте охлаждающая камера может иметь профиль поперечного сечения квадратной формы. В показанном примере охлаждающая камера 1114 включает в себя впускное отверстие 1146 и выпускное отверстие 1148, чтобы позволить охлаждающей жидкости, такой как, например, вода или антифриз, циркулировать через охлаждающую камеру. В некоторых примерах насос может использоваться для циркуляции охлаждающей жидкости. Несколько уплотнений могут использоваться для предотвращения утечки охлаждающей жидкости из охлаждающей камеры и в смесительную камеру 1108 и утечки раствора из смесительной камеры 1108 в камеру охлаждения 1114.

Возвращаясь к фиг. 1, как показано, рабочее колесо 120 может включать в себя множество выпуклостей 154. В показанном примере множество выпуклостей 154 расположены на первой торцевой поверхности 128 рабочего колеса 120. Соответственно, в показанном примере смесительная камера 108 примыкает к множеству выпуклостей 154. Множество выпуклостей 154 может выступать наружу от первой торцевой поверхности 128, по существу, параллельно оси смешивания 122.

Ссылаясь теперь на фиг. 3, показан вид спереди, т.е. обращенный к первой торцевой поверхности 2128, третьего примерного варианта исполнения рабочего колеса 2120. В показанном примере рабочее колесо 2120 установлено с возможностью вращения внутри корпуса 2102 смесителя 2100, часть корпуса 2102 не показана, так что могут быть проиллюстрированы детали рабочего колеса 2120. Рабочее колесо 2120 аналогично рабочим колесам 120, 1120, и аналогичные элементы обозначены ссылочными цифрами, увеличенными на 2000 (относительно рабочего колеса 120). Соответственно, признаки, описанные со ссылкой на рабочее колесо 2120, могут быть применимы к рабочим колесам 120, 1120, а признаки, описанные со ссылкой на рабочие колеса 120, 1120 могут быть применимы к рабочему колесу 2120. Кроме того, смеситель 2100 аналогичен смесителю 100, за исключением рабочего колеса. Смеситель 2100 также аналогичен смесителю 1100 с отличиями, указанными ниже. Соответственно, признаки, описанные со ссылкой на смеситель 2100, могут быть применены к смесителям 100, 1100 и наоборот.

В показанном примере на фиг. 3, множество выпуклостей 2154 на рабочем колесе 2120 расположе-

ны по схеме, которая проходит в радиальном направлении от центральной части 2156 первой торцевой поверхности 2128 до периферийной кромки 2160 первой торцевой поверхности 2128. Во время использования смесителя множество выпуклостей 2154 могут действовать как лопасти для смешивания. В показанном примере рабочее колесо 2120 включает в себя семьдесят две выпуклости 2154, расположенных в виде пяти концентрических окружностей. В других примерах рабочие колеса 120, 1120, 2120 могут включать в себя другое количество выпуклостей, например, приблизительно от 30 до 200 выпуклостей. Кроме того, по меньшей мере в одном примерном варианте исполнения выпуклости могут быть расположены в виде любого количества концентрических окружностей. В еще одном примерном варианте исполнения выпуклости могут быть расположены случайным образом на первой торцевой поверхности рабочих колес 120, 1120, 2120.

Согласно тому же фиг. 3, в некоторых примерах рабочего колеса 2120 выпуклости 2154 могут иметь профиль поперечного сечения трапециевидной формы. В других примерах выпуклости 2154 могут иметь, например, профиль поперечного сечения треугольной, серповидной или многоугольной формы. В показанном примере профиль поперечного сечения выпуклостей 2154 является постоянным среди множества выпуклостей 2154. То есть форма первой выпуклости 2154a является такой же, как форма второй выпуклости 2154b. В других примерах выпуклости 2154 могут не иметь одинаковую форму и/или размер. Например, по меньшей мере в одном варианте исполнения, выпуклости 2154, ближайšie к центру 2156 первой торцевой поверхности 2128, могут иметь больший профиль поперечного сечения, чем профиль выпуклостей 2154, расположенных вблизи периферийной кромки 2160 первой торцевой поверхности 2128. Как показано, выпуклости 2154 могут иметь постоянный профиль поперечного сечения вдоль их длины; однако, по меньшей мере в одном другом примерном варианте исполнения профиль поперечного сечения может изменяться. Например, по меньшей мере в одном примерном варианте исполнения, по меньшей мере, часть выпуклостей 154, 1154, 2154 может иметь профиль поперечного сечения трапециевидной формы у их основания, т.е. у передней поверхности рабочего колеса 120, 1120, 2120 и может иметь форму остроконечной пики на их противоположном дистальном конце. Возвращаясь к фиг. 1, как показано, может быть желательным сконструировать корпус 102 и рабочее колесо 120 таким образом, чтобы зазор 164 между внутренней поверхностью 110 корпуса 102 и дистальным концом 162 выступов 154 был минимизирован. Было обнаружено, что, когда зазор 164 между дистальными концами 162 выпуклостей 154 и корпусом 102 минимален, качество вырабатываемой флотационной смеси, генерируемой внутри смесительной камеры 108, может быть улучшено. Зазор 164 может быть определен экспериментально, чтобы получить смесь, которая имеет желаемый уровень качества в зависимости от применения смесителя 100.

Ссылаясь теперь на фиг. 2, как показано по меньшей мере в одном из вариантов исполнения, внутренняя поверхность 1110 корпуса 1102 обращенная к первой торцевой поверхности 1128 рабочего колеса 1120 может иметь второе множество выпуклостей 1140. Как показано, второе множество выпуклостей 1140 может быть расположено по схеме, которая коррелируется с множеством выпуклостей 1154, расположенных на рабочем колесе 1120. То есть второе множество выпуклостей 1140 может быть в сопряженной схеме с множеством выпуклостей 1154, расположенных на рабочем колесе 1120. Например, множество выпуклостей 1154 рабочего колеса 1120 может быть расположено для образования первого набора концентрических колец на первой торцевой поверхности 1128 рабочего колеса 1120, а второе множество выпуклостей 1140 внутренней поверхности 1110 корпуса 1102 может располагаться так, чтобы образовывать второй набор концентрических колец на внутренней поверхности 1110 корпуса, так что, когда выпуклости обращены друг к другу, они делают это перемеживающимся или смежным образом. В других вариантах исполнения каждая выпуклость второго множества выпуклостей 1140 может совпадать с выпуклостью множества выпуклостей 1154. Как показано, второе множество выпуклостей 1140 может располагаться вокруг впускного отверстия для жидкости 1194, проходящего сквозь корпус 1102, так что раствор для смешивания может подаваться в смесительную камеру 1108. Как показано, путем добавления второго множества выпуклостей 1140 на внутренней поверхности 1110 корпуса 1102, по причине того, что эти выпуклости сопряжены с выпуклостями 1154, расположенными на рабочем колесе, пространство, которое в противном случае свободно между соседними выпуклостями 1154, расположенными на рабочем колесе 1120, может быть уменьшено.

Также ссылаясь на фиг. 2, в некоторых вариантах исполнения передняя стенка 1158 корпуса 1102 может быть съемной для облегчения обслуживания рабочего колеса 1120 и/или второго множества выпуклостей 1140. Выпуклости 154, 1154, 2154 могут быть произведены путем вырезания частей рабочего колеса 120 с помощью лазерного токарного станка. Соответственно, как показано на фиг. 1, выпуклости 154 и первая и вторая части 134, 138 рабочего колеса 120 могут быть все произведены из одной монолитной заготовки. В других примерах каждая выпуклость 154, 1154, 2154 может быть присоединена, например, приварена, к первой торцевой поверхности 128, 1128, 2128 рабочего колеса 120, 1120, 2120.

Возвращаясь к фиг. 3, в показанном примере рабочее колесо 2120 включает в себя по меньшей мере одно выходное отверстие 2170 канала для сжатого газа на первой торцевой поверхности 2128 рабочего кольца 2120. Как показано, рабочее колесо 2120 может включать в себя шесть выходных отверстий 2170 каналов для сжатого газа. При использовании каждое выходное отверстие 2170 канала для сжатого газа

используется для подачи сжатого газа в смесительную камеру 2108. Когда сжатый газ подается в смесительную камеру 2108, он может раскомпрессироваться и может стать несжатым газом. Как показано, каждое выходное отверстие 2170 канала для сжатого газа может быть расположено в центральной части 2156 первой торцевой поверхности 2128 рабочего колеса 2120. Кроме того, по меньшей мере в одном примерном варианте исполнения каждое выходное отверстие 2170 канала для сжатого газа может быть расположено радиально внутрь относительно каждой выпуклости из множества выпуклостей 2154. То есть расстояние между выходным отверстием 2170а канала для сжатого газа и ближайшим к этому выходному отверстию 2170а участком периферийной кромки 2160 первой торцевой поверхности 2128 может быть больше, чем расстояние между любой из выпуклостей 2154а и ближайшим к этой выпуклости 2154а участком периферийной кромки 2160 первой торцевой поверхности 2128. Возвращаясь к фиг. 1, по меньшей мере в одном примерном варианте исполнения выходные отверстия 170 каналов для сжатого газа могут быть расположены на первой торцевой поверхности 128 среди множества выпуклостей 154.

Все еще ссылаясь на фиг. 1, рабочее колесо 120 может включать в себя по меньшей мере один канал для газа 172, соединяющий каждый из по меньшей мере одного выходного отверстия 170 канала для газа с соответствующим одним входным отверстием 174 канала для сжатого газа. В проиллюстрированном примере каждый из входных отверстий 174 каналов для сжатого газа расположен на боковой стенке 132 рабочего колеса. В частности, как показано, каждый из входных отверстий 174 каналов для сжатого газа может быть расположен во второй части 138 боковой стенки 132. Как показано, каналы для сжатого газа 172 могут проходить от соответствующего входного отверстия 174 канала для сжатого газа к соответствующему выходному отверстию 170 канала для сжатого газа по изогнутой траектории. В других вариантах исполнения может быть другое количество каналов для газа 172, 1172 и соответствующих входных отверстий для газа 174, 1174 и выходных отверстий для газа 170, 1170, 2170 по сравнению с тем, что показано на фиг. 1, 2 и 3.

Как показано на фиг. 2, каждое из входных отверстий 1174 каналов для сжатого газа может быть расположено в первой части 1134 боковой стенки 1132.

По меньшей мере в одном другом примерном варианте исполнения, каждое из входных отверстий 174, 1174 каналов для сжатого газа может быть расположено на боковой стенке приводного вала 142, 1142. В таком примере входные отверстия 174, 1174 каналов для сжатого газа могут быть расположены в части приводного вала 142, 1142, которая находится внутри смесительной камеры 108, 1108 или охлаждающей камеры 1114. В качестве альтернативы, входные отверстия 174, 1174 каналов для сжатого газа могут располагаться в той части приводного вала 142, 1142, которая находится за пределами смесительной камеры 108, 1108 и охлаждающей камеры 1114.

Как показано на фиг. 1, и, как описано выше, каждое выходное отверстие 170 канала для сжатого газа может иметь соответствующий канал для сжатого газа 172, проходящий от соответствующего входного отверстия 174 канала для сжатого газа. В некоторых примерах рабочее колесо 120 может включать в себя только одно входное отверстие 174 канала для сжатого газа, и несколько ответвлений канала для сжатого газа могут отходить от одного канала для сжатого газа, соединенного с входным отверстием 174 канала для сжатого газа, внутри рабочего колеса 120, и каждое из этих ответвлений может соединяться с соответствующим выходным отверстием 170 канала для сжатого газа.

Было обнаружено, что для получения флотационной смеси со скоростью около "10 л/мин", сжатый воздух может подаваться в смесительную камеру 108 со скоростью около "от 3 до 4 л/мин" под давлением в диапазоне приблизительно от 1,5 бар до приблизительно 2 бар. Кроме того, было обнаружено, что шесть каналов для сжатого газа 172, каждый из которых имеет постоянный диаметр около от 0,2 до 0,4 мм от входного отверстия 174 до выходного отверстия 170, способны подавать указанное количество сжатого воздуха в смесительную камеру 108. В других примерах меньшее количество каналов для газа 172 большего диаметра может использоваться для подачи сжатого газа в смесительную камеру 108; альтернативно, можно использовать больше каналов для газа 172, имеющих меньший диаметр. Также может быть желательным включить множество меньших выходных отверстий 170 каналов для сжатого газа, в отличие от одного большого выходного отверстия 170 канала для сжатого газа, чтобы способствовать рассеиванию не сжатого газа по смесительной камере 108 на первой торцевой поверхности 128.

Все еще ссылаясь на фиг. 1, в показанном примере, смеситель 100 включает впускное отверстие для сжатого газа 180, расположенное на второй боковой части 182 корпуса 102, для подачи сжатого газа к входному отверстию 174 каждого канала для сжатого газа 172. Как показано по меньшей мере в одном примерном варианте исполнения, впускное отверстие для сжатого газа 180 может включать в себя распылительную форсунку 184. В показанном примере распылительная форсунка 184 проходит сквозь корпус 102 и включает в себя множество выпускных отверстий 186 для выпуска сжатого газа в смесительную камеру 108. Как показано по меньшей мере в одном примерном варианте исполнения, может быть зазор 188 между выпускными отверстиями 186 форсунки и входными отверстиями 174 каналов для сжатого газа. Соответственно, при выпуске сжатого газа в смесительную камеру 108 часть сжатого газа может не поступать из выпускных отверстий 186 форсунки к входным отверстиям 174 каналов для сжатого газа. Эта часть газа, которая не поступает через один из каналов для сжатого газа 172, может проходить через зазор 188 между рабочим колесом 120 и внутренней поверхностью 110 корпуса 102 и может (а)



проходить к первой торцевой поверхности 128 и смешиваться с раствором с помощью множества выпуклостей 154; или (b) выходить из смесительной камеры 108 через выпускное отверстие для жидкости 196, без смешивания с помощью множества выпуклостей 154. Уплотнение (не показано) может быть размещено между боковой стенкой 132 и внутренней стенкой корпуса 110 в промежутке между впускным отверстием для сжатого газа 180 и первой частью 134 рабочего колеса 120, чтобы уменьшить утечку сжатого газа из смесительной камеры 108 через выпускное отверстие для жидкости 196. В этом случае смесительная камера 108 может быть ограничена данным уплотнением и внутренними поверхностями 110 множества стенок 112, расположенных между данным уплотнением и впускным отверстием для жидкости 194. Как показано на фиг. 2, впускное отверстие для сжатого газа 1180 может располагаться на первой боковой части 1198 корпуса 1102. В другом примере впускное отверстие для сжатого газа 1180 может располагаться на первом конце 1104 корпуса 1102. В этом случае сжатый газ может подаваться в смесительную камеру 1108 через дополнительную деталь (не показано) смесителя 1100. По меньшей мере в одном примере исполнения, такой деталью может быть одна или несколько полых трубок, проходящих сквозь корпус 1102 в районе первого конца 1104, т.е. через переднюю стенку 1158, к центральной части 1156 первой торцевой поверхности 1128 рабочего колеса 1120. В другом примерном варианте исполнения трубки могут проходить внутри впускного отверстия для жидкости 1194 к центральной части 1156 первой торцевой поверхности 1128. В этом случае каждая из трубок имеет по меньшей мере одно входное и одно выходное отверстие для сжатого газа. В других примерных вариантах исполнения впускное отверстие для сжатого газа 180, 1180 может отсутствовать. В таких вариантах исполнения сжатый газ может быть объединен с потоком раствора перед подачей в смесительную камеру 108, 1108.

Как показано на фиг. 1, и описано выше, каждое выходное отверстие 170 канала для сжатого газа может иметь соответствующее входное отверстие 174 канала для сжатого газа, расположенное на боковой стенке 132 рабочего колеса. Соответственно, при использовании, когда рабочее колесо 120 вращается, сжатый газ может не непрерывно подаваться во входные отверстия 174 каналов для сжатого газа. Например, когда рабочее колесо 120 поворачивается на  $180^\circ$  от положения, показанного на фиг. 1, входные отверстия 174 каналов для сжатого газа могут находиться на противоположной стороне корпуса 102 относительно впускного отверстия для сжатого газа 180. В этом положении сжатый газ, выпускаемый в смесительную камеру 108, не может легко проходить ни к одному из входных отверстий 174 каналов для сжатого газа. Соответственно, по меньшей мере в одном примерном варианте исполнения, входные отверстия 174 каналов для сжатого газа могут быть расположены так, что входные отверстия 174 каналов для сжатого газа образуют кольцо вокруг боковой стенки 132 рабочего колеса. То есть для рабочего колеса 120, имеющего шесть входных отверстий 174 каналов для сжатого газа, каждое входное отверстие 174 может быть расположено на одинаковом расстоянии от второго торца 126 рабочего колеса, и может быть расположено на расстоянии  $60^\circ$  от соседнего входного отверстия канала для сжатого газа вокруг оси вращения 122 рабочего колеса 120. В этом примере сжатый газ может быть более равномерно распределен по входным отверстиям 174 каналов для сжатого газа, и объем сжатого газа, который не поступает к входным отверстиям 174 каналов для сжатого газа, может быть уменьшен. По меньшей мере в одном примерном варианте исполнения распылительная форсунка 184 может включать в себя обратный клапан 192. Обратный клапан 192 может гарантировать, что сжатый газ не сможет пройти из смесительной камеры 108 в распылительную форсунку 184. Все еще ссылаясь на фиг. 1, в показанном примере, смеситель 100 включает впускное отверстие для жидкости 194, расположенное на первом конце 104 корпуса 102. Как показано, впускное отверстие для жидкости 194 может проходить сквозь корпус 102. При использовании раствор для смешивания может подаваться в смесительную камеру 108 через впускное отверстие для жидкости 194. В показанном примере впускное отверстие для жидкости 194 совмещено по оси с рабочим колесом 120 и расположено вблизи первой торцевой поверхности 128 рабочего колеса 120. Соответственно, в показанном примере раствор для смешивания и сжатый газ поступают в смесительную камеру 108 с противоположных направлений.

Смеситель 100 может также включать выпускное отверстие для жидкости 196, расположенное в первой боковой части 198 корпуса 102. Как показано, выпускное отверстие для жидкости 196 может проходить сквозь корпус 102. В некоторых примерах смесителя 100, выпускное отверстие для жидкости 196 может проходить сквозь корпус 102 и может проходить, по существу, параллельно впускному отверстию для жидкости 194. То есть в некоторых примерах выпускное отверстие для жидкости 196 может быть расположено на первом конце 104 корпуса 102. При использовании выпускное отверстие для жидкости 196 может использоваться для выпуска раствора и несжатого газа в форме смеси из смесительной камеры 108.

Смесь.

Для получения смеси с использованием смесителя 100, смешиваемый раствор и сжатый газ могут подаваться в смесительную камеру 108 (примеры ниже обсуждаются со ссылкой на смеситель 100, но может быть использован смеситель 1100 или 2100). Внутри смесительной камеры 108 рабочее колесо 120 может создавать вихревой поток с высокой степенью турбулентности. Из-за высокой степени турбулентности могут образовываться микропузырьки внутри смесительной камеры 108. Эти микропузырьки и оставшаяся часть раствора могут затем выгружаться из смесительной камеры 108 в виде смеси. Эта

смесь может быть использована при переработке руд и техногенных минеральных образований (более подробно описано ниже). В качестве альтернативы, эту смесь можно использовать (ниже приведен неограничивающий список примеров): (1) для очистки сточных вод от нефтяного загрязнения в нефтегазовой промышленности и сточных вод от масло-жировых эмульсий в пищевой промышленности; (2) в качестве тонкодисперсной пищевой эмульсии, когда смешиваемый раствор представляет собой раствор биологически активных соединений, а газ представляет собой диоксид углерода или кислород; (3) в индустрии красоты для производства косметических микроэмульсий; (4) в фармакологической промышленности для диспергирования фармацевтических препаратов; и (5) в производстве краски для диспергирования пигмента.

В неограничивающем примере использования смесителя 100, смешиваемый раствор может представлять собой водный раствор многокомпонентного поверхностно-активного вещества, состоящего из водорастворимого компонента и маслорастворимого компонента (далее именуемый как "раствор, содержащий многокомпонентный ПАВ"). Некоторые примеры многокомпонентных поверхностно-активных веществ, которые могут быть использованы, включают, но не ограничиваются, диалкилдитиофосфаты, тионокарбаматы, ксантогенаты, монобутиловые эфиры полиэтиленгликолей, монобутиловые эфиры полипропиленгликолей, триэтоксидбутан, и оксиэтилированные алкилфенолы, и любые их комбинации. В других не ограничивающихся примерах многокомпонентное поверхностно-активное вещество может быть приготовлено с использованием:

- (a) смеси водорастворимого поверхностно-активного вещества и маслорастворимого поверхностно-активного вещества с низкомолекулярной структурой;
- (b) смеси водорастворимого поверхностно-активного вещества и маслорастворимого поверхностно-активного вещества олигомерной структуры;
- (c) смеси водорастворимого поверхностно-активного вещества и маслорастворимого поверхностно-активного вещества с низкой молекулярной массой и с олигомерной структурой; или
- (d) смеси низкомолекулярного водорастворимого поверхностно-активного вещества и окисляемого водорастворимого поверхностно-активного вещества, которое может превращаться в маслорастворимое поверхностно-активное вещество в результате аэрации кислородом (т.е. когда смешивается со сжатым газом, содержащим кислород, в смесительной камере 108).

Было обнаружено, что при смешивании раствора, содержащего многокомпонентное поверхностно-активное вещество, с газом полученная смесь обладает как собирательными, так и пенообразующими свойствами. Напротив, в известных способах флотации основные используемые реагенты разделяются в соответствии с их назначением; т.е. собиратели, пенообразователи и модификаторы. То есть в известных способах основные реагенты добавляются в пульпу отдельно, как правило, в следующем порядке: (a) модификаторы; (b) собиратели (для обеспечения гидрофобизации поверхности минеральных частиц); и (c) пенообразователи (чтобы газовые пузырьки, стабилизированные поверхностно-активными веществами, более прочно закреплялись на поверхности гидрофобизированных минеральных частиц).

Кроме того, было обнаружено, что количество газовых микропузырьков во флотационной смеси, полученной с использованием известных способов, может быть значительно меньше, чем может быть желательно. То есть было обнаружено, что известные способы флотации обычно дают смеси, содержащие менее 7% по объему газовых микропузырьков, тогда как желаемая флотационная смесь может содержать 25-30% по объему газовых микропузырьков ("по объему" относится к "по объему произведенных газовых пузырьков", а не "по объему всей смеси"). В частности, желаемая флотационная смесь может содержать 25-30% крупных и средних газовых пузырьков; 35-40% мелких газовых пузырьков; и 25-30% газовых микропузырьков (где крупные пузырьки обычно имеют размер 2-4 мм; средние пузырьки обычно имеют размер 0,2-2 мм; мелкие пузырьки обычно имеют размер 100 мкм-1 мм; и микропузырьки обычно имеют размер 40-70 мкм). Такой состав газовых пузырьков внутри флотационной смеси может быть очень полезным для флотации минеральных частиц, потому что каждый тип пузырьков имеет разное назначение во время процесса флотации. В частности, крупные и средние газовые пузырьки могут быть транспортирующими пузырьками, мелкие газовые пузырьки могут фиксироваться на поверхности минеральных частиц флотационного размера (>74 мкм), а газовые микропузырьки могут прикрепляться к тонким минеральным частицам. Крупные и средние газовые пузырьки относятся к транспортирующим пузырькам, так как они могут иметь более высокую подъемную способность по сравнению с мелкими газовыми пузырьками и газовыми микропузырьками, так как они содержат больше газа.

Было обнаружено, что при смешивании раствора, содержащего многокомпонентное поверхностно-активное вещество, в смесителе 100, может быть получена желаемая смесь, описанная выше. Кроме того, было обнаружено, что при смешивании определенных составов раствора, содержащего многокомпонентное поверхностно-активное вещество, можно получить мелкие газовые пузырьки каскадной структуры, состоящие из нескольких газовых микропузырьков, стабилизированных ПАВ. Эти мелкие газовые пузырьки каскадной структуры могут действовать как транспортирующие пузырьки. Из-за их относительно небольшого размера каскады газовых микропузырьков, стабилизированных ПАВ, могут двигаться быстрее и могут интенсифицировать процесс флотации по сравнению с обычными крупными и средними транспортирующими пузырьками.

Свойства смеси, такие как количество и размер микропузырьков, могут контролироваться путем изменения состава раствора, содержащего многокомпонентное поверхностно-активное вещество, подаваемого в смеситель. Какое многокомпонентное поверхностно-активное вещество использовать в растворе, содержащем многокомпонентный ПАВ, может зависеть от характеристик и/или состава флотированной пульпы. Например, размер частиц руды внутри пульпы может определять, какой раствор, содержащий многокомпонентное поверхностно-активное вещество, использовать. Кроме того, выбор многокомпонентного поверхностно-активного вещества может зависеть от желаемого соотношения флотационно-активных газовых микропузырьков к мелким газовым пузырькам каскадной структуры. Например, при увеличении доли водорастворимого мицеллообразующего ПАВ в составе раствора многокомпонентного ПАВ, может увеличиться доля по объему газовых микропузырьков и мелких газовых пузырьков каскадной структуры в составе смеси, генерируемой смесителем 100. При увеличении доли водорастворимого ПАВ, который не образует мицеллы (например, метил изобутил карбинол), в составе раствора многокомпонентного ПАВ, доля по объему мелких газовых пузырьков каскадной структуры в смеси, генерируемой смесителем 100, может снижаться. Доля газовых микропузырьков, стабилизированных ПАВ, и мелких газовых пузырьков каскадной структуры в генерируемой смеси может также зависеть от соотношения объемов водорастворимого ПАВ и газа, подаваемых в смесительную камеру за единицу времени. Характеристиками многокомпонентного ПАВ, которые могут влиять на свойства смеси, и поэтому могут определять какой раствор, содержащий многокомпонентный ПАВ, использовать, также являются: соотношение полярной и неполярной групп в составе многокомпонентного ПАВ; и количество олигомерных групп в составе многокомпонентного ПАВ.

В целом было обнаружено, что когда сжатый газ и раствор, содержащий многокомпонентный ПАВ, подаются в смеситель 100, флотационная смесь, выгружаемая из смесительной камеры 108, может включать в себя следующие флотационно-активные микропузырьки, стабилизированные ПАВ:

- (a) газовые микропузырьки;
- (b) эмульсионные микропузырьки; и
- (c) микрокапли, содержащие маслорастворимое поверхностно-активное вещество.

Было обнаружено, что эта флотационная смесь обладает следующими эффективными флотационными свойствами: собирательными (из-за эмульсионных микропузырьков и микрокапель); пенообразующими (за счет газовых микропузырьков и их каскадов); и агрегирующими или флокулирующими тонкие минеральные частицы (из-за микрокапель, содержащих маслорастворимое поверхностно-активное вещество олигомерной структуры).

Принципиальная схема газового микропузырька, стабилизированного поверхностно-активным веществом, показана на фиг. 4А. Газовые микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом, могут образовываться вследствие процессов дисперсии и адсорбции, происходящих внутри смесителя 100 во время перемешивания. В частности, газ может быть распределен по смесительной камере 108, и молекулы поверхностно-активного вещества, содержащиеся в растворе, могут адсорбироваться на границе раздела вода/газ. В результате могут образовываться газовые микропузырьки, стабилизированные ПАВ. При работе смесителя 100 в типичных условиях, описанных ниже, могут быть получены различные размеры газовых микропузырьков, стабилизированных поверхностно-активным веществом. В некоторых примерах, большая доля, например, 60%, газовых микропузырьков, стабилизированных поверхностно-активным веществом, может быть меньше чем 50 мкм.

Во время использования смесителя 100 маслорастворимый компонент раствора может быть разбит на множество капель множеством выпуклостей 154 внутри смесительной камеры 108. Часть этих капель может приобретать достаточную скорость для столкновения и проникновения в неполярную часть газового микропузырька, стабилизированного поверхностно-активным веществом, дисперсионными силами, в результате чего образуется эмульсионный микропузырек, стабилизированный ПАВ (далее ЭМП). При проникновении капли поверхностно-активного вещества объединяются, образуя слой на границе раздела газ/жидкость. Принципиальная схема эмульсионного микропузырька показана на фиг. 4В. ЭМП могут образовываться в результате проникновения капель маслорастворимого поверхностно-активного вещества через частично деформированные узкие каналы газовых микропузырьков, стабилизированных ПАВ.

Оставшаяся часть маслорастворимых капель может быть стабилизирована в смесительной камере 108 молекулами водорастворимого поверхностно-активного вещества, в результате чего могут образовываться микрокапли, стабилизированные ПАВ. Принципиальная схема микрокапли, стабилизированной ПАВ, показана на фиг. 4С. В типичных условиях работы смесителя эти капли имеют средний размер около 20 мкм. В показанном примере капли состоят из маслорастворимого поверхностно-активного вещества с низкой молекулярной массой, а также олигомерной структуры, и стабилизированы молекулами водорастворимого поверхностно-активного вещества.

Это может быть желательным генерировать флотационную смесь, содержащую следующие флотационно-активные микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом: газовые микропузырьки, эмульсионные микропузырьки и микрокапли, содержащие молекулы маслорастворимого поверхностно-активного вещества, поскольку эта флотационная смесь может улучшить флотированность тонких частиц минерала при переработке руд и ТМО. Каким образом флотационно-активные микропу-

зырьки могут взаимодействовать с минеральными частицами для поднятия этих минеральных частиц на поверхность пульпы показано на фиг. 5А-5С. Ссылаясь на фиг. 5А, было обнаружено, что газовый микропузырек, стабилизированный ПАВ, 402 при столкновении с минеральной частицей 404 может крепко закрепляться на его поверхности. Затем этот газовый микропузырек, объединенный с минеральной частицей, 406 может прикрепляться к транспортирующему пузырьку 408, который может поднять газовый микропузырёк, объединенный с частицей минерала, 406 на поверхность пульпы. Ссылаясь на фиг. 5В, было обнаружено, что эмульсионный микропузырек, стабилизированный ПАВ, 410, имеющий тот же размер, что и газовый микропузырек, стабилизированный поверхностно-активным веществом, 402, может иметь большую кинетическую энергию из-за присутствующего в нем промежуточного слоя маслорастворимого поверхностно-активного вещества. В результате при столкновении с минеральной частицей 404 эмульсионный микропузырек 410 может более эффективно уменьшать толщину гидратной оболочки минеральной частицы 404 до критического значения, необходимого для фиксации эмульсионного микропузырька 410 на его поверхности. Одновременно слой маслорастворимого поверхностно-активного вещества 422 из эмульсионного микропузырька 410 может распределяться по поверхности этой минеральной частицы 404, что делает эту минеральную частицу более гидрофобной, и, как следствие, адгезия между эмульсионным микропузырьком 410 и этой минеральной частицей 404 может увеличиваться (эмульсионный микропузырек 410 после распределения маслорастворимого поверхностно-активного вещества 422 по поверхности минеральной частицы 404, по существу, представляет собой газовый микропузырек 402). Этот эмульсионный микропузырек, объединенный с минеральной частицей, 412 может затем прикрепляться к транспортирующему пузырьку 408, и быть поднятым на поверхность пульпы.

Ссылаясь теперь на фиг. 5С, было обнаружено, что при столкновении с мелкодисперсной частицей минерала 404 микрокапля 414, стабилизированная ПАВ, может также утончать ее гидратную оболочку, распределять маслорастворимый ПАВ 422 по ее поверхности (т.е. может образовывать минеральную частицу, покрытую маслорастворимым ПАВ, 416) То есть, столкновение микрокапель 414 и минеральных частиц 404 может увеличивать степень гидрофобности этих минеральных частиц 404. Следовательно, флотационно-активная микроэмульсия, содержащая капли маслорастворимого поверхностно-активного вещества 414, может улучшать флотацию так как газовые микропузырьки 402 могут более легко прикрепляться к минеральным частицам 416, покрытым маслорастворимым ПАВ (образуя газовый микропузырёк, объединенный с минеральной частицей, покрытой маслорастворимым ПАВ, 418). Затем этот газовый микропузырёк, объединенный с минеральной частицей, покрытой маслорастворимым ПАВ, 418 может прикрепляться к транспортирующему пузырьку 408, который может поднимать газовый микропузырек, объединенный с покрытой маслорастворимым ПАВ минеральной частицей, 418 к поверхности пульпы. Кроме того, микрокапли маслорастворимого поверхностно-активного вещества олигомерной структуры 414 могут также действовать как гидрофобный флокулянт, что может приводить к агрегации (420) тонких частиц минерала, покрытых маслорастворимым ПАВ, 416, и повышать эффективность их столкновения с пузырьками газа 402, 408, что, в свою очередь, может усиливать флотацию. Соответственно, как будет подробно описано ниже, это может быть желательным объединить эту флотационную смесь с пульпой, содержащей тонкие частицы минерала, в флотационной камере для отделения тонких частиц минерала от пульпы.

Флотация тонкодисперсных частиц минералов и ТМО.

Типичный процесс флотации включает три стадии: основная, перечистная и контрольная флотация. На основной стадии пульпа может быть разделена на черновой концентрат основной флотации с максимальным количеством минеральных частиц и хвосты основной флотации. В соответствии с принципами, описанными выше, смеситель 100 (или 1100, 2100) может использоваться для получения флотационной смеси, которая будет использоваться на стадии основной флотации. Во время перечистой операции черновой концентрат с основной стадии может быть дополнительно обработан для удаления нежелательных частиц и, таким образом, увеличения концентрации ценных минералов. На контрольной стадии хвосты основной флотации могут быть дополнительно обработаны для извлечения желательных минеральных частиц, которые не были отделены в черновой концентрат основной флотации. Опять же, в соответствии с принципами, описанными выше, смеситель 100 (или 1100, 2100) может быть использован для получения флотационной смеси, которая будет использоваться на перечистой и контрольной стадиях. Кроме того, следует отметить, что системы флотации могут быть довольно сложными и могут включать в себя несколько стадий основной, перечистой и контрольной флотации, а также различные варианты обогащения продуктов флотации, которые могут возвращаться на различные стадии процесса флотации или обрабатываться отдельно.

На фиг. 6 показана принципиальная схема флотационной системы 200. В показанном примере система 200 включает в себя источник раствора 202, источник сжатого газа 204 и смеситель 100 (примеры ниже обсуждаются со ссылкой на смеситель 100, но может использоваться смеситель 1100 или 2100). Как описано выше, смеситель 100 может использоваться для генерации флотационной смеси 206 из раствора и сжатого газа. Как показано, система 200 также может включать в себя источник пульпы 208. Система 200 также может включать в себя флотационную камеру 210, которая соединена потоком жидкости

со смесителем 100. В показанном примере флотационная камера используется для основной флотации. То есть внутри флотационной камеры 210 флотационная смесь 206, содержащая флотационно-активные микропузырьки (газовые микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом, 402, эмульсионные микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом, 410, и микрокапли, стабилизированные поверхностно-активным веществом, 414), может взаимодействовать, как описано выше, с пульпой для отделения минеральных частиц (в пенный продукт 212) и хвостов 214. По меньшей мере в одном примере осуществления, флотационная камера 210 и источник пульпы 208 могут быть компонентами предварительно существующей флотационной системы, и смеситель 100 может быть добавлен к этой ранее существующей системе. Кроме того, по меньшей мере в одном примере осуществления, флотационная система 200 может включать в себя более одного смесителя 100 и/или более одной флотационной камеры 210. Например, два смесителя 100 могут быть подключены к одной флотационной камере с двух противоположных сторон, чтобы обеспечить более равномерную подачу микропузырьков по всему объему флотационной камеры. По меньшей мере в другом одном примере осуществления, флотационная система 200 может включать три флотационные камеры 210 и два смесителя 100. В этом случае хвосты из первой флотационной камеры 210 могут подаваться во вторую флотационную камеру для дополнительной флотации (т.е. основной или контрольной флотации), и затем в третью флотационную камеру для заключительной флотации (т.е. контрольной флотации). При этом первый смеситель 100 может быть подключен ко второй флотационной камере 210, и второй смеситель 100 может быть подключен к третьей флотационной камере 210. Как отмечено выше, в некоторых примерах осуществления может быть любое количество камер для основной, перемешивающей и контрольной флотации. Кроме того, флотационная система 200 может включать оборудование, не указанное на фиг. 6. Например, по меньшей мере в одном примере осуществления флотационной системы 200, может быть компрессор, предусмотренный для сжатия газа перед подачей в смеситель 100 (т.е. источник сжатого газа 204 может включать компрессор). По меньшей мере в одном примере осуществления флотационной системы 200, может быть резервуар, предусмотренный для подготовки раствора перед его подачей в смеситель 100 (т.е. источник раствора 202 может включать резервуар). По меньшей мере в одном примере осуществления флотационной системы 200, может быть предусмотрен насос для подачи раствора в смеситель 100 из источника раствора. По меньшей мере в одном примере осуществления флотационной системы 200, могут быть предусмотрены вентили, установленные на впускном 194 и выпускном 196 отверстиях для жидкости смесителя 100, для регулирования потока жидкости в/из смесителя 100.

Все еще ссылаясь на фиг. 6, в проиллюстрированном примере можно использовать трубопроводы (обозначенные стрелками) для соединения различных компонентов системы 200. Как показано, в некоторых примерах системы 200 флотационная смесь 206, создаваемая смесителем 100, может подаваться непосредственно во флотационную камеру 210, как в системе, показанной на фиг. 7. В других примерах системы 200 флотационная смесь 206 может быть объединена с потоком пульпы из источника пульпы 208 перед подачей во флотационную камеру 210. Как показано по меньшей мере в одном примере осуществления системы 200 сжатый газ может подаваться непосредственно в смеситель 100. Альтернативно, по меньшей мере в одном другом примере осуществления системы 200, сжатый газ может быть объединен с потоком раствора из источника раствора 202 перед подачей в смеситель 100.

На фиг. 8 показана блок-схема, иллюстрирующая пример осуществления способа 300 для создания флотационной смеси. Способ 300 представляет собой способ получения смеси, содержащей следующие флотационно-активные микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом: газовые микропузырьки, эмульсионные микропузырьки и микрокапли. Как показано, способ 300 может начинаться на этапе 302, на котором предоставляется смеситель. Смеситель аналогичен смесителю 100 и включает в себя рабочее колесо, которое может вращаться, причем рабочее колесо имеет множество выпуклостей, выступающих от первой торцевой поверхности рабочего колеса в примыкающую смесительную камеру. По меньшей мере в одном другом примерном варианте осуществления этап 302 может включать в себя предоставление смесителя 100.

Все еще ссылаясь на фиг. 8, на этапе 304 раствор многокомпонентного поверхностно-активного вещества подается в смесительную камеру смесителя, предоставленного на этапе 302. Затем на этапе 306 сжатый газ подается в смесительную камеру через выходные отверстия каналов для сжатого газа, расположенные в рабочем колесе смесителя, предоставленного на этапе 302. Когда сжатый газ подается в смесительную камеру, сжатый газ может стать несжатым газом. По меньшей мере в одном примерном варианте осуществления этап 304 и этап 306 могут выполняться смежно. По меньшей мере в одном другом примерном варианте осуществления этап 304 может следовать за этапом 306 или наоборот.

Как показано, как только раствор многокомпонентного поверхностно-активного вещества и сжатый газ подаются в смеситель, на этапе 308 рабочее колесо смесителя может вращаться. Вращение рабочего колеса, в то время как подаются раствор многокомпонентного ПАВ и сжатый газ, может смешивать не сжатый газ и смешиваемый раствор, и может диспергировать не сжатый газ и по меньшей мере часть смешиваемого раствора для образования флотационной смеси. В некоторых примерах этапы 304, 306 и 308 могут выполняться смежно. То есть, в некоторых примерах способа 300 рабочее колесо может постоянно вращаться в течение некоторого периода времени, и в течение этого периода времени раствор

многокомпонентного поверхностно-активного вещества и сжатый газ могут непрерывно подаваться в смесительную камеру с соответствующей скоростью.

По меньшей мере в одном примерном варианте осуществления, в смеситель 100 может подаваться водный раствор многокомпонентного ПАВ со скоростью 8000-10000 л/ч, и сжатый воздух со скоростью 3500-4500 л/ч, под давлением в диапазоне приблизительно от 1,5 бар до приблизительно 2 бар. По меньшей мере в одном примерном варианте осуществления для смешивания и диспергирования сжатого воздуха и многокомпонентного поверхностно-активного вещества рабочее колесо может вращаться со скоростью от 2800 до 3000 об/мин. Для вращения рабочего колеса может быть применен двигатель.

Экспериментальные данные.

Была проведена серия экспериментов для проверки следующего:

(а) способность смесителя 100 производить флотационную смесь, имеющую следующие флотационно-активные микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом: газовые микропузырьки, эмульсионные микропузырьки и микрокапли, содержащие молекулы маслорастворимого ПАВ, при подаче водного раствора многокомпонентного поверхностно-активного вещества и сжатого воздуха; и

(б) увеличивает ли флотационная смесь, полученная в (а), флотацию тонкодисперсных минералов.

Испытания также были использованы для определения характеристик флотационной смеси, полученной на стадии (а), таких как размер генерируемых микропузырьков.

Эксперимент 1.

Проведены флотационные тесты (тест 1 - в базовом режиме; и тест 2-е использованием способа, описанного в настоящем документе, см. табл. 1 ниже) в кинетическом режиме на упорной золотосодержащей руде на флотомашине "Механобр Техника" ФЛ-240 с объемом камеры 3 дм<sup>3</sup> с применением реагента вспенивателя Флотанол С-7. Для теста в базовом режиме водные растворы реагентов Рb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, бутилксантат и Флотанол С-7 (т.е. модификаторы, собиратели, и пенообразователи), применяемые на фабрике в промышленной флотации, подавались непосредственно во флотационную машину "Механобр Техника" ФЛ-240. Для теста в соответствии со способом, описанным в настоящем документе, такие же и как и в тесте базового режима водные растворы реагентов, кроме пенообразователя Флотанол С-7, также подавались непосредственно во флотационную машину "Механобр Техника" ФЛ-240, и водный раствор пенообразователя Флотанол С-7 подавался в смесительную камеру смесителя 100 для получения флотационной смеси, содержащей следующие микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом: воздушные микропузырьки, эмульсионные микропузырьки и микрокапли. Эту флотационную смесь затем подавали во флотационную машину "Механобр Техника" ФЛ-240. Результаты флотации приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты флотации в кинетическом режиме на упорной золотосодержащей руде с применением реагента вспенивателя Флотанол С-7

| Наименование продуктов | Выход, % | Сод-е Au, г/т | Извл-е Au, % | Примечание                                                                                                                                               |
|------------------------|----------|---------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Концентрат, 16 мин.    | 8,06     | <b>14,08</b>  | <b>60,38</b> | Базовый режим:<br>Рb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> – 70 г/т,<br>Бутиловый ксантогенат – 150 г/т,<br>Флотанол С-7 – 7 г/т                                |
| Хвосты                 | 91,94    | 0,81          | 39,62        |                                                                                                                                                          |
| Питание                | 100,00   | 1,9           | 100,00       | С способом, описанным в настоящем документе:<br>Рb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> – 70 г/т,<br>Бутиловый ксантогенат – 150 г/т,<br>Флотанол С-7 – 7 г/т  |
| Концентрат, 16 мин.    | 7,89     | <b>15,14</b>  | <b>64,31</b> |                                                                                                                                                          |
| Хвосты                 | 92,11    | 0,72          | 35,69        | С способом, описанным в настоящем документе:<br>Рb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> – 70 г/т,<br>Бутиловый ксантогенат – 150 г/т,<br>Флотанол С-7 – 10 г/т |
| Питание                | 100,00   | 1,9           | 100,00       |                                                                                                                                                          |
| Концентрат, 16 мин.    | 10,36    | <b>13,50</b>  | <b>69,32</b> | С способом, описанным в настоящем документе:<br>Рb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> – 70 г/т,<br>Бутиловый ксантогенат – 150 г/т,<br>Флотанол С-7 – 10 г/т |
| Хвосты                 | 89,64    | 0,69          | 30,68        |                                                                                                                                                          |
| Питание                | 100,00   | 2,0           | 100,00       |                                                                                                                                                          |

Как показано, по базовому реагентному режиму с использованием пенообразователя Флотанол С-7 (расход 7 г/т) выход золотосодержащего концентрата составил 8,06% с содержанием золота 14,08 г/т при извлечении 60,38%. При применении способа, описанного в настоящем документе, получено 7,89% концентрата с содержанием золота 15,14 г/т при извлечении 64,31%. Рост извлечения золота составил 3,93% при одновременном улучшении качества концентрата.

При применении способа, описанного в настоящем документе, с увеличенным расходом реагента вспенивателя Флатонол С-7 до 10 г/т, выход концентрата составил 10,36% с содержанием золота 13,50 г/т при извлечении 69,32%. Извлечение золота повысилось на 8,94% по сравнению с базовым режимом с расходом Флатонола С-7 - 7 г/т.

Таблица 2  
Гранулометрический состав хвостов флотационного обогатения в кинетическом режиме

| Класс крупности, мм                                                                                                                                                               | Выход, % | Содержание Au, г/т | Распределение Au, % от продукта |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------|---------------------------------|
| <b>Хвосты флотации (Базовый режим, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 70 г/т, Бутиловый ксантогенат – 150 г/т, Флатанол С-7 – 7 г/т)</b>                                            |          |                    |                                 |
| +0,14                                                                                                                                                                             | 3,42     | 1,24               | 5,22                            |
| -0,14+0,071                                                                                                                                                                       | 20,23    | 1,24               | 30,87                           |
| -0,071+0,040                                                                                                                                                                      | 30,92    | 0,53               | 20,22                           |
| -0,040+0,025                                                                                                                                                                      | 21,51    | 0,54               | 14,42                           |
| -0,025+0                                                                                                                                                                          | 23,92    | 0,99               | 29,27                           |
| Итого                                                                                                                                                                             | 100,0    | <b>0,81</b>        | 100,0                           |
| <b>Хвосты флотации (С применением способа, описанного в настоящем документе, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 70 г/т, Бутиловый ксантогенат – 150 г/т, Флатанол С-7 – 10 г/т)</b> |          |                    |                                 |
| +0,14                                                                                                                                                                             | 4,85     | 1,61               | 11,29                           |
| -0,14+0,071                                                                                                                                                                       | 21,92    | 1,00               | 31,84                           |
| -0,071+0,040                                                                                                                                                                      | 30,49    | 0,40               | 17,61                           |
| -0,040+0,025                                                                                                                                                                      | 21,20    | 0,39               | 11,89                           |
| -0,025+0                                                                                                                                                                          | 21,54    | 0,88               | 27,37                           |
| Итого                                                                                                                                                                             | 100,0    | <b>0,69</b>        | 100,0                           |

Гранулометрический анализ хвостов флотации показывает (показано в табл. 2), что в результате использования способа, описанного в настоящем документе, при проведении кинетических тестов, снижается доля потерь золота в тонких классах крупности менее - 0,025+0 мм с 29,27 до 27,37%. При этом отмечено перераспределение золота в класс крупности более 0,14 мм - с 5,22 до 11,29% от продукта. Потери снизились с 0.81 г/т до 0.69 г/т (на 0.12 г/т).

#### Эксперимент 2.

Проведены тесты по флотации (тест 1 - в базовом режиме; и тест 2-е использованием способа, описанного в настоящем документе, см. табл. 3 ниже) в замкнутом цикле на упорной золотосодержащей руде с применением реагентов Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, бутиловый ксантогенат и Флотанол С-7. Основные и контрольные операции выполнены на флотомашине "Механобр Техника" ФЛ-240, и перечистные - на флотомашине "Механобр Техника" ФЛ-237. Для теста в базовом режиме водные растворы реагентов Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, бутилксантат и Флотанол С-7 (т.е. модификаторы, собиратели, и пенообразователи (используемые в таком порядке)) подавались непосредственно во флотационную машину "Механобр Техника" ФЛ-240 во время основной и контрольной операций, и во флотационную машину "Механобр Техника" ФЛ-237 во время перечистных операций. Для теста в соответствии с способом, описанным в настоящем документе, такие же и как и в тесте базового режима водные растворы реагентов, кроме пенообразователя Флотанол С-7, также подавались непосредственно во флотационную машину "Механобр Техника" ФЛ-240 во время основной и контрольной операций, и, включая водный раствор пенообразователя Флотанол С-7, во флотационную машину "Механобр Техника" ФЛ-237 во время перечистных операций, и водный раствор Флотанола С-7 также подавался в смесительную камеру смесителя 100 для получения флотационной смеси, содержащей следующие микропузырьки, стабилизированные поверхностно-активным веществом: воздушные микропузырьки, эмульсионные микропузырьки и микрокапли. Эта флотационная смесь подавалась во флотационную машину Mechanobr Technika FL-240 во время основных и контрольных операций. Результаты тестов представлены в табл. 3.

Таблица 3  
Результаты флотации золотосодержащей руды в замкнутом цикле с применением реагентов Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Бутиловый ксантогенат и Флотанол С-7

| Наименование продукта | Выход, % | Содержание Au, г/т | Извлечение Au, % | Примечание                                                                                                                                             |
|-----------------------|----------|--------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Концентрат            | 0,80     | <b>119</b>         | <b>52,13</b>     | Базовый режим:<br>Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> – 70 г/т,<br>Бутиловый ксантогенат – 150 г/т,<br>Флотанол С7 – 4 г/т                               |
| Хвосты                | 99,2     | 0,88               | 47,87            |                                                                                                                                                        |
| Питание               | 100,0    | 1,82               | 100,0            |                                                                                                                                                        |
| Концентрат            | 0,91     | <b>110</b>         | <b>56,53</b>     | С способом, описанным в настоящем документе:<br>Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> – 70 г/т,<br>Бутиловый ксантогенат – 150 г/т,<br>Флотанол С7 – 8 г/т |
| Хвосты                | 99,09    | 0,78               | 43,47            |                                                                                                                                                        |
| Питание               | 100,0    | 1,78               | 100,0            |                                                                                                                                                        |

Результаты исследований показывают, что при применении способа, описанного в настоящем документе, в замкнутом цикле, получен концентрат с содержанием золота 110 г/т (против 119 г/т в базовом режиме) при извлечении 56,53% (против 52,13% в базовом режиме). Извлечение золота повысилось на 4,40%.

#### Эксперимент 3.

Для определения среднего размера микропузырьков, создаваемых смесителем 100, была сделана серия фотографий с использованием камеры Phase One XF. Основываясь на изображениях, был расчи-

тан размер микропузырьков. Размер микропузырьков составил в среднем менее 50 мкм. Водные растворы следующих поверхностно-активных вещества пропускались через смеситель 100 при фотографировании:

- (a) водорастворимый ПАВ;
- (b) многокомпонентный ПАВ, содержащий водорастворимый и маслорастворимый компонент низкомолекулярного строения; и
- (c) смесь водорастворимого ПАВ, многокомпонентного ПАВ, содержащего водорастворимый и маслорастворимый компонент низкомолекулярного строения, и маслорастворимого ПАВ олигомерного строения.

Резюме экспериментальных результатов.

При использовании способа 300, как описано выше, степень извлечения ценных минералов, качество концентрата ценного минерала и скорость флотации могут быть увеличены, как показано в результатах экспериментов 1 и 2. В результате повышенного извлечения тонкодисперсных минеральных частиц, которые ранее терялись в хвостах флотации при использовании традиционных флотационных машин, общая степень извлечения ценного минерала также может быть увеличена.

Соответственно, повышение эффективности извлечения тонких минеральных частиц может быть достигнуто путем:

- (a) генерации эмульсионных микропузырьков, стабилизированных поверхностно-активным веществом, размером менее 50 мкм, проявляющих одновременно как пенообразующие, так и собирательные свойства. Такие микропузырьки могут затем плотно прикрепляться к поверхности тонкодисперсных минеральных частиц и способствовать закреплению других типов микропузырьков на их поверхности;
- (b) генерации газовых микропузырьков, стабилизированных поверхностно-активным веществом, размером менее 50 мкм, которые могут быть минерализованы тонкодисперсными минеральными частицами;
- (c) генерации микроэмульсии, содержащей капли маслорастворимого поверхностно-активного вещества, стабилизированные поверхностно-активным веществом, размером менее 20 мкм. Такие капли могут сталкиваться стойкими минеральными частицами и могут улучшать их собирательные свойства; и
- (d) генерации микроэмульсии, содержащей капли маслорастворимого поверхностно-активного вещества олигомерной структуры, стабилизированные поверхностно-активным веществом. Такая микроэмульсия может также действовать как гидрофобный флокулянт, приводя к агрегации тонких частиц, и повышать эффективность их столкновения с пузырьками газа, что, в свою очередь, может усилить флотацию.

Кроме того, было определено, что, изменяя рецептуру приготовления раствора многокомпонентного ПАВ и его соотношение с газом при подаче в смеситель, можно регулировать не только количество и размеры микропузырьков, генерируемых смесителем, но и получать мелкие пузырьки каскадного строения, состоящие из нескольких газовых микропузырьков, стабилизированных поверхностно-активным веществом. Мелкие газовые пузырьки каскадного строения могут являться транспортирующими пузырьками. В отличие от обычных больших и средних газовых пузырьков в известной технологии флотации каскады газовых микропузырьков значительно меньше по размеру. Это дает им возможность двигаться с большей скоростью, что способствует интенсификации флотационного процесса.

Кроме того, было определено, что применение способа, описанного в настоящем документе, в контрольной флотации может увеличить и ускорить извлечение тонкодисперсных минеральных частиц, которые не были извлечены при основной флотации. Соответственно, требуемая степень извлечения минерала может быть достигнута с меньшим количеством и/или при меньшей продолжительности контрольных операций. В результате, при применении способа, описанного в настоящем документе, общая скорость флотации может увеличиться из-за уменьшения количества контрольных операций флотации и/или их продолжительности.

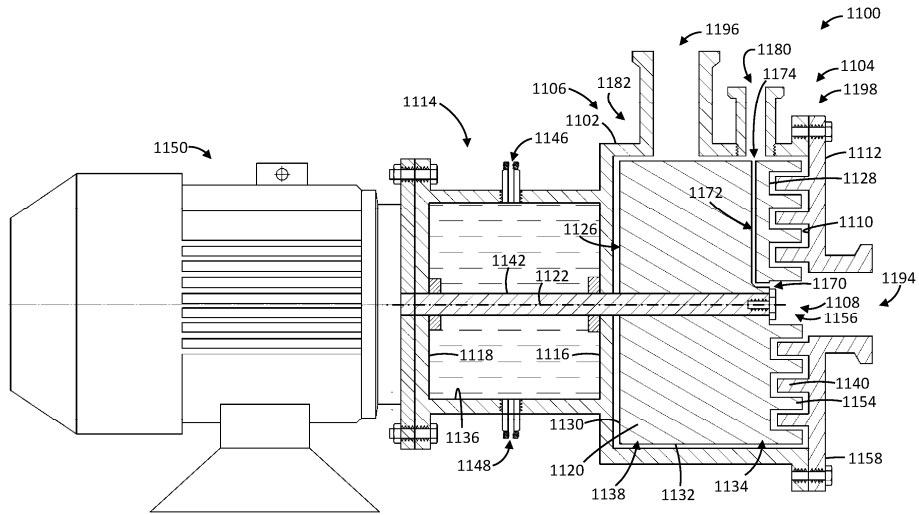
Хотя описанные в настоящем документе наставления заявителя связаны с различными вариантами осуществления в иллюстративных целях, не предполагается, что наставления заявителя ограничиваются такими вариантами осуществления, поскольку описанные здесь варианты осуществления предназначены для примера. Напротив, наставления заявителя, описанные и проиллюстрированные в настоящем документе, охватывают различные альтернативы, модификации и эквиваленты, без отступления от вариантов осуществления, описанных в настоящем документе, общий объем которых определен в прилагаемой формуле изобретения.



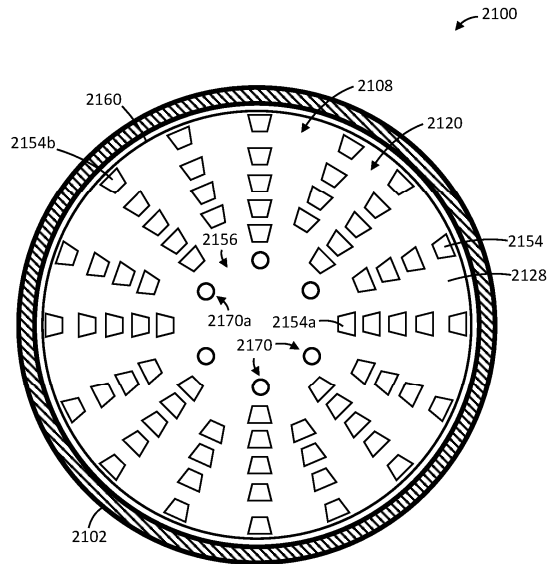
## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Смеситель для создания смеси, включающий корпус, образующий смесительную камеру и имеющий первый конец и второй конец; рабочее колесо, которое соединено с приводным валом и установлено внутри корпуса с возможностью вращения, при этом рабочее колесо имеет первый торец с первой торцевой поверхностью, второй торец; боковую стенку, которая простирается в осевом направлении между первым и вторым торцами; множество выпуклостей, расположенных на первой торцевой поверхности; и по меньшей мере одно выходное отверстие канала для сжатого газа, расположенное на первой торцевой поверхности рабочего колеса; впускное отверстие для жидкости, расположенное на первом конце корпуса, для подачи смешиваемой жидкости в смесительную камеру; выпускное отверстие для жидкости, расположенное в первой боковой части корпуса, для выгрузки смеси из смесительной камеры; и впускное отверстие для сжатого газа, расположенное на боковой части корпуса и проходящее сквозь корпус, и рабочее колесо дополнительно содержит по меньшей мере один канал для сжатого газа, соединяющий по меньшей мере одно выходное отверстие канала для сжатого газа и соответствующее одно из по меньшей мере одного входного отверстия канала для сжатого газа, расположенного на боковой стенке рабочего колеса, при этом впускное отверстие для сжатого газа предназначено для подачи сжатого газа к входному отверстию каждого канала для сжатого газа.
2. Смеситель по п.1, в котором каждое выходное отверстие канала для сжатого газа из по меньшей мере одного выходного отверстия канала для сжатого газа расположено радиально внутрь относительно каждой выпуклости множества выпуклостей.
3. Смеситель по п.1 или 2, в котором каждое выходное отверстие канала для сжатого газа из по меньшей мере одного выходного отверстия канала для сжатого газа расположено в центральной части на первой торцевой поверхности рабочего колеса.
4. Смеситель по любому из пп.1-3, в котором множество выпуклостей расположены по меньшей мере в виде одного кольца на первой торцевой поверхности.
5. Смеситель по п.4, в котором каждый канал для сжатого газа из по меньшей мере одного канала для сжатого газа проходит от входного отверстия канала для сжатого газа к выходному отверстию канала для сжатого газа по криволинейной траектории.
6. Смеситель по п.1 или 5, в котором впускное отверстие для сжатого газа представляет собой распылительную форсунку.
7. Смеситель по п.6, в котором распылительная форсунка содержит обратный клапан.
8. Смеситель по любому из пп.1-7, в котором множество выпуклостей содержит от 30 до 200 выпуклостей.
9. Смеситель по любому из пп.1-8, в котором множество выпуклостей расположены в виде от 4 до 10 концентрических колец.
10. Смеситель по любому из пп.1-9, дополнительно содержащий двигатель с приводным валом и соединительным элементом, который соединяет приводной вал с рабочим колесом для вращения рабочего колеса.
11. Смеситель по п.10, который дополнительно содержит камеру охлаждения, расположенную между двигателем и корпусом.
12. Смеситель по любому из пп.1-11, в котором первый конец корпуса содержит внутреннюю переднюю поверхность, образующую часть смесительной камеры, при этом эта внутренняя передняя поверхность содержит второе множество выпуклостей.
13. Смеситель по п.12, в котором второе множество выпуклостей расположено в виде концентрических колец.
14. Смеситель по любому из пп.1-13, в котором, по меньшей мере, часть первого конца корпуса является съёмной.
15. Флотационная система для отделения минеральных частиц от потока пульпы, которая содержит смеситель, имеющий корпус, образующий смесительную камеру, имеющий первый конец и второй конец; рабочее колесо, которое соединено с приводным валом и установлено внутри корпуса с возможностью вращения, при этом рабочее колесо имеет первый торец с первой торцевой поверхностью, второй торец; боковую стенку, которая простирается в осевом направлении между первым и вторым торцами; множество выпуклостей, расположенных на первой торцевой поверхности; и по меньшей мере одно выходное отверстие канала для сжатого газа, расположенное на первой торцевой поверхности рабочего колеса;

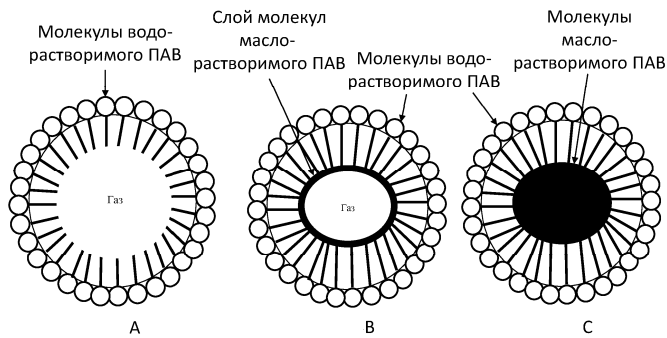




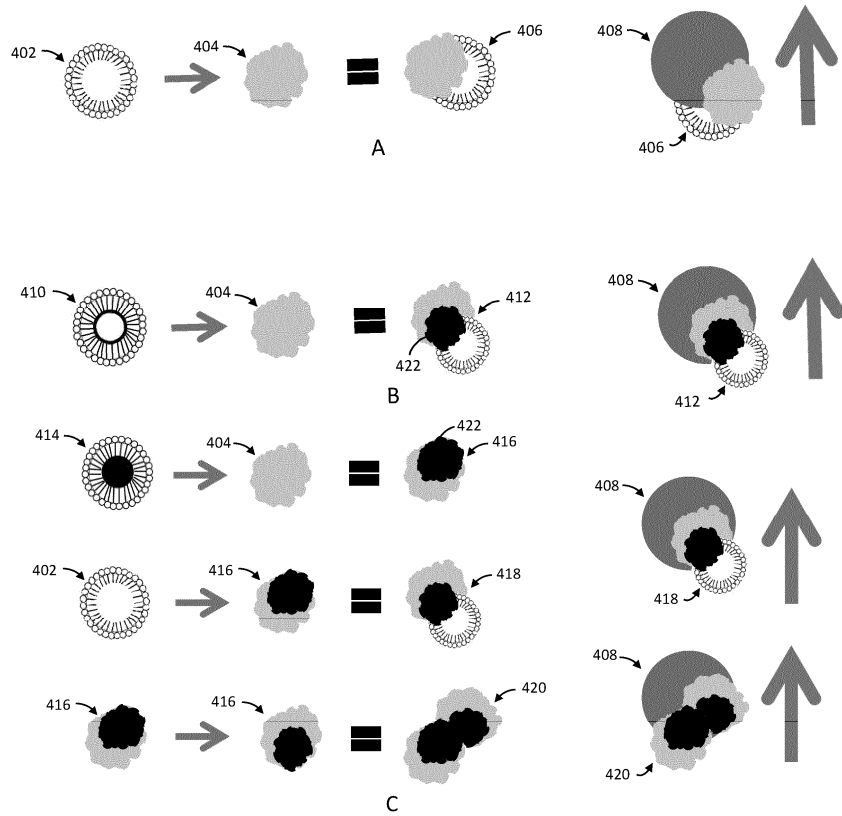
Фиг. 2



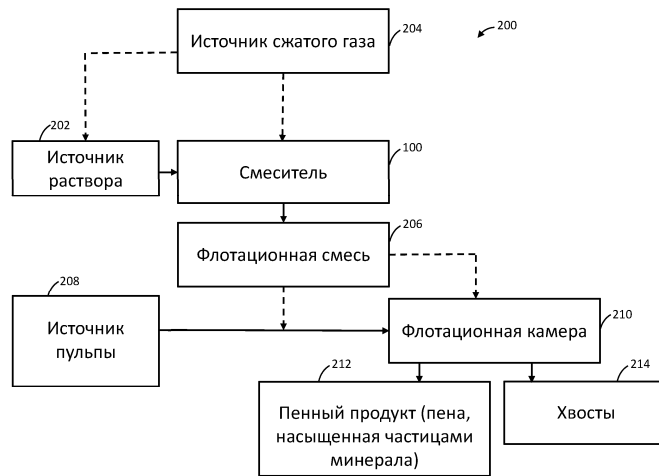
Фиг. 3



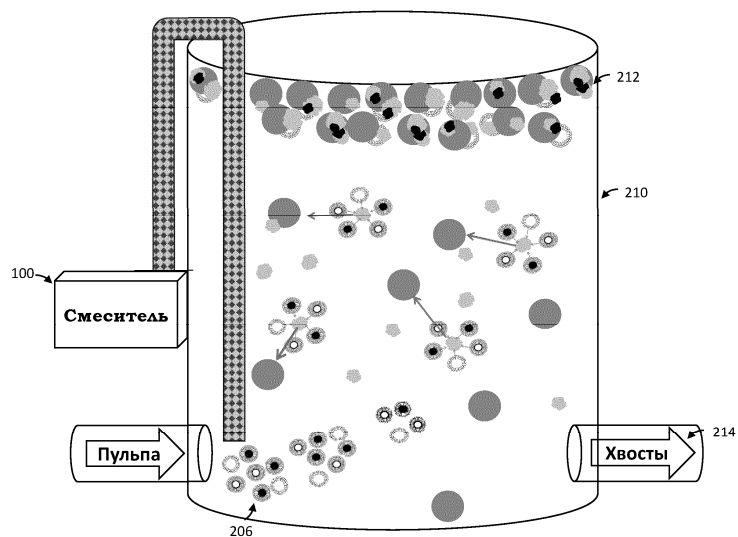
Фиг. 4А-С



Фиг. 5А-С



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

