

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036827**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.24

(51) Int. Cl. **B04C 5/10** (2006.01)
B03D 1/14 (2006.01)

(21) Номер заявки
201990612

(22) Дата подачи заявки
2017.09.02

(54) **ГИДРОЦИКЛОН**

(31) **2016903534**

(56) **US-A-4279743**

(32) **2016.09.02**

US-A-4876016

(33) **AU**

EP-A1-0485355

(43) **2019.07.31**

US-A-5662790

(86) **PCT/AU2017/050950**

US-A-5131980

(87) **WO 2018/039742 2018.03.08**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ВУЛКО С.А. (CL)

(72) Изобретатель:
**Радемакер Марчело, Чинотти Нестор
(AU)**

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

(57) В изобретении представлен гидроциклон (10), который включает в себя внутреннюю коническую сепарационную камеру (15), которая проходит аксиально от первого конца до второго конца с меньшей площадью сечения, чем у первого конца. Сепарационная камера (15) включает в себя по меньшей мере один впускающий газ прибор (60), который содержит множество отверстий в форме ряда удлиненных щелей (82), расположенных отнесенными друг от друга по окружности внутренней периферийной стенки (80) выпускающей газ камеры (74). Щели выполнены для пропуска во время эксплуатации газа в сепарационную камеру (15) в зоне, расположенной между первым и вторым концами.

B1

036827

036827

B1

Предпосылки изобретения Область техники

Данное изобретение относится в общем к гидроциклонам и конкретнее, но не исключительно, к гидроциклонам, подходящим для применения в минералоперерабатывающей и химической обрабатывающей промышленности. Изобретение также касается модификации конструктивного решения и эксплуатации гидроциклона как средства оптимизации его показателей работы и показателей работы функционально соединенного с ним обогащательного оборудования.

Уровень техники изобретения

Гидроциклоны применяются для сепарации взвешенного вещества, которое несет текущая жидкость, такого как минеральная пульпа, на два выпускных потока посредством создания центробежных сил в гидроциклоне, когда суспензия проходит через камеру конической формы. По существу, гидроциклоны включают в себя коническую сепарационную камеру, питающий выпуск, который обычно в общем является направленным по касательной к оси сепарационной камеры и расположен на конце камеры с сечением наибольшего размера, выпуск нижнего продукта на меньшем конце камеры и выпуск верхнего продукта на большем конце камеры.

Питающий выпуск выполнен с возможностью подачи суспензии в сепарационную камеру гидроциклона, и устройство является таким, что тяжелое (например, с большей плотностью и крупностью) вещество проявляет тенденцию к миграции к наружной стенке камеры и к установленному центральному выпуску нижнего продукта и наружу из него. Более легкий (с меньшей плотностью и крупностью частиц) материал мигрирует к центральной оси камеры и наружу через выпуск верхнего продукта. Гидроциклоны можно применять для сепарации по размеру или по плотности взвешенных твердых частиц. Обычные примеры включают в себя функции разделения твердых частиц на фракции в вариантах применения для горных разработок и промышленности.

Для обеспечения эффективной работы гидроциклонов важными являются внутренняя геометрическая конфигурация большего конца камеры, куда входит подаваемый материал, и конической сепарационной камеры. При нормальной эксплуатации такие гидроциклоны создают центральный воздушный столб, что является обычным для большинства конструктивных решений промышленных гидроциклонов. Воздушный столб устанавливается, как только текучая среда на оси гидроциклона достигает давления ниже атмосферного. Данный воздушный столб проходит от выпуска нижнего продукта до выпуска верхнего продукта и просто соединяет воздух непосредственно снизу гидроциклона с воздухом сверху. Устойчивость и площадь сечения воздушного сердечника является важным фактором, влияющим на условия выпуска нижнего и верхнего продуктов, для поддержания нормальной работы гидроциклона.

Во время нормальной "устойчивой" эксплуатации суспензия входит через верхний выпуск сепарационной камеры гидроциклона в виде перевернутой конической камеры, чтобы стать чисто сепарированной. Вместе с тем устойчивость гидроциклона во время такой операции может быть полностью нарушена, например, от разрушения воздушного сердечника вследствие избыточного питания гидроциклона, приводящего к неэффективному процессу сепарации, при котором либо лишние мелкие частицы выходят через нижний выпуск или более крупные частицы выходят через верхний выпуск. Если более крупные частицы появляются в потоке верхнего продукта, указанное должно быть вредным для процессов разделения на фракции ниже по потоку.

Другая форма неустойчивой эксплуатации известна как "сепарация пыли", где скорость твердых частиц, выпускаемых через нижний выпуск, увеличивается до точки, где поток нарушается. Если меры по устранению неисправности не приняты вовремя, накопление твердых частиц, проходящих через выпуск, должно нарастать в сепарационной камере, внутренний воздушный сердечник должен разрушаться и нижний выпуск должен выпускать поток крупных твердых частиц в форме смеси с пылью.

Условия неустойчивой эксплуатации могут иметь серьезное отрицательное воздействие на процессы ниже по потоку, часто требуется дополнительная обработка (которая, естественно, может значительно снижать рентабельность) и также приводит к ускоренному износу оборудования. Оптимизация конструктивного решения гидроциклона является желательной для придания гидроциклону способности справляться с изменениями композиции и вязкости суспензии на входе в гидроциклон, изменениями расхода текучей среды, входящей в гидроциклон, и другими нарушениями устойчивой эксплуатации.

Сущность изобретения

В первом аспекте раскрыт гидроциклон, включающий в себя корпус, заключающий в себе сепарационную камеру в общем конической формы, и проходящий аксиально от первого конца до второго конца меньшей площади сечения, чем у первого конца; причем сепарационная камера включает в себя по меньшей мере один газовый выпуск, содержащий множество отверстий, выполненных отнесенными друг от друга по окружности внутренней периферийной стенки камеры, при эксплуатации отверстия служат для пропуска газа в камеру в зоне, расположенной между первым и вторым концами.

Установлено, что пропуск газа в камеру гидроциклона дает некоторые предпочтительные результаты в металлургии во время его эксплуатации, измеренные с помощью различных стандартных параметров разделения частиц на фракции. Данные предпочтительные результаты включают в себя уменьшение количества воды, так и количество мелких частиц, которые обходят этап разделения на фракции и

которые не надлежащим образом уносит поток крупных частиц выпуска нижнего продукта циклона, вместо направления в поток мелких частиц верхнего продукта, как должно происходить во время оптимальной работы циклона. Также наблюдали уменьшение содержания частиц среднего размера ($d_{50\%}$) в потоке верхнего продукта от этапа разделения на фракции, как следствие появления попадания более мелких частиц в поток верхнего продукта с мелкими частицами.

Изобретатели предполагают, что газ, поступающий в сепарационную камеру циклона, содействует сепарации мелких частиц от более крупных частиц посредством отмучивания, может обеспечивать эксплуатационные преимущества в связанных процессах. Например, эффект ввода газа в гидроциклон во время его эксплуатации может приводить к улучшению показателей работы извлечения в флотационном процессе ниже по потоку. Увеличение количества мелких частиц в питании флотации может приводить к лучшему высвобождению и флотационной сепарации ценных материалов в следующий этап обработки. Также уменьшение нагрузки в рециркуляции материала частиц в схеме размалывания и циклонной сепарации может предотвращать переизмельчение частиц, которые уже достаточно тонко измельчены, а также увеличение мощности схемы измельчения, поскольку на чрезмерное перемалывание впустую тратится энергия в схеме перемалывания. В целом изобретатели ожидают, что применение газа на этапе сепарации в гидроциклоне должно максимизировать выход продукта по показателю, например производительности в тоннах в час, и поддерживать физические параметры процесса сепарации на устойчивом уровне.

В некоторых вариантах осуществления сепарационная камера содержит по меньшей мере две части корпуса, и по меньшей мере один газовый выпуск расположен между частями. В дополнительном варианте осуществления по меньшей мере один газовый выпуск выпускает газ на втором конце сепарационной камеры.

В некоторых вариантах осуществления газовый выпуск содержит кольцевой принимающий газ прибор. В одном частном варианте осуществления газовый выпуск дополнительно содержит газовыпускной прибор, который сообщается по текучей среде с принимающим газ прибором и также с сепарационной камерой. В одной форме указанного выпускающий газ прибор имеет кольцевую форму.

В некоторых вариантах осуществления внутренняя периферийная стенка выпускающего газ прибора имеет множество отверстий, через которые газ поступает в камеру при эксплуатации. В одной форме указанного отверстия являются щелями, выполненными в внутренней периферийной стенке.

В некоторых вариантах осуществления щели являются удлиненными и проходят от внутренней периферийной стенки в кольцевой корпус выпускающего газ прибора. В одном частном варианте осуществления каждая щель выполнена в общем параллельной смежной щели.

В некоторых вариантах осуществления образован некоторый угол между осью каждой удлиненной щели и радиальной линией, которая проходит от точки на центральной оси выпускающего газ прибора до точки на терминальном конце щели, которая расположена в кольцевом корпусе. В одном частном варианте осуществления угол является острым. В одной форме указанного угол имеет величину около 45° .

В некоторых вариантах осуществления каждая удлиненная щель ориентирована под некоторым углом так, что при эксплуатации, когда поток газа выходит из выпускающего газ прибора и в сепарационную камеру, направление выпуска потока в общем совмещено с вихревым или спиральным потоком питающих материалов, перемещающихся тангенциально вокруг внутренней периферийной стенки сепарационной камеры.

В некоторых вариантах осуществления, по меньшей мере, некоторые из щелей имеют параллельные боковые стороны, образующие, по существу, постоянную ширину. В одном частном варианте осуществления ширина щели равна ширине отверстий, через которые газ поступает в камеру при эксплуатации.

В некоторых вариантах осуществления внутренняя периферийная стенка выпускающего газ прибора выставлена заподлицо со смежным участком внутренней поверхности сепарационной камеры.

В некоторых вариантах осуществления отверстия в внутренней периферийной стенке выпускающего газ прибора выполнены, по существу, равноотстоящими друг от друга по окружности.

В некоторых вариантах осуществления принимающий газ прибор функционально соединен с источником впускаемого газа.

В некоторых вариантах осуществления принимающая газ емкость и выпускающая газ емкость установлены между двумя смежными частями корпуса с помощью пары уплотнительных прокладок.

В некоторых вариантах осуществления применяемый газ является воздухом из источника сжатого воздуха.

Во втором аспекте раскрыт выпускающий газ прибор для применения с гидроциклоном, причем прибор включает в себя по меньшей мере один элемент кольцевой формы, снабженный множеством отверстий подачи газа, выполненных отнесенными друг от друга по окружности внутренней периферийной стенки элемента, отверстия выполнены с возможностью при эксплуатации пропуска газа во внутреннюю камеру гидроциклона, оснащенного таким образом.

В некоторых вариантах осуществления выпускающий газ прибор содержит кольцевой формы принимающий газ прибор и выпускающий газ прибор, который при эксплуатации сообщается по текучей среде как с принимающим газ прибором, так и с внутренней камерой через отверстия.

В некоторых вариантах осуществления выпускающий газ прибор имеет кольцевую форму.

В некоторых вариантах осуществления отверстия являются щелями, выполненными в внутренней периферийной стенке.

В некоторых вариантах осуществления щели второго аспекта являются иными, чем в первом аспекте.

В некоторых вариантах осуществления принимающий газ прибор может функционально соединяться с источником впускаемого газа. В некоторых вариантах осуществления применяемый газ является воздухом из источника сжатого воздуха.

В некоторых вариантах осуществления принимающий газ прибор имеет одно или несколько боковых окон на своей наружной периферийной стенке, которые могут соединяться с газовыми трубами.

В некоторых вариантах осуществления при соответствующем оснащении гидроциклона при эксплуатации окружающую внутреннюю пространство стенку выпускающего газ прибора выставляют заподлицо со смежным участком боковой стенки внутренней камеры.

В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере один элемент кольцевой формы расположен между парой кольцевых уплотнительных прокладок, которые выполнены с возможностью прохождения поверх концевых поверхностей элемента кольцевой формы.

Другие аспекты, признаки и преимущества должны стать понятными из следующего подробного описания в соединении с прилагаемыми чертежами, которые являются частью данного раскрытия и которые иллюстрируют в виде примера принципы раскрытых изобретений.

Описание фигур

Прилагаемые чертежи содействуют пониманию различных вариантов осуществления описанных ниже.

На фиг. 1 схематично показан разобранный гидроциклон первого варианта осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 схематично показана в изометрии часть гидроциклона фиг. 1.

На фиг. 3 показан в перспективе выпускающий газ прибор, подходящий для применения с гидроциклоном (с помощью установки в питающую камеру гидроциклона), дополнительного варианта осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 4 показан в перспективе выпускающий газ прибор фиг. 3 в комбинации с гидроциклоном дополнительного варианта осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 5 схематично показан в изометрии вид сверху выпускающего газ прибора для применения с гидроциклоном варианта осуществления, показанного на фиг. 1.

На фиг. 6 схематично показан в изометрии вид снизу выпускающего газ прибора фиг. 5.

На фиг. 7 схематично показан в изометрии вид сбоку выпускающего газ прибора фиг. 5.

На фиг. 8А показан вид сверху выпускающего газ прибора, который образует часть выпускающего газ прибора варианта осуществления фиг. 5, в свою очередь, для применения с гидроциклоном варианта осуществления фиг. 1. В данном варианте осуществления выпускающие газ щели имеют фиксированную ширину 1,0 мм.

На фиг. 8В показан с увеличением верхний участок выпускающего газ прибора фиг. 8А.

На фиг. 8С показан вид сбоку конца выпускающего газ прибора фиг. 8А.

На фиг. 8D показан в изометрии вид сверху выпускающего газ прибора фиг. 8А.

На фиг. 9А показан вид сверху дополнительного варианта осуществления выпускающего газ прибора, который образует часть выпускающего газ прибора варианта осуществления фиг. 5, в свою очередь, для применения с гидроциклоном варианта осуществления фиг. 1. В данном варианте осуществления выпускающие газ щели имеют фиксированную ширину 2,0 мм.

На фиг. 9В показан с увеличением верхний участок выпускающего газ прибора фиг. 9А.

На фиг. 9С показан вид сбоку конца выпускающего газ прибора фиг. 9А.

На фиг. 9D показан в изометрии вид сверху выпускающего газ прибора фиг. 9А.

Подробное описание

Данное изобретение относится к элементам конструктивного решения гидроциклона такого типа, который облегчает сепарацию смеси твердого и жидкого вещества на две фазы, представляющие интерес. Гидроциклон имеет конструктивное решение, которое обеспечивает устойчивую эксплуатацию, с максимизацией пропускной способности и удовлетворительными физическими параметрами процесса сепарации.

Гидроциклон при эксплуатации нормально ориентирован так, что его центральная ось X-X занимает вертикальное положение или близкое к вертикальному положение. На фиг. 1 схематично показан разобранный гидроциклон 10, содержащий основной корпус 12 с камерой 13, образованной в нем. Камера 13 включает в себя впускную (или питающую) камеру 14 и коническую сепарационную камеру 15. Гидроциклон 10 включает в себя цилиндрическое питающее впускное окно 17 круглого сечения для подачи при эксплуатации несущей частицы смеси в виде суспензии частиц в часть впускной питающей камеры 14, принадлежащей камере 13.

Коническая сепарационная камера 15 гидроциклона 10 включает в себя две секции 32, 34 каждую в

форме усеченного конуса, и соединенные вместе торец к торцу гайками 36 и болтами 38, расположенными на стыкующихся периферических фланцах 40, 42, выполненных на соответствующих концах двух секций 32, 34 в форме усеченного конуса. Две секции 32, 34 в форме усеченного конуса имеют одинаковую форму, но секция 32 больше секции 34, так что внутренний диаметр 44 самого узкого конца самой большой секции 32 является одинаковым с внутренним диаметром 46 самого большого конца меньшей секции 34. Внутренний диаметр 48 самого большого конца самой большой секции 32 также является одинаковым с диаметром самой нижней зоны 30 с отверстием на конце впускной части 14.

Соединение торцами двух секций 32, 34 в форме усеченного конуса образует в общем коническую сепарационную камеру 15 с центральной осью X-X, соединенную на своем самом верхнем при эксплуатации конце с самым нижним открытым концом 30 смежной питающей камеры 14 для образования основного корпуса 12 гидроциклона 10.

В показанном на фигурах варианте осуществления сепарационная камера 15 также включает в себя впускающий газ прибор (устройство) 60, который при эксплуатации впускает газ в камеру в зоне, расположенной между двумя секциями 32, 34 в форме усеченного конуса. Такой впускающий газ прибор 60 может продаваться и поставяться отдельно для модернизации конической части существующего гидроциклона или как часть комплекта нового гидроциклона. Хотя варианты осуществления, показанные на чертежах, указывают, что впускающий газ прибор 60 является отдельным элементом, который прикреплен или закреплен между секциями 32, 34 в форме усеченного конуса, в дополнительных вариантах осуществления впускающий газ прибор может также быть выполнен как интегральная часть концевой зоны одного или другого из секций 32, 34 в форме усеченного конуса. В объеме данного раскрытия площадь на открытом центре впускающего газ прибора 60 таким образом образует часть сепарационной камеры 15, как при отдельном впускающем газ приборе 60, так и при выполненном, как часть одного из компонентов 32, 34.

Как показано на фигурах, впускающий газ прибор 60 включает в себя кольцевую или в форме тороида принимающую газ камеру 62, которая имеет множество обращенных наружу впускающих газ окон 64, расположенных на ее наружной периферической стенке 66, к которым привинчены впускающие газ линии или шланги 68. При эксплуатации данные шланги 68 и обращенные наружу окна 64 пропускают газ во внутреннее пространство камеры 62 в форме тороида, которая действует как манифольд для уравнивания давления и расхода газа, приходящего из различных впускающих газ шлангов 68. Камера 62 в форме тороида также имеет ряд обращенных внутрь выпускающих газ окон 70, расположенных на окружающей ее внутреннее пространство стенке 72, через которые газ проходит из внутреннего пространства принимающей газ камеры 62 в выпускающую газ камеру 74, как описано ниже.

Впускающий газ прибор 60 также включает в себя кольцевую или в форме тороида выпускающую газ камеру 74, которая выполнена из двух параллельных слоев наложенных тонких металлических листов 90, 91, например, из такого материала, как нержавеющая сталь. Выпускающая камера 74, созданная таким образом, имеет множество впускающих газ окон 76, расположенных на ее наружной периферической стенке 78, которые при эксплуатации совмещены с соответствующими обращенными внутрь выпускающими газ окнами 70 принимающей газ камеры 62. Внутренний диаметр принимающей газ камеры 62 проходит через один центр с наружным диаметром выпускающей газ камеры 74, с соответствующими стенками 72, 78, установленными тесно взаимосвязанными. Полукольцевой вырез или углубление находится на восьми местах по окружности периферической стенки 78 выпускающей газ камеры 74, и каждый из данных вырезов образует впускающие газ окна 76, которые при эксплуатации совмещены с выпускающими газ окнами 70 принимающей газ камеры 62. Применение широкого полукольцевого выреза помогает более простому совмещению с выпускающими газ окнами 70 во время сборки частей впускающего газ прибора 60.

При эксплуатации газ проходит из обращенных внутрь выпускающих газ окон 70 принимающей газ камеры 62 и напрямую в окна 76, расположенные на наружной периферической стенке 78 выпускающей газ камеры 74. Внутренняя периферийная стенка или кромка 80 выпускающей газ камеры 74 выполнена круглой формы и имеет ряд удлиненных щелей 82, которые проходят внутрь на некоторое расстояние от внутренней периферийной стенки 80 в кольцевой корпус выпускающей газ камеры 74. Данные щели 82 можно видеть более четко на фиг. 8A, 8B и 8D, а также на фиг. 9A, 9B и 9D.

На фиг. 8A, 8B и 8D каждая щель 82 показана выполненной в общем в параллельной ориентации со смежной щелью 82. Нет специфических ограничений как на то, сколько щелей 82 может быть расположено вокруг внутренней периферийной стенки 80 выпускающей газ камеры 74, так и на расстояние, на которое могут быть отнесены друг от друга данные щели 82, хотя конструктивная целостность материала, который образует выпускающую камеру 74, является релевантной в их определении. В варианте выпускающей камеры 74 из нержавеющей стали щели 82 можно выполнять лазерной резкой для получения заданного диаметра выпуска, в большинстве случаев фиксированной ширины по длине, как показано на чертежах. В примере на фиг. 8A, 8B и 8D каждая щель 82 показана с шириной 0,5 мм и равноотстоящей от соседних смежных щелей 82 (см. фиг. 8B). В примере на фиг. 9A, 9B и 9D каждая щель 82 показана шириной 1,0 мм (см. фиг. 9B) и равноотстоящей от соседних смежных щелей 82.

Открытый конец каждой из данных щелей 82 обращен во внутреннее пространство конической се-

парационной камеры 15 гидроциклона 10, и газ выпускается через данные щели 82 в него. Щели 82 могут быть выполнены разнесенными на равные интервалы по окружности внутренней периферийной стенки, как показано на чертежах, или выполнены разнесенными иначе, как требуется. Применение щелей 82 означает, что газ выпускается в виде последовательностей небольших пузырьков, которые непрерывно образуются на концевом отверстии каждой щели 82 и затем выпускаются из нее. Как следствие, размер образованного пузырька должен зависеть от выбранного диаметра выпуска щелей 82 на точке выпуска, обращенной в коническую сепарационную камеру 15.

Как показано на фиг. 9А, если начертить радиальную линию R-R от точки на центральной оси выпускающего газ прибора (устройства) 74 до точки на терминальном конце щели 82 (конец, который расположен в кольцевом корпусе выпускающей газ камеры 74), продольная ось каждой щели 82, показанная линией S-S, образует с радиальной линией R-R острый угол около 45°. Фактически, данное указывает, что на месте открытого конца щелей 82 поток газа, выпущенный из него, ориентирован почти тангенциально к форме внутренней периферийной стенки 80 выпускающего газ прибора 74 в данной точке. На практике данное означает, что, когда поток газа выпускается из щелей 82 и в коническую сепарационную камеру 15, направление выпуска такого газового потока совпадает с (или является в общем параллельным с) вихревым или спиральным течением потока питающих материалов при его перемещении вокруг внутренней периферийной стенки сепарационной камеры 15 гидроциклона 10, как указано стрелкой С направления. В некотором смысле вихревое течение потока пульпы, которая приобрела кинетическую энергию потока в некотором направлении, должно втягивать себя тангенциальный поток пузырьков газа. Кроме того, ориентация щелей 82 в одном направлении с потоком суспензии означает, что частицы суспензии не должны закупоривать, или повреждать, или создавать преграды с образованием нерастворимого осадка, или подвергать воздействию слипающихся и прилипающих мелких частиц щели 82, что может возникать в комбинации с некоторыми химреагентами, которые обычно присутствуют в воде горнообогатительной фабрики (коллекторами, флокулянтами и т.п.).

Изобретатели также считают, что другие эксплуатационные преимущества могут возникать в результате применения настоящей конфигурации наклонных или тангенциально ориентированных выпускающих газ щелей в сравнении с (i) прямым вводом газа в гидроциклон с помощью впуска с более широким устьем (такого как газовая трубка или клапан, выступающий во внутреннее пространство гидроциклона) или (ii) применением газового впуска (такого как из пористого материала, барботера или разбрызгивателя из спеченного металла), либо выступающего в гидроциклон, или смонтированного на стенке его внутреннего пространства. Изобретатели считают, что применение любого радиально-ориентированного газового отверстия или впуска другой формы, который должен выпускать газ в конфигурации потока, который перпендикулярен стенке гидроциклона, генерирует турбулентность в зоне стенки конической части. Данное происходит, поскольку воздух который нагнетается или вводится в данной конфигурации, не следует естественному вихревому движению потока суспензии, который перемещается тангенциально к стенке внутреннего пространства конической части. Создание турбулентности в такой ситуации должно только нарушать процесс сепарации, проходящий в гидроциклоне, и в итоге уменьшать его КПД.

В других вариантах осуществления не всем щелям нужна одинаковая форма, например только некоторые из щелей могут иметь параллельные боковые стороны дающие, по существу, постоянную ширину, и другие могут не иметь. В некоторых вариантах осуществления ширина щели равна ширине выпускных отверстий щели на точке выпуска, обращенной в коническую сепарационную камеру 15, а в других вариантах осуществления щели могут сужаться или расширяться на точке выпуска. Щели могут также быть отнесены друг от друга в отличающихся пространственных расположениях вокруг внутренней периферийной стенки 80 выпускающей газ камеры 74 в отличие разнесения на равные интервалы по окружности стенки 80, что можно видеть на фиг. 8А и 9А, например.

Внутренняя окружающая стенка 80 выпускающей газ камеры 74 на месте радиальных щелей 82, которые обращены в камеру 13 гидроциклона 10, выполнена с возможностью выставления заподлицо со смежным участком внутренней поверхности секций 32, 34 в форме усеченного конуса, которые могут, например, иметь внутреннее резиновое покрытие. Данное означает, что впускные газовые пузырьки выпускаются из периферического кольца радиальных щелей 82, которые расположены прямо на внутренних стенках гидроциклона 10.

По всей данной спецификации, когда применяется термин "щель", его следует интерпретировать широко, также включающим в себя другие термины, например "каналы", "зазоры" и "пазы". "Щель" в данной спецификации может означать удлиненное отверстие, ширина которого меняется по длине (и может быть в общем расширяющейся и/или сужающейся). "Щель" может также означать удлиненное отверстие с противоположными боковыми стенками, которые параллельны (чаще при этом применяют слово "паз"). "Щель" может также относиться к другим формам или размерам отверстий, которые могут не быть симметричными или не иметь стандартную геометрическую форму, и даже к отверстиям с терминологией по форме, как "каналы" или "зазоры".

Впускающий газ прибор 60 установлен при эксплуатации между двумя смежными секциями 32, 34 в форме усеченного конуса с помощью пары подобных металлических дисков 84, 86 с резиновым покрытием поверхности, функционирующих как уплотнительные прокладки с фиксацией принимающей газ

камеры 62 и выпускающей газ камеры 74 между ними, причем один диск 84, 86 обращен к соответствующему одному из стыкующихся периферических фланцев 40, 42, выполненных на соответствующих концах двух секций 32, 34 в форме усеченного конуса. Гайки 36 и болты 38, скрепляющие фланцы 40, 42, также закрепляют диски с резиновым покрытием 84, 86 в положении, в котором, свою очередь, центрируется выпускающий газ прибор 60.

В показанном на фигурах варианте осуществления сепарационная камера 15 также включает в себя второй выпускающий газ прибор 60А, который при эксплуатации выпускает газ в камеру 13 в зоне, расположенной между самой нижней секцией 34 в форме усеченного конуса и концевой выпускной частью гидроциклона 10, известной как разгрузочный патрубок 55, которая имеет круглое сечение и которая имеет впускное отверстие 52, соединенное при эксплуатации с круглым выпуском 22 с отверстием на конце меньшей секции 34 в форме усеченного конуса сепарационной камеры 15. Разгрузочный патрубок 55 также имеет центральную ось Х-Х, в общем соосную с сепарационной камерой 15 гидроциклона 10. Разгрузочный патрубок 55 соединен с секцией 34 в форме усеченного конуса гайками и болтами, расположенными на стыкующихся периферических фланцах, один фланец 56 расположен на верхнем конце разгрузочного патрубка 55, и другой фланец 43 расположен смежно с выпускным концом 22 секции 34 в форме усеченного конуса. Во всех других аспектах выпускающий газ прибор 60А, показанный в данном самом нижнем положении, сконструирован одинаково с выпускающим газ прибором 60, описанным выше и показанным на фиг. 2, и при этом одинаковые части показаны на фигурах с применением сходных ссылочных позиций с индексом "А".

Как и в предыдущем случае, хотя второй выпускающий газ прибор 60А показан как отдельный прибор, который прикреплен или закреплен между секцией 34 в форме усеченного конуса и разгрузочным патрубком 55, в дополнительных вариантах осуществления второй выпускающий газ прибор может быть выполнен либо как интегральная часть выпускного конца 22 секции 34 в форме усеченного конуса или даже как часть верхнего конца разгрузочного патрубка 55. В объеме данного раскрытия площадь открытой центральной части второго выпускающего газ прибор 60А, таким образом, образует часть сепарационной камеры 15, как в случае, когда второй выпускающий газ прибор 60А является отдельным, так и когда выполнен как часть одного из компонентов 34, 55.

Выпуск 18 верхнего продукта (ниже в данном документе "верхний выпуск") расположен по центру в верхней (расположенной сверху) стенке 20 камеры 13, выпуск 18 верхнего продукта применяется для выпуска первой из фаз. Обычно данный выпуск 18 верхнего продукта выполнен в виде короткого отрезка цилиндрической трубы и известен как сливная насадка, которая выступает наружу от верхней стенки 20, а также проходит от верхней стенки 20 внутрь камеры 13 впускной части 14.

В гидроциклоне 10 при эксплуатации нижний продукт выходит из камеры 13, когда входит в разгрузочный патрубок 55, т.е. дополнительную часть гидроциклона 10 в виде отрезка цилиндрической трубы, саму имеющую отверстие впуска 52 одинакового диаметра и стыкующееся сечение с внутренним диаметром круглого, с отверстием на конце выпуска 22 меньшей секции 34 в форме усеченного конуса.

Гидроциклон 10 выполнен с возможностью генерирования при эксплуатации внутреннего газового сердечника, вокруг которого циркулирует суспензия. Во время устойчивой эксплуатации гидроциклон 10 работает так, что более легкая твердая фаза суспензии выпускается через самый верхний выпуск 18 верхнего продукта, и более тяжелая твердая фаза выпускается через разгрузочный патрубок 55. Генерируемый внутри газовый сердечник проходит по длине обеих, впускной камеры 14 и конической сепарационной части 15. Выпуск 22 нижнего продукта, сливная насадка, и выпуск 18 верхнего продукта в общем выставлены соосно по центральной оси Х-Х гидроциклона 10.

Результаты экспериментов.

Результаты экспериментов получены изобретателями для оценки наилучшей конфигурации оборудования для получения предпочтительных результатов в металлургии во время эксплуатации гидроциклона в сравнении с базовым вариантом (без новой конфигурации).

В табл. 1-1 и 1-2 показаны результаты различных экспериментов, в которых выпускающий газ прибор 60А расположен на корпусе гидроциклона в самом нижнем положении (то есть между самой нижней секцией 34 в форме усеченного конуса и разгрузочным патрубком 55), выпускающий газ прибор 60 расположен на корпусе гидроциклона в самом верхнем положении (то есть между двумя секциями 32, 34 в форме усеченного конуса гидроциклона), и в обоих, самом нижнем и самом верхнем положении (то есть между каждой из частей 32, 34 в форме усеченного конуса, а также между самой нижней секцией 34 в форме усеченного конуса и разгрузочным патрубком 55).

Параметры, которые вычисляли, включали изменение процентного содержания (%) в количестве байпаса воды (WВр); и изменение процентного содержания (%) в количестве мелких частиц (Врf), которые обходят этап разделения на фракции. В ненормально работающем гидроциклоне некоторая часть воды и мелких частиц ненадлежащим образом уносится в выпускном потоке крупных частиц (чрезмерной крупности) нижнего продукта циклона, а не уходит в потоке мелких частиц верхнего продукта, как должно быть при оптимальной работе циклона. Параметры WВр и Врf обеспечивают измерение указанного.

Также наблюдали изменение процентного содержания твердых частиц среднего размера (d50) в по-

токе верхнего продукта от этапа разделения на фракции как меру того, больше или меньше мелких частиц уходят в потоке верхнего продукта с мелкими частицами. Частицы данного частного размера d_{50} при загрузке в оборудование имеют одинаковую вероятность ухода как в нижний продукт, так и в верхний продукт.

Также наблюдали квантификацию коэффициента полезного действия разделения на фракции гидроциклона в сравнении с вычисленной 'идеальной классификацией'. Данный параметр альфа (α) представляет остроту разделения на фракции. Указанное является расчетным значением, которое впервые разработали Lynch и Rao (University of Queensland, JK Minerals Research Centre, JKSimMet Manual). Распределение частиц по крупности в потоке подаваемого материала квантифицируют в различных диапазонах крупности и измеряют процентное содержание в каждом диапазоне, которое указывает поток выпуска нижнего продукта (чрезмерной крупности). Затем строят график процентного содержания в каждом диапазоне с уходом по нижнему продукту (ось ординат или ось Y) как функции диапазона размеров частиц от наименьших до наибольших (ось абсцисс или ось X). Наименьшие частицы имеют самое низкое процентное содержание ухода с частицами избыточного размера. В точке d_{50} оси Y наклон результирующей кривой дает параметр альфа (α). Это сравнительное число, которое можно применять для сравнения классификаторов. Чем выше величина параметра альфа, тем лучше должен быть КПД сепарации.

Результаты данных экспериментов получены с применением в качестве газа воздуха из источника сжатого воздуха.

Хотя выпускающие газ щели 82 имели фиксированную ширину 2,0 мм, данные в табл. 1-1 показывают следующее.

Уменьшение в количестве байпаса воды (WBp) при разделении на фракции гидроциклона посредством прекращения в потоке нижнего продукта. Уменьшение процентного содержания по WBp максимизировано (7,8%), когда выпускающий газ прибор 62A расположен в самом нижнем положении на корпусе гидроциклона, но все равно видно некоторое улучшение (уменьшение процентного содержания в 4,4%), когда выпускающий газ прибор 62, 62A расположен в обоих, самом нижнем и самом верхнем, положениях на корпусе гидроциклона.

Увеличение количества мелких частиц (Bpf), которые обходят этап разделения на фракции посредством прекращения в потоке нижнего продукта. Данное произошло, когда выпускающий газ прибор 62, 62A был расположен либо в самом нижнем положении (увеличение 5,3%) или в самом верхнем положении (увеличение 18,9%) на корпусе гидроциклона, что в обоих случаях являлось отрицательным результатом. Наилучший сценарий предусматривал отсутствие изменений в Bpf (нулевое изменение процентного содержания), когда выпускающий газ прибор 62, 62A был расположен в обоих, самом нижнем и самом верхнем, положениях на корпусе гидроциклона.

Уменьшение содержания частиц среднего размера (d_{50}) в потоке верхнего продукта от этапа разделения на фракции. Уменьшение процентного содержания по d_{50} максимизировано (10,6%), когда выпускающий газ прибор 62, 62A был расположен в обоих, самом нижнем и самом верхнем, положениях на корпусе гидроциклона, но некоторое улучшение все равно можно было наблюдать (уменьшение процентного содержания в 5,0%), когда выпускающий газ прибор 62A был расположен только в самом нижнем положении на корпусе гидроциклона.

Увеличение параметра α , КПД сепарации, когда выпускающий газ прибор 62, 62A был расположен в самом нижнем положении (увеличение в 7,0%), что положительно, но уменьшение в параметре α , КПД сепарации, когда выпускающий газ прибор 62, 62A был расположен в самом верхнем положении на корпусе гидроциклона (уменьшение 24,4%), что являлось отрицательным результатом. Отсутствовали изменения в параметре α , КПД сепарации (нулевое изменение процентного содержания), когда выпускающий газ прибор 62, 62A расположен в обоих, самом нижнем и самом верхнем, положениях на корпусе гидроциклона.

Вкратце, в целом наилучшие результаты наблюдались, когда выпускающий газ прибор 62A расположен в самом нижнем положении на корпусе гидроциклона, при этом имело место 7,8% уменьшение в количестве байпаса воды (WBp) гидроциклона и прекращение в потоке нижнего продукта, 5,0% уменьшение содержания частиц среднего размера (d_{50}) в потоке верхнего продукта и 7,0% увеличение параметра α , КПД сепарации.

Касаясь эффекта от применения щелей 82 выпуска газа отличающейся ширины 0,3, 0,5 и 1,0 мм, данные в табл. 1 и 2 показывают следующее.

Общее улучшение всех параметров - уменьшение в количестве байпаса воды (WBp) разделения на фракции гидроциклона; уменьшение в количестве мелких частиц (Bpf), которые обошли этап разделения на фракции посредством прекращения в потоке нижнего продукта; и уменьшение содержания частиц среднего размера (d_{50}) в потоке верхнего продукта от этапа разделения на фракции.

Вкратце, в целом наилучшие результаты по показателю последовательного уменьшения наблюдались в каждом из данных параметров, когда выпускающий газ прибор 62A был установлен только в самом нижнем положении на корпусе гидроциклона (первые 3 строки результатов в табл. 1 и 2).

Кроме того, наилучшие показатели работы в каждом параметре получались в данном самом нижнем положении, когда щель 82 выпуска газа имела ширину 0,5 мм. При данной ширине щели байпас (WBr) воды падает на 26,4%, байпас (Brf) мелких фракций падает на 14,1%, содержание частиц среднего размера (d50) падает на 18,1%, и параметр α , кпд сепарации увеличивается на 16,1%.

Выпускающая газ щель шириной 0,3 или 1,0 мм давала худшие результаты, чем выпускающая газ щель в 0,5 мм, хотя все результаты (когда впускающий газ прибор 62А был расположен только в самом нижнем положении на корпусе гидроциклона) для данных диаметров щели все равно имели улучшение в сравнении с применением других мест ввода газа в циклон или отсутствием ввода газа.

Изобретатели считают, что газ, поступающий в сепарационную камеру циклона, содействует сепарации мелких частиц от более крупных частиц посредством отмучивания, и наилучшие результаты получаются, когда (а) газ вводится, по меньшей мере, в самом нижнем положении на корпусе гидроциклона, и (b) выпускающая газ щель в впускающем газ приборе является сравнительно небольшой (шириной около 0,5 мм, а не 1,0 или 2,0 мм). Изобретатели считают, что данные параметры обуславливают образование сравнительно небольших пузырьков меньшей плавучести и сравнительно долго поднимающихся вверх по высоте гидроциклона от самого нижнего газового впуска.

Изобретатели обнаружили, что применение описанных выше вариантов осуществления сепарационного устройства гидроциклона может реализовать оптимальные (и устойчивые) условия его эксплуатации, и установили, что данная физическая конфигурация

способствует лучшему высвобождению мелких частиц и таким образом лучшему извлечению в флотационном процессе ниже по потоку с максимизацией пропускной способности; и

минимизирует нагрузку от рециркуляции материала частиц в нижнем продукте гидроциклона, который возвращается на этап перемалывания, и таким образом предотвращает переизмельчение частиц, экономя энергию.

В приведенном выше описании некоторых вариантов осуществления для ясности применена специфическая терминология. Вместе с тем, раскрытие не ограничено специфическими выбранными терминами, и понятно, что каждый специфический термин включает в себя другие технические эквиваленты, которые работают аналогично, выполняя одинаковую техническую задачу. Такие термины, как "верхний" и "нижний", "выше" и "ниже" и т.п. применяются как удобные слова для обеспечения ориентации, и их не следует толковать как ограничивающие термины.

В данной спецификации слово "содержащий" следует понимать в его "открытом" смысле, то есть в смысле "включающий в себя", и таким образом не ограниченным в его "закрытом" смысле, то есть в смысле "состоящий только из". Соответствующее значение следует относить к соответствующим словам "содержат", "составлен из" и "содержит", где они появляются.

Приведенное выше описание представлено связанным с несколькими вариантами осуществления, которые могут иметь общие характеристики и признаки. Понятно, что один или несколько признаков любого варианта осуществления можно комбинировать с одним или несколькими признаками других вариантов осуществления. В дополнение, любой один признак или комбинация признаков в любом из вариантов осуществления могут составлять дополнительные варианты осуществления.

В дополнение, выше описаны только некоторые варианты осуществления изобретений, и замены, модификации, дополнения и/или изменения могут быть выполнены в них без отхода от объема и сущности раскрытых вариантов осуществления, варианты осуществления являются иллюстративными и не ограничительными. Например, коническая часть гидроциклона может быть составлена из больше двух секций в форме усеченного конуса, соединенных торец к торцу. Средство, которым такие секции в форме усеченного конуса соединены друг с другом, может являться не только болтами и гайками, установленными на кромках концевых фланцев, но крепежным средством других типов, таким как наружные фиксаторы некоторых типов. Материалы конструкции частей корпуса гидроциклона, которые обычно выполняют из твердого пластика или металла, могут также являться другими материалами, такими как керамика. Материал внутренней облицовки частей гидроциклона может быть резиной, или другим эластомером, или керамикой, формуемой в требуемой геометрии внутренней формы питающей камеры 14 или конической сепарационной камеры 15, описанной в данном документе.

Кроме того, изобретения описаны в соединении со считающимися в настоящее время наиболее практичными и предпочтительными вариантами осуществления, понятно, что изобретение не ограничено раскрытыми вариантами осуществления, но напротив, охватывает различные модификации и эквивалентные устройства в составе сущности и объема изобретений. Также различные варианты осуществления, описанные выше, можно реализовать в соединении с другими вариантами осуществления, например аспекты одного варианта осуществления можно комбинировать с аспектами другого варианта осуществления для реализации других вариантов осуществления. Дополнительно, каждый независимый признак или компонент любого данного узла может составлять дополнительный вариант осуществления.

Таблица 1-1

Результаты испытания № 1														
Прибор	Цель [мм]	Испытание №	α	$\% \alpha$	d50c	$\% d50c$	W Вр	$\% W Вр$	Вр f	$\% Вр f$				
Нижний	2.0	2	4.87	↑	7.03	132.30	↑	-5.04	12.74	↑	-7.75	12.93	↓	5.29
Верхний и нижний	2.0	3	4.56	—	0.22	124.60	↑	-10.57	13.20	—	-4.42	12.28	—	0.00
Верхний	2.0	4	3.44	↓	-24.40	137.25	—	-1.49	13.82	—	0.07	14.61	↓	18.87
Базовый вариант		1	4.55			139.32			13.91			12.28		

Таблица 1-2

Результаты испытания № 2														
Прибор	Цель [мм]	Испытание №	α	$\% \alpha$	d50c	$\% d50c$	W Вр	$\% W Вр$	Вр f	$\% Вр f$				
Нижний	1.0	3	3.31	↓	-5.99	72.04	↑	-19.89	14.15	↑	-13.80	13.52	↓	-6.23
	0.5	6	4.09	↑	16.09	73.66	↑	-18.08	12.08	↑	-26.41	12.38	↑	-14.15
	0.3	9	4.01	↑	14.01	79.07	↑	-12.07	15.09	↑	-8.06	15.29	↓	5.99
Верхний	1.0	1	3.03	↓	-13.97	78.12	↑	-13.13	12.71	↑	-22.60	12.13	↑	-15.89
	0.5	4	3.44	—	-2.20	71.33	↑	-20.68	13.11	—	-20.15	13.84	—	-4.06
	0.3	7	2.71	↓	-23.00	77.44	↑	-13.89	13.85	↑	-15.61	14.04	—	-2.64
Верхний и нижний	1.0	2	3.26	↓	-7.24	76.17	↑	-15.30	13.71	↑	-16.48	14.03	—	-2.74
	0.5	5	2.83	↓	-19.55	71.90	↑	-20.05	12.44	↑	-24.24	13.05	↑	-9.51
	0.3	8	3.47	—	-1.46	83.39	↑	-7.27	15.50	—	-5.56	14.58	—	1.08
Базовый вариант		10	3.52			89.93			16.42			14.42		

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Гидроциклон (10), включающий в себя:

корпус (12), заключающий в себе сепарационную камеру (15) в общем конической формы и проходящий аксиально от первого конца (48) до второго конца (43), имеющего относительно меньшую площадь сечения, чем первый конец; и

сепарационная камера (15) включает в себя по меньшей мере один газовый выпуск (60), содержащий множество отверстий (64), выполненных разнесенными друг от друга по окружности внутренней периферийной стенки упомянутой камеры, при эксплуатации отверстия служат для пропуска газа в камеру в зоне, расположенной между первым и вторым концами;

при этом газовый выпуск содержит кольцевое принимающее газ устройство (62); и

причем газовый выпуск дополнительно содержит выпускающее газ устройство (74), сообщающееся по текучей среде с принимающим газ устройством (62) и также с сепарационной камерой (15); выпускающее газ устройство (74) имеет кольцевую форму;

внутренняя периферийная стенка (80) выпускающего газ устройства имеет множество отверстий (82), через которые газ поступает в упомянутую камеру при эксплуатации; и

причем упомянутые отверстия являются щелями, выполненными во внутренней периферийной стенке.

2. Гидроциклон (10) по п.1, в котором сепарационная камера (15) содержит по меньшей мере две части корпуса (32, 34), и по меньшей мере один газовый выпуск расположен между частями.

3. Гидроциклон (10) по п.1 или 2, в котором по меньшей мере один газовый выпуск (60) пропускает газ на втором конце сепарационной камеры.

4. Гидроциклон (10) по п.1, в котором щели (82) являются удлиненными и проходят от внутренней периферийной стенки в кольцевой корпус выпускающего газ устройства.

5. Гидроциклон (10) по п.4, в котором каждая щель (82) выполнена в общем параллельной смежной щели.

6. Гидроциклон (10) по п.4 или 5, в котором образован угол между осью каждой удлиненной щели (82) и радиальной линией, которая проходит от точки на центральной оси выпускающего газ устройства до точки на терминальном конце щели, которая расположена в кольцевом корпусе.

7. Гидроциклон (10) по п.6, в котором угол является острым.

8. Гидроциклон (10) по п.7, в котором угол имеет величину около 45°.

9. Гидроциклон (10) по п.4 или 5, в котором каждая удлиненная щель (82) ориентирована под углом так, что при эксплуатации, когда поток газа выпускается из выпускающего газ устройства (74) и в сепарационную камеру, направление выпуска потока в общем совпадает с вихревым или спиральным потоком подаваемых материалов, перемещающихся тангенциально вокруг внутренней периферийной стенки сепарационной камеры.

10. Гидроциклон (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором, по меньшей мере, некоторые из щелей (82) имеют параллельные боковые стороны, образующие, по существу, постоянную поперечную ширину.

11. Гидроциклон (10) по п.10, в котором поперечная ширина щелей (82) равна ширине упомянутых отверстий, через которые газ поступает в камеру при эксплуатации.

12. Гидроциклон (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором внутренняя периферийная стенка (72) выпускающего газ устройства (74) выставлена заподлицо со смежным участком внутренней поверхности сепарационной камеры.

13. Гидроциклон (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором отверстия в внутренней периферийной стенке (72) выпускающего газ устройства выполнены, по существу, равноотстоящими друг от друга по окружности.

14. Гидроциклон (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором принимающее газ устройство (62) функционально соединено с источником выпускаемого газа.

15. Гидроциклон (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором принимающая газ емкость (62) и выпускающая газ емкость (74) установлены между двумя смежными частями корпуса с помощью пары прокладок.

16. Впускающее газ устройство (60) для применения с гидроциклоном, причем устройство включает в себя по меньшей мере один элемент (74) кольцевой формы, снабженный множеством отверстий (82) для газового потока, выполненных разнесенными друг от друга по окружности внутренней периферийной стенки (72) упомянутого элемента, отверстия (82) выполнены с возможностью при эксплуатации пропуска газа во внутреннюю камеру гидроциклона, когда выполнены для этого;

причем выпускающее газ устройство (60) дополнительно содержит принимающее газ устройство (62) кольцевой формы и выпускающее газ устройство (74), которое при эксплуатации сообщается по текучей среде с обоими, принимающим газ устройством, а также внутренней камерой, через указанные отверстия;

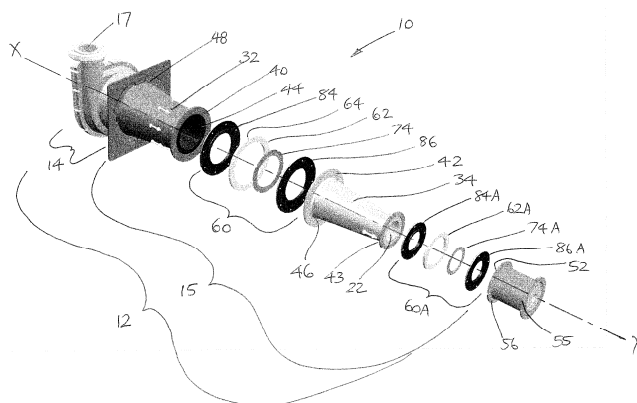
выпускающее газ устройство (74) имеет кольцевую форму; и

при этом отверстия являются щелями (82), выполненными во внутренней периферийной стенке.

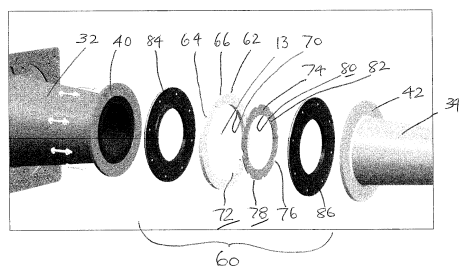
17. Впускающее газ устройство (60) по п.16, в котором принимающее газ устройство (62) является функционально соединяемым с источником выпускаемого газа.

18. Впускающее газ (60) устройство по п.16 или 17, в котором принимающее газ устройство (62) имеет одно или более боковых отверстий на своей наружной периферийной стенке, которые могут соединяться с газовыми трубами.

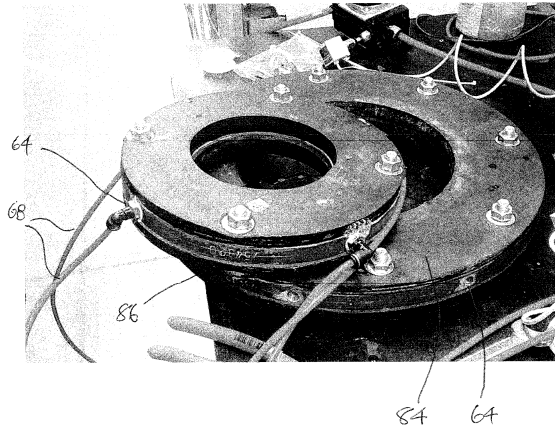
19. Впускающее газ устройство (60) по любому из пп.16-18, в котором по меньшей мере один элемент кольцевой формы расположен между парой кольцевых прокладок, которые выполнены с возможностью прохождения поперек концевых поверхностей элемента кольцевой формы.



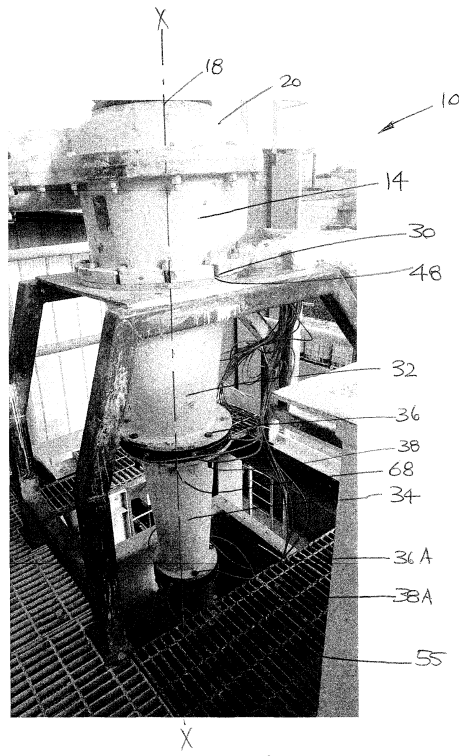
Фиг. 1



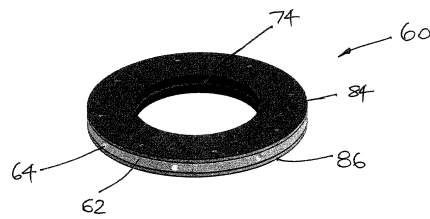
Фиг. 2



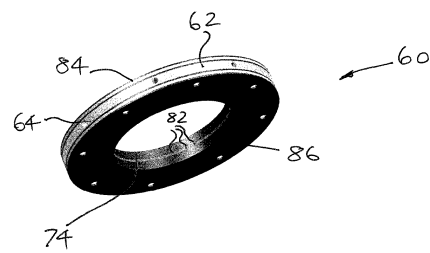
Фиг. 3



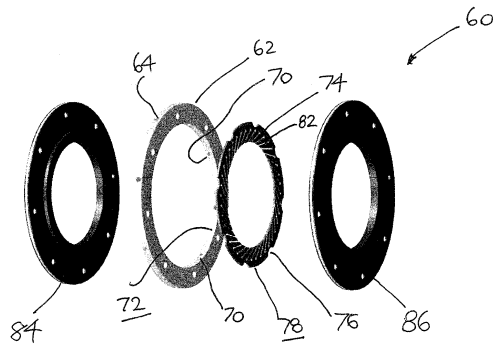
Фиг. 4



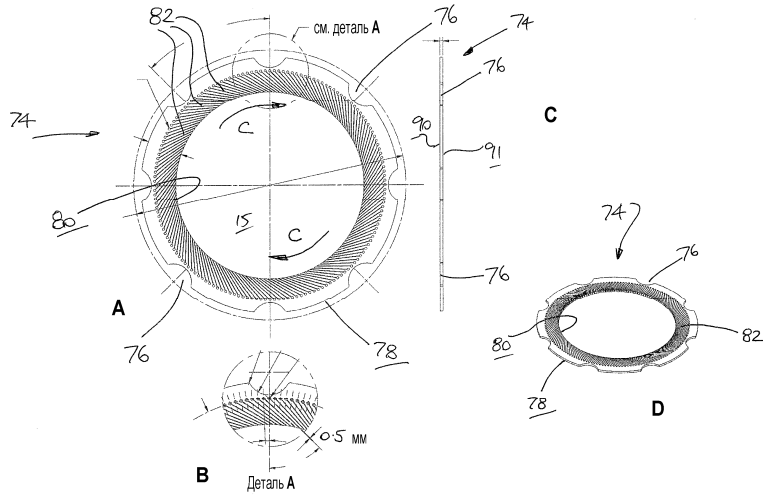
Фиг. 5



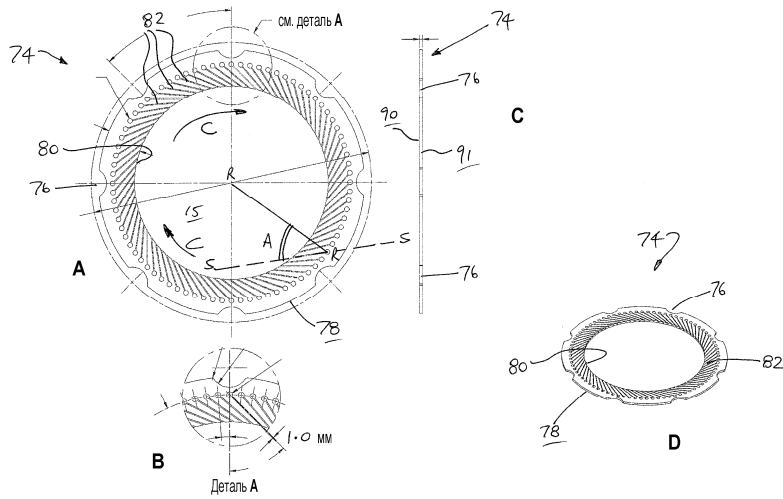
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8А,В,С,Д



Фиг. 9А,В,С,Д

