

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043629**

(13) **B1**

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

- (45) Дата публикации и выдачи патента
2023.06.07
- (21) Номер заявки
202191285
- (22) Дата подачи заявки
2019.12.17
- (51) Int. Cl. **C01B 25/222 (2006.01)**
C05B 11/08 (2006.01)
C05C 9/00 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФОСФОРА**

- (31) **102018000020950**
- (32) **2018.12.21**
- (33) **IT**
- (43) **2021.10.04**
- (86) **PCT/EP2019/085681**
- (87) **WO 2020/127286 2020.06.25**
- (71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ВОММ ИМПЬЯНТИ Э ПРОЧЕССИ
С.П.А. (IT)
- (72) Изобретатель:
Веццани Массимо (IT)
- (74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)
- (56) **JP-A-2012096972**
JP-A-2011246287
EP-A2-2774907
FRANZ M. ED - MATSUTO TOSHIIKO
ET AL. "Phosphate fertilizer from sewage sludge
ash (SSA)", WASTE MANAGEMENT, vol. 28, no.
10, 4 October 2007 (2007-10-04), pages 1809-1818,
XP029237388, ISSN: 0956-053X, DOI: 10.1016/
J.WASMAN.2007.08.011, abstract

-
- (57) Способ получения фосфора из зольных остатков, поступающих от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подают возобновляемые материалы и/или отходы, включающий фазу смешения указанных зольных остатков, поступающих из сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подают возобновляемые материалы и/или отходы, с раствором серной кислоты с целью экстрагирования содержащегося в них фосфора; также дано описание системы для осуществления указанного способа.

B1

043629

043629

B1

Область техники

Изобретение относится к способу извлечения фосфора из зольных остатков, предпочтительно золашлаковых отходов, поступающих из инсинераторов и/или установок по переработке отходов в энергию. В частности, изобретение относится к способу, включающему фазу экстрагирования фосфора из зольных остатков, поступающих из инсинераторов и/или установок по переработке отходов в энергию, с применением концентрированного раствора серной кислоты.

Уровень техники

Фосфор является значимым элементом для производства удобрений, используемых в сельском хозяйстве.

В соответствии с некоторыми исследованиями, в течение последующих десятилетий, вследствие глобального роста населения мировое производство удобрений на основе фосфора достигнет пика.

Однако, даже если пик наступит в ближайшие годы, фосфатное сырье будет становиться все более дефицитным, а его цены будут расти, пусть даже они и были низкими в последние годы, вследствие замедления темпов мирового роста.

Специалисту в данной области хорошо известно, что в природе фосфор не существует в натуральном виде, но он присутствует в земной коре в форме минералов, аккумулированных в твердом виде внутри больших залежей фосфатных руд, состоящих, как правило, из минералов апатитовой группы (фторапатитов, гидроксидапатитов, карбонатапатитов).

Практически все стратегические мировые минеральные запасы фосфора сосредоточены главным образом в трех странах, а именно: в Марокко (включая территорию Западной Сахары), США и Китае.

В частности, около 50-70% мировых запасов фосфатной руды сконцентрированы в Марокко.

В отличие от него, страны-члены Евросоюза совершенно обеднены по запасам фосфатных руд.

Что касается производственного процесса, то эти фосфорсодержащие руды вначале должны быть извлечены из недр, обычно в обширных шахтах открытой добычи.

Затем эти руды должны быть отделены от примесей, таких как песок, глины, карбонатные породы, органические вещества и оксиды железа: эта фаза подготовки и очистки, в свою очередь, может включать множественные промежуточные фазы, такие как грохочение, промывка, отделение в гидроциклонах, кальцинация, флотация и магнитная сепарация.

Эта фаза подготовки и очистки вызывает образование шламов, включающих такие примеси, которые, при их существующей низкой добавочной стоимости, часто аккумулируются в накопительных бассейнах вблизи шахты и/или того места, где осуществляется данный производственный процесс.

Извлеченная таким образом руда должна быть соответственно подвергнута обработке на этапе экстрагирования фосфора, осуществляемого чаще всего в виде фосфорной кислоты.

На данном этапе экстрагирования, как правило, могут быть использованы два способа: первый способ - гидротермического типа, в ходе реакции с сильной кислотой, такой как серная или азотная кислоты, а второй способ осуществляется внутри электропечи за счет восстановления с использованием кокса и оксида кремния.

Оба способа экстрагирования являются относительно трудоемкими и включают использование значительных материальных и энергетических ресурсов, а также очень больших систем и пространств.

В более общем плане, процесс производства фосфора оказывает существенное воздействие на окружающую среду как при рассмотрении места извлечения этих руд из земной коры, так и в отношении затрат и побочных продуктов в время фаз подготовки и экстрагирования.

Таким образом, по причинам, связанным как с доступностью ресурсов, в особенности с учетом концентрации запасов сырья, так и с окружающей средой, в особенности с учетом процесса производства фосфора из фосфатных руд, чрезвычайно актуальной является потребность определения альтернативного источника снабжения фосфором, пригодного для производства применяемых в сельском хозяйстве минеральных удобрений и/или усовершенствованного способа этого производства.

В JP2012096972 А раскрыт способ извлечения неорганического фосфора из зольных остатков после сжигания отходов жизнедеятельности домашнего скота, включая этап, на котором к указанным зольным остаткам добавляется серная кислота для регулирования pH на уровне $\leq 1,8$ и выделяется фосфор; последующий этап, на котором к полученному элюату фосфора добавляется хлорид кальция; и конечный этап, на котором к полученной жидкости, освобожденной от серной кислоты, добавляется гидроксид кальция для регулирования pH до значения $\geq 4,0$, а фосфор извлекается в виде неорганического фосфорного соединения, состоящего в основном из апатита или подобного ему.

Известно, однако, что апатитовые минералы обладают очень малой растворимостью как в нейтральном, щелочном, так и даже в слабокислом растворах.

Более того, известно, что апатитовые минералы могут быть подвержены явлениям сорбции металлов, таким как ионный обмен, адсорбция, образование комплексов и соосаждение, в частности, катионов тяжелых металлов, таких как катионы свинца и кадмия.

Следовательно, способ в соответствии с JP'972 не подходит для продукта, который всегда удовлетворяет сельскохозяйственному назначению, в частности в качестве удобрения при капельном орошении.

В заключение, в свете существующего уровня техники и вышеуказанных недостатков, задач, составляющей основу данного изобретения, является создание способа производства фосфора в виде химических образцов, которые непосредственно применимы для производства удобрений сельскохозяйственного назначения, в частности, удобрения для капельного орошения, который может быть более эффективно реализован с производственной точки зрения (менее трудозатратный по показателям сложности этапов и/или энергоемкости) по сравнению с технологиями существующего уровня техники и который обеспечивает использование источника фосфора в качестве альтернативы известным минеральным источникам фосфора и к счастью возобновляемого и легко доступного сырья.

Сущность изобретения

Указанная проблема была решена за счет создания способа извлечения фосфора из зольных остатков, преимущественно из золошлаковых отходов, которые поступают от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подаются возобновляемые материалы и/или отходы, включающего фазы:

а) смешения зольных остатков, содержащих фосфор, с раствором серной кислоты с получением таким образом кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту и имеющей значения pH в диапазоне от 0 до 2, предпочтительно равные примерно 1;

б) смешения указанной кислотной пульпы с мочевиной или ее водным раствором до получения обогащенной кислотной пульпы, имеющей значение pH в диапазоне от 2 до 4, предпочтительно равное примерно 2,5, причем полученная таким образом обогащенная кислотная пульпа содержит диспергированную твердую фазу и диспергирующую жидкую фазу, причем указанная диспергирующая жидкая фаза представляет собой аддукт фосфорной кислоты-мочевины;

с) отделения указанной диспергирующей жидкой фазы от указанной диспергированной твердой фазы с получением таким образом указанной диспергирующей жидкой фазы.

В соответствии с данным изобретением выражение "зольные остатки, поступающие от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подаются возобновляемые материалы и/или отходы" означает зольные остатки, генерируемые вследствие сжигания твердых материалов, при котором последние поступают из возобновляемых источников или пригодных для переработки промышленных отходов, либо твердых бытовых отходов или пригодных для переработки промышленных отходов.

В соответствии с данным способом предпочтительно, чтобы вышеупомянутые зольные остатки поступали от сжигательных установок, в которые подается твердое топливо, причем последнее выбрано из группы, состоящей из бытовых или промышленных твердых отходов, растительной биомассы, шламов сточных вод и из любой комбинации ранее указанных компонентов.

В частности, подобный твердый материал, поступающий из возобновляемых источников или пригодных для переработки промышленных отходов, может включать древесную щепу, листья, ветки, древесные отходы от деревообрабатывающей промышленности, древесные отходы от бумажной промышленности, ДСП, макулатурный картон, целлюлозные сельскохозяйственные органические отходы, например части растений, листья, стебли, цветы и/или плоды в виде сельскохозяйственных отходов, такие как ядра злаков, пшеничная солома, рисовая шелуха или растительная масса сахарного тростника.

Указанные твердые отходы или пригодные для переработки промышленные отходы могут представлять собой несортированные твердые бытовые отходы, неразделяемые твердые бытовые отходы, шламы сточных вод или комбинацию вышеуказанного. Указанные твердые бытовые отходы или пригодные для переработки промышленные отходы могут также быть отходами промышленного цикла вторичной переработки отходов, такими как бумажные и/или картонные отходы, древесные отходы деревообрабатывающей промышленности.

В соответствии со способом по настоящему изобретению, предпочтительно, чтобы вышеупомянутые зольные остатки, которые поступают от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подаются возобновляемые материалы и/или отходы, могли представлять собой тяжелый зольные остатки, конкретно зольные остатки типа "золошлаковых отходов".

В частности, золошлаковые отходы, в дополнение к присущему им высокому содержанию фосфора, классифицируются как специальные неопасные отходы, соответственно, их использование является абсолютно предпочтительным и практически полезным.

Обычно, исходные золошлаковые отходы (или осадки, состоящие из таких золошлаковых отходов), обедненные более крупной металлической фракцией используются, как правило, в строительной отрасли в качестве инертного материала при производстве цементных блоков для строительства дорог или дорожных оснований, либо чаще всего их просто складывают на свалках.

Таким образом, в качестве преимущества, настоящее изобретение не только предоставляет способ извлечения фосфора, который является эффективным и альтернативным по отношению к известным в данной области техники, но и обеспечивает существенный возобновляемый источник фосфора, а также позволяет получить из отходов продукт с добавленной стоимостью.

Действительно, вышеупомянутые зольные остатки, в частности золошлаковые отходы, поступающие от сжигательных установок, которые загружаются твердыми отходами, таких как инсинераторы или системы по переработке отходов в энергию, содержат соединения фосфора, преимущественно соединения фосфора (V), присутствующие главным образом в виде оксида фосфора (V) и фосфатов металлов,

таких как фосфаты алюминия, натрия и кальция.

Более того, с учетом известного уровня техники, способ в соответствии с данным изобретением, без сбора и осаждения фосфора в виде апатитовых или им подобных минералов, позволяет извлекать фосфор за счет снижения риска включения в конечный продукт тяжелых металлов, поступающих из вышеупомянутых зольных остатков, в частности, когда последние поступают от сжигательных установок, в которые подается твердое топливо, когда такое топливо выбрано из группы, состоящей из бытовых или промышленных твердых отходов, либо шламов сточных вод.

Предпочтительно, чтобы на фазе а) смешения вышеупомянутых зольных остатков с раствором серной кислоты этот раствор имел концентрацию в диапазоне 20-60 мас.%, более предпочтительно, чтобы указанный раствор имел концентрацию в диапазоне 25-45 мас.%, еще более предпочтительно в диапазоне 30-40 мас.%.

В соответствии со способом по настоящему изобретению предпочтительно, чтобы фаза а) смешения таких зольных остатков с раствором серной кислоты и/или фаза б) смешения указанной кислотной пульпы с мочевиной осуществлялись при температуре в диапазоне 40-150°C, более предпочтительно в диапазоне 45-60°C.

Преимущество состоит в том, что когда фаза а) смешения указанных зольных остатков с раствором серной кислоты осуществляется при нагревании указанных зольных остатков и раствора серной кислоты, реакция между соединениями фосфора, входящими в золошлаковые отходы, и серной кислотой может происходить также в присутствии более разбавленного раствора серной кислоты.

Абсолютным преимуществом при умеренных условиях нагрева, которые сами по себе не являются особенно обременительными с позиции суммарных эксплуатационных затрат на систему, в которой осуществляется способ, является возможность осуществления указанной реакции между соединениями фосфора, включенными в зольные остатки, и серной кислотой более низкой концентрации, подразумевающая многочисленные преимущества.

Прежде всего, снижение кислотности раствора серной кислоты подразумевает преимущество с позиции производственных затрат для всего имеющегося в системе оборудования, где может быть реализован способ в соответствии с данным изобретением.

Действительно, само по себе очевидно, что работа с сильными кислотными растворами и их локализация требуют обеспечения того, чтобы системы, узлы и оборудование не подвергались слишком быстрому износу из-за коррозии металлических составных частей вследствие их контакта с растворами серной кислоты, который является непрерывным и продолжительным по времени.

Более того, применение более разбавленных растворов серной кислоты позволяет экономить при приобретении реагентов, необходимых для реализации способа.

Предпочтительно, чтобы во время вышеупомянутой фазы б) смешения указанной кислотной пульпы с мочевиной указанный водный раствор мочевины представлял собой густой раствор с концентрацией в диапазоне от 20 до 90 мас.%, более предпочтительно в диапазоне от 40 до 80 мас.%.

В соответствии с данным изобретением выражение "густой раствор" означает раствор с высокой вязкостью, причем такая высокая вязкость вызывается высокой концентрацией растворенного вещества (мочевины).

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления данного способа фаза а) смешения зольных остатков с раствором серной кислоты может включать в свою очередь следующие этапы:

обеспечение турбореактора, содержащего цилиндрический трубчатый корпус, имеющий по меньшей мере одно впускное отверстие и по меньшей мере одно выпускное отверстие, при необходимости греющую рубашку для доведения температуры трубчатого корпуса до заданного значения и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал, снабженный радиально выступающими из него элементами;

подачу непрерывного потока вышеупомянутых зольных остатков и непрерывного потока водного раствора серной кислоты в указанный турбореактор, таким образом диспергируя за счет действия указанного ротора указанные зольные остатки в непрерывный поток частиц, а указанный водный раствор серной кислоты в непрерывный поток мелких капель;

центрифугирование указанных зольных остатков и раствора серной кислоты в направлении внутренней стенки указанного турбореактора при вращении указанного ротора со скоростью равной или превышающей 100 об/мин., с формированием динамичного, имеющего трубчатую форму, тонкого, высоко-турбулентного слоя жидкости, в котором частицы зольных остатков и капли водного раствора серной кислоты механически поддерживаются в существенном контакте с помощью радиально выступающих элементов ротора, по мере перемещения частиц и капель, находящихся в действенном контакте с внутренней стенкой турбореактора, в направлении выпускного отверстия, с получением таким образом кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту и имеющей значение pH в диапазоне между 0 и 2, предпочтительно равное 1; и

выпуск непрерывного потока кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту, через выпускное отверстие.

При наиболее предпочтительном режиме вышеупомянутый ротор вышеупомянутого турбореактора может вращаться при скорости превышающей или равной 300 об/мин., более предпочтительно превышающей или равной 800 об/мин.

Предпочтительно, чтобы осуществление как фазы смешения а) с помощью турбореактора, так и осуществление фазы а) в совершенно обычном реакторе, фаза б) смешения кислотной пульпы с мочевиной в свою очередь включают следующие этапы:

создание турбосмесителя, включающего цилиндрический трубчатый корпус, имеющий по меньшей мере одно впускное отверстие и по меньшей мере одно выпускное отверстие, при необходимости греющую рубашку для доведения температуры цилиндрического трубчатого корпуса до заданного значения и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал, снабженный радиально выступающими из него элементами;

подачу непрерывного потока вышеупомянутой кислотной пульпы совместно с непрерывным потоком мочевины в вышеупомянутый турбосмеситель, с диспергированием кислотной пульпы с помощью указанного ротора в поток мелких капель;

центрифугирование мочевины и указанной кислотной пульпы в направлении внутренней стенки указанного турбосмесителя при вращении указанного ротора со скоростью равной или превышающей 100 об/мин., с формированием динамичного, имеющего трубчатую форму, тонкого, высокотурбулентного слоя жидкости, в котором мочевина и капли кислотной пульпы механически поддерживаются в существенном контакте с помощью радиально выступающих элементов ротора, по мере перемещения частиц и капель, находящихся в значимом контакте с внутренней стенкой турбосмесителя, в направлении выпускного отверстия, с получением таким образом непрерывного потока обогащенной кислотной пульпы со значением рН в диапазоне между 2 и 4, предпочтительно равным 2,5, содержащей диспергированную твердую фазу и диспергирующую жидкую фазу, в которой указанная диспергирующая фаза содержит аддукт фосфорной кислоты-мочевины; и

выпуск непрерывного потока обогащенной кислотной пульпы через указанное выпускное отверстие.

При наиболее предпочтительном режиме ротор вышеупомянутого турбосмесителя может вращаться при скорости превышающей или равной 300 об/мин., более предпочтительно превышающей или равной 600 об/мин.

Кроме того, согласно еще одному варианту осуществления фаза а) и фаза б) способа согласно настоящему изобретению могут быть реализованы в едином узле для реакции и смешения для производства аддукта фосфорной кислоты-мочевины из указанных зольных остатков, предпочтительно золошлаковых отходов, поступающих от установок сжигания, в которые в качестве твердого топлива подаются возобновляемые материалы и/или отходы, где фаза а) смешения зольных остатков с раствором серной кислоты, в свою очередь, включает следующие этапы:

обеспечение реактора, содержащего цилиндрический трубчатый корпус с горизонтальной осью, имеющий первое отверстие и второе отверстие для впуска реагентов, расположенные поблизости от первого конца цилиндрического трубчатого корпуса, и третье отверстие для впуска реагентов, расположенное в промежуточном положении между указанным первым концом цилиндрического трубчатого корпуса и вторым противоположным концом цилиндрического трубчатого корпуса, по меньшей мере одно отверстие для выпуска конечного продукта, при необходимости греющую или охлаждающую рубашку для доведения температуры цилиндрического корпуса до заданного значения и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и, в свою очередь, содержащий вал, снабженный радиально выступающими из него элементами;

подачу в вышеупомянутый реактор непрерывного потока вышеупомянутых зольных остатков через указанное первое впускное отверстие, и непрерывного потока водного раствора серной кислоты через указанное второе впускное отверстие, таким образом за счет действия указанного ротора диспергируя как

указанные зольные остатки в непрерывный поток частиц, так и водный раствор серной кислоты в непрерывный поток мелких капель;

центрифугирование указанных зольных остатков и водного раствора серной кислоты в направлении внутренней стенки реактора при вращении указанного ротора со скоростью превышающей или равной 100 об/мин., с формированием динамичного, имеющего трубчатую форму, тонкого, высокотурбулентного слоя жидкости, в котором частицы зольных остатков и капли водного раствора серной кислоты механически поддерживаются в существенном контакте с помощью радиально выступающих элементов ротора, по мере их перемещения в значимом контакте с внутренней стенкой турбореактора, в направлении выпускного отверстия, с получением таким образом непрерывного потока кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту и имеющей значение рН в диапазоне между 0 и 2, предпочтительно равное 1;

при этом вышеупомянутая фаза б) смешения кислотной пульпы с мочевиной включает следующие этапы:

подачу непрерывного потока мочевины в тот же реактор через вышеупомянутое третье впускное отверстие и центрифугирование этого потока совместно с непрерывным потоком кислотной пульпы за

счет воздействия указанных радиально выступающих элементов ротора, перемещая их при значимом контакте с внутренней стенкой реактора в направлении выпускного отверстия, получая таким образом поток обогащенной кислотной пульпы со значением pH, составляющим величину в диапазоне от 2 до 4, предпочтительно равную примерно 2,5, в котором указанная обогащенная кислотная пульпа содержит диспергированную твердую фазу и диспергирующую жидкую фазу, где диспергирующая жидкая фаза включает аддукт фосфорной кислоты-мочевины;

выпуск непрерывного потока обогащенной кислотной пульпы через вышеупомянутый выпускное отверстие.

При наиболее предпочтительном режиме по данному способу ротор вышеупомянутого реактора может вращаться со скоростью превышающей или равной 300 об/мин., более предпочтительно превышающей или равной 800 об/мин, во время фазы а) и со скоростью превышающей или равной 300 об/мин., более предпочтительно более или равной 600 об/мин, во время фазы б).

Предпочтительным является, когда указанная фаза а) смешения указанных зольных остатков с раствором серной кислоты осуществляется при нагреве указанных золошлаковых отходов и раствора серной кислоты потоками теплопередающей жидкости внутри греющей рубашки указанного турбореактора или реактора, описанного в предыдущих абзацах, более предпочтительным является то, чтобы указанная теплопередающая жидкость состояла из воды, смеси расплавленных солей или диатермического масла.

При реализации способа с помощью турбореактора или реактора так, как это описано в предыдущих абзацах, преимуществом является когда фаза а) смешения может быть предпочтительно осуществлена за промежуток времени в диапазоне от 60 до 600 с, более предпочтительно в диапазоне времени от 120 до 150 с.

Аналогичным образом, когда указанная фаза б) смешения кислотной пульпы с мочевиной осуществляется при нагревании потоками теплопередающей жидкости внутри греющей рубашки указанного турбосмесителя или реактора, описанного в предыдущих абзацах, более предпочтительным является то, чтобы указанная теплопередающая жидкость состояла из воды, смеси расплавленных солей или диатермического масла.

При осуществлении способа с помощью турбосмесителя или реактора, как это описано в предыдущих абзацах, таким же преимуществом является предпочтительное осуществление фазы б) смешения кислотной пульпы с мочевиной в течение промежутка времени в диапазоне от 30 до 300 с, более предпочтительным в течение от 45 до 120 с.

В соответствии с дальнейшим вариантом осуществления способа вышеупомянутая фаза с) осуществляется в узле отделения, где посредством центрифугирования, фильтрации или декантации происходит отделение диспергирующей фазы, содержащей аддукт фосфорной кислоты-мочевины, от диспергированной фазы.

Как будет видно из дальнейшего детального описания наибольшее преимущество имеет, соответственно, осуществление фазы а) и/или фазы б) с использованием вышеупомянутого турбореактора, а также вышеупомянутого турбосмесителя, а также когда указанные фазы а) и б) данного способа осуществляются в уникальном реакторе, как это описано в предыдущих абзацах, во время фазы а) реакция между вышеупомянутыми соединениями фосфора и серной кислотой обеспечивает особенно высокие выходы фосфорной кислоты, а во время фазы б) чрезвычайно эффективна реакция образования аддукта фосфорная кислота-мочевина, таким образом обеспечивая высокие выходы последнего продукта.

В частности, способ, осуществляемый по данному изобретению, позволяет получить конечный продукт, а именно диспергирующую жидкую фазу, содержащую указанный аддукт фосфорной кислоты-мочевины, который чрезвычайно полезен для применения в сельскохозяйственной области.

В частности, указанная жидкая диспергирующая фаза, включающая аддукт фосфорной кислоты-мочевины, может быть использована в качестве удобрения для сельскохозяйственных культур, особенно для культур с капельным орошением.

Действительно, указанная жидкая диспергирующая фаза, содержащая указанный аддукт фосфорной кислоты-мочевины (обычно в виде раствора) может подаваться в системы капельного орошения.

В частности, жидкая диспергирующая фаза, вследствие ее кислотной природы, особенно хорошо подходит для предотвращения и/или удаления известняковых отложений, которые обычно образуются внутри труб, в клапанах и распределительных форсунках указанных ирригационных систем.

С другой стороны, в соответствии с данным изобретением, вышеуказанная техническая проблема также решена с помощью системы для осуществления вышеупомянутого способа извлечения фосфора из зольных остатков, которые поступают от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подаются возобновляемые материалы и/или отходы, состоящей из следующих узлов:

турбореактора, включающего цилиндрический трубчатый корпус, имеющий по меньшей мере одно впускное отверстие для непрерывного потока зольных остатков, поступающих от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива

подаются возобновляемые материалы и/или отходы, и по меньшей мере одно отверстие для выпуска непрерывного потока кислотной пульпы, предпочтительно греющую рубашку для доведения температуры внутренней стенки трубчатого корпуса до заданного значения и ротор, размещенный в цилиндриче-

ском трубчатом корпусе и содержащий вал, снабженный радиально выступающими из него элементами;

и турбосмесителя, включающего цилиндрический трубчатый корпус, имеющий по меньшей мере одно впускное отверстие для непрерывного потока кислотной пульпы и потока мочевины и по меньшей мере одно отверстие для выпуска непрерывного потока обогащенной кислотной пульпы, при необходимости греющую рубашку для доведения температуры внутренней стенки трубчатого корпуса до заданного значения и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал, снабженный радиально выступающими из него элементами.

Кроме того, в соответствии с другими вариантами реализации, в данном изобретении представлена система для осуществления вышеупомянутого способа извлечения фосфора из зольных остатков, поступающих от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подаются возобновляемые материалы и/или отходы, которая в соответствии с данным изобретением включает реактор, в свою очередь состоящий из цилиндрического трубчатого корпуса с горизонтальной осью, имеющего первое отверстие и второе отверстие для впуска реагентов, расположенные поблизости от первого края указанного цилиндрического трубчатого корпуса, третье отверстие, предназначенный также для впуска реагентов, расположенное в промежуточном положении между указанным первым краем цилиндрического трубчатого корпуса и противоположным вторым краем цилиндрического трубчатого корпуса, по меньшей мере одно отверстие для выпуска конечного продукта, такого как обогащенная кислотная пульпа, при необходимости греющую рубашку для доведения температуры внутренней стенки цилиндрического корпуса до заданного значения и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал, снабженный радиально выступающими из него элементами;

Предпочтительно, чтобы указанные выше радиально выступающие из вала ротора элементы в указанном турбореакторе и/или указанном турбосмесителе, или в реакторе, как описано в предыдущем параграфе, могли, например, иметь форму стержней, или лопастей или сошников или барабанов.

В равно предпочтительном варианте турбореактор и/или турбосмеситель, а также только что описанный выше реактор, могут быть изготовлены из нержавеющей стали, более предпочтительно из нержавеющей стали с кислотостойкими характеристиками.

В соответствии с данным изобретением выражение "нержавеющая сталь" означает стальной сплав, содержащий углерод в процентном содержании менее или равном 1,2 мас.%, и хром в количестве, равном или превышающем 10,5 мас.%.

Обычно для увеличения коррозионной стойкости подобный стальной сплав включает такие элементы как никель и молибден

Наконец, в наиболее предпочтительном варианте, система в соответствии с данным изобретением может также содержать разделительный узел, который может эксплуатироваться как непрерывно, так и периодически, имеющий по меньшей мере одно впускное отверстие для потока обогащенной кислотной пульпы, причем указанная обогащенная кислотная пульпа содержит диспергированную и диспергирующую фазы, а также по меньшей мере одно впускное отверстие для выпуска непрерывного или периодического потока диспергирующей фазы (отделенной от диспергированной фазы).

В равно предпочтительном варианте турбореактор и/или турбосмеситель, и/или вышеупомянутый реактор могут быть покрыты изнутри защитным слоем материала с высокой кислотостойкостью.

В соответствии с последним вариантом реализации преимущество заключается в возможности изготовления узлов системы из любого металлического сплава, пригодного для поставленной цели, с позиций как процесса производства узлов, так и соответствующих свойств механической прочности, а также в защите от воздействия кислот именно на те части и элементы этих узлов, которые непосредственно подвергаются воздействию рассматриваемых кислотных смесей.

Типичные для данного изобретения преимущества и характеристики становятся более ясными из последующего детального описания, представленного в виде неограничивающей иллюстрации к предпочтительным вариантам осуществления данного изобретения со ссылками на схематические представления на приложенных фигурах.

Подробное описание предпочтительного варианта осуществления изобретения

Со ссылкой на фиг. 1 показана система 1, применяемая для реализации способа в соответствии с данным изобретением, содержащая турбореактор 100 и турбосмеситель 200.

Турбореактор 100, в свою очередь, содержит цилиндрический трубчатый корпус 101, закрытый с противоположных сторон днищами 102 и 103 и коаксиально снабженный греющей рубашкой, предназначенной для протекания через нее теплообменной жидкости, например, диатермического масла, в целях поддержания заданной температуры на внутренней стенке цилиндрического трубчатого корпуса 101.

Указанная греющая рубашка 104 имеет впускное отверстие 104а и выпускное отверстие 104b, в целом выполненные с возможностью подачи нагретой теплообменной жидкости и отвода охлажденной теплообменной жидкости, соответственно.

Направления нанесенных стрелок на проемах 104 и 104b отражают, соответственно, направления указанных входящего потока теплообменной жидкости и выходящего потока теплообменной жидкости.

Трубчатый корпус 101 снабжен, соответственно, впускными отверстиями 105 и 106 для постоянно-

го потока зольных остатков, при необходимости золошлаковых отходов, поступающих от сжигательных установок, а также для постоянного потока концентрированного раствора серной кислоты, а также выпускным отверстием 107.

Трубчатый корпус 101 содержит в себе ротор на обеспечивающих вращение опорах, содержащий вал 108, снабженный радиально выступающими элементами 109 в виде лопастей, причем указанные лопасти 109 установлены по спирали и ориентированы на центрифугирование и одновременное перемещение потока кислотной пульпы, получающейся в результате смешения вышеупомянутых двух потоков, к выпускному отверстию 107. Кислотная пульпа содержит фосфорную кислоту, экстрагированную из вышеупомянутых зольных остатков, при необходимости золошлаковых отходов, а также зольные остатки, из которых извлечен содержащийся в них фосфор.

Направления нанесенных стрелок на отверстиях 105, 106 и 107 отражают, соответственно, направления указанных входящих потоков реагентов и указанного выходящего потока кислотной пульпы.

В частности, когда указанный непрерывный поток зольных остатков, поступающих от сжигательных установок и указанный непрерывный поток раствора серной кислоты входят в турбореактор 100 и там окончательно смешиваются в кислотную пульпу, последняя центрифугируется при помощи лопастей 109 ротора по направлению к внутренней стенке цилиндрического трубчатого корпуса 101, который может быть нагрет посредством греющей рубашки 104.

Следовательно, указанный турбореактор 100 надлежащим образом выполнен с возможностью осуществления фазы а) смешения зольных остатков с раствором серной кислоты.

В частности, интенсивное механическое воздействие, оказываемое ротором турбореактора 100 таково, что значительное количество кинетической энергии передается субстрату, а именно: указанным золошлаковым отходам и указанному раствору серной кислоты: непрерывный перенос энергии к субстрату вызывает тесное взаимодействие между указанными зольными остатками, полностью разделенными на частицы золы и капли раствора серной кислоты.

Указанное тесное взаимодействие позволяет осуществить полное экстрагирование фосфора, содержащегося в указанных золошлаковых отходах с превращением оксидов фосфора (V) и фосфатов металлов, содержащихся в указанных агломератах золошлаковых отходов, в фосфорную кислоту.

Полученная таким образом фосфорная кислота, обычно находится в различных диссоциированных видах, т.е. в виде ортофосфорной, пирофосфорной и метафосфорной кислот. Более того, в продолжение взаимодействия между серной кислотой и вышеуказанными соединениями фосфора (V), в кислотную пульпу выделяется сульфат.

В частности, указанное тесное взаимодействие происходит преимущественно в слое кислотной, динамичной, тонкой, имеющей трубчатую форму пульпы, протекающей внутри турбореактора 101 от указанного днища 102 к указанному днищу 103, поблизости от которого расположено выпускное отверстие 107.

Вследствие этого, способ в соответствии с данным изобретением, при осуществлении фазы а) посредством турбореактора 100, является несомненно эффективным и абсолютно осуществимым в плане применения в непрерывном производстве.

Двигатель, который не показан, установлен надлежащим образом для управления работой ротора с лопастями при переменных скоростях, которые могут равняться или превышать 100 об/мин.

Указанное выпускное отверстие 107 связано по текучей среде с выпускным трубопроводом 112, в который направляется постоянный поток кислотной пульпы, выходящей из трубчатого корпуса 101.

Сразу вслед за указанным турбореактором 100 указанный поток кислотной пульпы непрерывно подается в турбосмеситель 200 через выпускное отверстие 205.

Турбосмеситель 200, в свою очередь, включает цилиндрический трубчатый корпус 201, закрытый с противоположных сторон днищами 202 и 203 и коаксиально снабженный греющей рубашкой 204, предназначенной для протекания через нее теплообменной жидкости, например, диатермического масла, в целях поддержания заданной температуры на внутренней стенке цилиндрического трубчатого корпуса 201.

Указанная греющая рубашка 204 имеет впускное отверстие 204а и выпускное отверстие 204б, в целом выполненные с возможностью подачи нагретой теплообменной жидкости и отвода охлажденной теплообменной жидкости, соответственно.

Направления нанесенных стрелок на отверстиях 204 и 204б отражают, соответственно, направления указанных входящего потока теплообменной жидкости и выходящего потока теплообменной жидкости.

Трубчатый корпус 201 снабжен впускными отверстиями 205 и 206 для постоянного потока указанной кислотной пульпы и постоянного потока мочевины, соответственно, например, твердой мочевины или водного раствора мочевины, а также выпускным отверстием 207.

Трубчатый корпус 201 содержит в себе ротор на обеспечивающих вращение опорах, содержащий вал 208, снабженный радиально выступающими элементами 209 в виде лопастей, причем указанные лопасти 209 установлены по спирали и ориентированы на центрифугирование и одновременное перемещение потока обогащенной кислотной пульпы, получающейся в результате смешения вышеупомянутых двух потоков, к выпускному отверстию 207, где указанная обогащенная кислотная пульпа содержит ад-

дукт фосфорной кислоты и мочевины.

Направления нанесенных стрелок на отверстиях 205, 206 и 207 отражают, соответственно, направления указанных входящих потоков кислотной пульпы и указанного выходящего потока обогащенной кислотной пульпы.

В частности, когда указанный непрерывный поток кислотной пульпы и указанный непрерывный поток мочевины поступают в турбосмеситель 200, они за счет лопастей 209 ротора центрифугируются в направлении внутренней стенки цилиндрического трубчатого корпуса 201, который может быть нагрет с помощью греющей рубашки 204.

Турбосмеситель 200 таким образом выполнен с возможностью осуществления указанной фазы b) смешения кислотной пульпы с мочевиной.

В частности, интенсивное механическое воздействие, оказанное ротором турбосмесителя 200 таково, что значительное количество кинетической энергии передается субстрату, т.е. кислотной пульпе и мочеvine, подаваемой либо в твердом состоянии, либо в виде водного раствора: непрерывный перенос энергии к субстрату вызывает тесное взаимодействие между каплями указанной кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту и мочевиной, окончательно разделенной на твердые частицы или капли, соответственно в случае твердой мочевины или ее водного раствора.

Указанное тесное взаимодействие позволяет осуществить практически полное соединение молекул фосфорной кислоты и молекул мочевины с образованием аддуктов фосфорной кислоты-мочевины.

Конкретно, фосфорная кислота, какая бы ни была форма ее диссоциации, обладает выраженными кислотными характеристиками Льюиса и по этой причине она обладает большим сродством с молекулой мочевины, имеющей в наличии занятую высокоэнергетическую орбиталь, что способствует возможности легко поделиться своей электронной парой с молекулой кислоты с образованием указанного аддукта фосфорная кислота-мочевина (взаимодействие LUMO-HOMO).

Указанное тесное взаимодействие происходит преимущественно в слое обогащенной кислотной, динамичной, тонкой, цилиндрической пульпы протекающей внутри турбосмесителя 201 от указанного днища 202 к указанному днищу 203, поблизости от которого расположено выпускное отверстие 207.

Вследствие этого, способ в соответствии с настоящим изобретением, при том, что указанная фаза b) осуществляется с помощью турбосмесителя 200, несомненно является эффективным и абсолютно осуществимым с позиций непрерывного промышленного применения.

Двигатель, который не показан, выполнен с возможностью управления работой ротора с лопастями в турбосмесителе 200 при переменных скоростях, которые могут равняться или превышать 100 об/мин.

Указанное выпускное отверстие 207 связано посредством текучей среды с выпускным трубопроводом 212, в который направляется постоянный поток кислотной пульпы, выходящей из трубчатого корпуса 201.

Сразу по выходу из турбосмесителя 200 поток обогащенной кислотной пульпы постоянно подается в разделительный узел 400, в который он вводится через выпускное отверстие 405.

Внутри разделительного узла 400 диспергирующая фаза обогащенной кислотной пульпы надлежащим образом отделяется от диспергированной фазы той же самой обогащенной кислотной пульпы.

Указанный разделительный узел может представлять собой полностью традиционную емкость, подходящую, например, для центрифугирования указанной обогащенной кислотной пульпы.

Конкретно, внутри указанного разделительного узла 400 водный раствор, содержащий указанный аддукт фосфорной кислоты-мочевины (диспергирующая фаза) легко отделяется от осадков указанных золошлаковых отходов, освобожденных от фосфора, а также сульфатов металлов (диспергированная фаза), которые надлежащим образом сформированы во время фазы a) за счет взаимодействия серной кислоты с вышеупомянутыми фосфатами металлов (преимущественно фосфатами двухвалентных металлов, например фосфатами кальция).

В частности среди этих сульфатов металлов преобладают сульфат кальция и его гидратированные формы, которые обладают естественной тенденцией к осаждению в водном растворе, даже в условиях низких показателей pH.

Указанный непрерывный поток обогащенной кислотной пульпы может быть охлажден на вводе в указанный разделительный узел, например, за счет контакта со стенками самого разделительного узла, который может быть охлажден протекающей через охлаждающую рубашку жидкостью-хладагентом, причем охлаждающая рубашка не представлена, т.к. является совершенно обычной.

На выходе из указанного разделительного узла 400 через выпускное отверстие 407a выгружается поток указанной жидкой диспергирующей фазы, а именно: водный раствор аддукта фосфорная кислота-мочевина, который извлекается для того, чтобы быть преимущественно повторно примененным в качестве удобрения в сельскохозяйственной отрасли, особенно при капельном орошении.

На выходе из указанного разделительного узла 400 через выпускное отверстие 407b также выгружается указанная диспергированная фаза.

Наконец, на фиг. 2 схематически представлен последующий вариант реализации системы 1 в соответствии с данным изобретением, содержащей уникальный реактор 300, в котором может быть осуществлена первая фаза a) смешения зольных остатков с раствором серной кислоты и затем фаза b) смешения

кислотной пульпы с мочевиной, как это ранее описано в реферате.

Конкретно, реактор 300, который в действительности является турбореактором, в свою очередь, включает цилиндрический трубчатый корпус 301 с горизонтальной осью (горизонтальная ось обозначена прерывистой линией, помеченной буквой А), закрытый с противоположных сторон днищами 302 и 303 и коаксиально снабженный греющей рубашкой 304, оборудованной для протекания через нее теплообменной жидкости, например, диатермического масла, так, чтобы поддерживать заранее определенную температуру на внутренней стенке цилиндрического трубчатого корпуса 301.

Указанная греющая рубашка 304 имеет впускное отверстие 304а и выпускное отверстие 304б, в целом выполненные с возможностью подачи нагретой теплообменной жидкости и отвода охлажденной теплообменной жидкости, соответственно.

Направления нанесенных стрелок на отверстиях 304а и 304б отражают, соответственно, направления указанных входящего потока теплообменной жидкости и выходящего потока теплообменной жидкости.

Трубчатый корпус 301 снабжен первым впускным отверстием 305 и вторым впускным отверстием 306 для непрерывного потока зольных остатков, при необходимости золошлаковых отходов, поступающих от сжигательных установок, и непрерывного потока раствора концентрированной серной кислоты, соответственно.

Трубчатый корпус 301 также снабжен третьим впускным отверстием 310 для непрерывного потока мочевины, размещенным в месте, находящемся между указанным первым краем 302 указанного трубчатого цилиндрического корпуса и вторым противоположным краем 303 указанного цилиндрического трубчатого корпуса, а также по меньшей мере одним выпускным отверстием 307 для конечного продукта, такого, как обогащенная кислотная пульпа.

Трубчатый корпус 301 содержит в себе ротор на обеспечивающих вращение опорах, содержащий вал 308, снабженный радиально выступающими элементами 309 в виде лопастей, причем указанные лопасти 309 установлены по спирали и ориентированы на центрифугирование и одновременное перемещение по направлению к днищу 303 потока кислотной пульпы, получающейся в результате смешения указанных зольных остатков и водного раствора серной кислоты.

В частности, когда указанный непрерывный поток зольных остатков, поступающих от сжигательных установок и указанный непрерывный поток раствора серной кислоты входят в реактор 300 и там окончательно смешиваются в кислотную пульпу, последняя центрифугируется при помощи лопастей 309 ротора по направлению к внутренней стенке цилиндрического трубчатого корпуса 301, который может быть нагрет посредством греющей рубашки 304.

Таким образом, указанный реактор 300 надлежащим образом оборудован для осуществления фазы а) смешения зольных остатков с раствором серной кислоты.

В частности, интенсивное механическое воздействие ротора реактора 300 способно оказать интенсивное механическое воздействие на субстрат, как это было ранее описано применительно к турбореактору 100.

По пути прохождения жидкости в направлении днища 303 кислотная пульпа встречает поток мочевины, которая подается в цилиндрический трубчатый корпус 301 через третье впускное отверстие 310.

В частности, как только она поступает в цилиндрический трубчатый корпус, поток мочевины претерпевает интенсивное механическое воздействие, оказанное ротором реактора 300, затем указанные непрерывный поток кислотной пульпы и непрерывный поток мочевины за счет лопастей 309 ротора совместно центрифугируются в направлении внутренней стенки цилиндрического трубчатого корпуса 301.

Лопастей 309 также установлены по спирали и ориентированы на центрифугирование и одновременное перемещение потока обогащенной кислотной пульпы, получающейся из смеси указанных выше двух потоков кислотной пульпы и мочевины, по направлению к выпускному отверстию 307, где указанная обогащенная кислотная пульпа содержит аддукт фосфорной кислоты-мочевины.

Указанные потоки тесно взаимодействуют внутри слоя обогащенной кислотной пульпы, как это было ранее описано в связи с турбосмесителем 200.

Таким образом, реактор 300 выполнен с возможностью осуществления указанной фазы б) смешения кислотной пульпы с мочевиной.

Даже при осуществлении фаз а) и б) с помощью реактора 300 способ в соответствии с настоящим изобретением несомненно является эффективным и абсолютно осуществимым с позиций непрерывного промышленного применения.

Двигатель, который не показан, выполнен с возможностью управления работой ротора с лопастями в реакторе 300 при переменных скоростях, которые могут равняться или превышать 100 об/мин.

Указанное выпускное отверстие 307 связано посредством текучей среды с выпускным трубопроводом 312, в который направляется постоянный поток кислотной пульпы, выходящей из трубчатого корпуса 301.

Сразу по выходу из реактора 300 поток обогащенной кислотной пульпы постоянно подается в раздильный узел 400, в который он вводится через впускное отверстие 405.

Аналогично тому, что было описано ранее, обогащенная кислотная пульпа разделяется в раздели-

тельном узле 400 на диспергированную и диспергирующую фазы, причем последняя включает в себя аддукт фосфорной кислоты-мочевины, что влечет за собой все уже описанные ранее преимущества.

Пример 1.

Поток золошлаковых отходов, образованных при сжигании твердых бытовых отходов на установке преобразования отходов в энергию, непрерывно подавался (150 кг/ч) через отверстие 105 в турбореактор 100, в котором со скоростью 1000 об/мин, вращался ротор 108 с лопастями.

Одновременно через отверстие 106 непрерывно подавался (200 кг/ч) поток водного раствора серной кислоты концентрации 30 мас. %.

Сразу после ввода в турбореактор 100 поток золошлаковых отходов механически тонко измельчался до мелких агломератов, которые незамедлительно центрифугировались.

Одновременно, водный раствор серной кислоты, который был подан через отверстие 106 центрифугировался при помощи лопастей ротора 108 для того, чтобы тщательно перемешать его с вышеуказанным потоком золошлаковых отходов, с образованием таким образом кислотной пульпы.

Указанный поток кислотной пульпы немедленно центрифугировался в направлении внутренней стенки реактора, где формировался динамичный, циркулярный и тонкий слой жидкости.

Внутри турбореактора 100 поддерживалась температура стенки на уровне примерно 55°C, при постоянном поддержании скорости вращения ротора 108 с лопастями 1000 об/мин.

По истечении среднего времени пребывания в реакторе около 120 с через отверстие 107 осуществлялся непрерывный выпуск кислотной пульпы с рН, равным 0,95, и содержащей фосфорную кислоту.

Полученная таким образом кислотная пульпа непрерывно подавалась в турбосмеситель 200 через впускное отверстие 205 с расходом приблизительно 120 кг/ч, поступая параллельным потоком с водным раствором мочевины с концентрацией, равной 50 мас. %, вводимой через впускное отверстие 206.

Сразу после подачи в указанный турбосмеситель 200 непрерывные потоки кислотной пульпы и водного раствора мочевины смешивались с образованием с самого начала потока обогащенной кислотной пульпы, хотя частично в ней содержался аддукт фосфорной кислоты-мочевины.

Указанный поток обогащенной кислотной пульпы центрифугировался в направлении внутренней стенки смесителя, где формировался слой динамичного, циркулярного и тонкого потока.

Внутри турбомиксера 200 поддерживалась температура стенки на уровне примерно 45°C, при постоянном поддержании скорости вращения ротора 208 с лопастями на уровне 800 об/мин.

По истечении среднего времени пребывания в турбосмесителе 200 в 45 с осуществлялся постоянный выпуск из него потока обогащенной кислотной пульпы с рН, равным 2,5, и содержащей аддукт фосфорной-кислоты-мочевины.

После этого указанный поток обогащенной кислотной пульпы непрерывно, с расходом в 100 кг/ч подавался в разделительный узел 400, в данном случае в горизонтальную центрифугу-декантер, для сгущения пульпы.

После среднего времени пребывания в декантере в течение 5 мин, указанная обогащенная кислотная пульпа эффективно разделялась на осадок, содержащий сульфат кальция, его гидратированные соли (гипс) и осадки золошлаковых отходов, освобожденные от фосфора, и на водный раствор аддукта фосфорной кислоты-мочевины.

Водный раствор аддукта фосфорной кислоты-мочевины, имеющий рН, равный 2,5, непрерывно выпускался через выпускное отверстие 407а. Температура на выходе, зафиксированная для указанного водного раствора аддукта фосфорной кислоты-мочевины, составляла 25°C.

Затем указанный водный раствор аддукта фосфорной кислоты-мочевины собирался и хранился для использования в качестве удобрения.

При этом указанный твердый осадок выгружался через выпускное отверстие 407b и затем собирался для последующей его утилизации.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения фосфора из зольных остатков, поступающих от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подают возобновляемые материалы и/или отходы, включающий фазы:

а) смешения указанных зольных остатков, содержащих фосфор, с раствором серной кислоты с получением таким образом кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту и имеющей значения pH в диапазоне от 0 до 2;

б) смешения указанной кислотной пульпы с мочевиной или ее водным раствором до получения обогащенной кислотной пульпы со значением pH в диапазоне от 2 до 4, причем указанная обогащенная кислотная пульпа содержит диспергированную твердую фазу и диспергирующую жидкую фазу, а указанная диспергирующая жидкая фаза содержит аддукт фосфорной кислоты-мочевины;

в) отделения указанной диспергирующей жидкой фазы от указанной диспергированной твердой фазы с получением таким образом указанной диспергирующей жидкой фазы.

2. Способ по п.1, в котором зольные остатки представляют собой золошлаковые отходы.

3. Способ по п.1 или 2, в котором указанные зольные остатки поступают от сжигательных установок, в которые подают твердое топливо, выбранное из группы, состоящей из бытовых или промышленных твердых отходов, растительной биомассы, шламов сточных вод и из любой комбинации этого.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором на указанной фазе а) смешения указанных зольных остатков с раствором серной кислоты этот раствор имеет концентрацию серной кислоты в диапазоне 20-60 мас. %.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором указанную фазу а) смешения таких зольных остатков с раствором серной кислоты и/или указанную фазу б) смешения указанной кислотной пульпы с мочевиной осуществляют при температуре в диапазоне 40-150°C.

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором на указанной фазе б) смешения указанной кислотной пульпы с мочевиной указанный водный раствор мочевины представляет собой густой раствор с концентрацией в диапазоне между 20-90 мас. %.

7. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором указанная фаза а) смешения указанных зольных остатков с раствором серной кислоты включает следующие этапы:

обеспечение турбореактора (100), содержащего цилиндрический трубчатый корпус (101), имеющий впускное отверстие (105) для непрерывного потока указанных зольных остатков, впускное отверстие (106) для непрерывного потока водного раствора серной кислоты и по меньшей мере одно выпускное отверстие (107), и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал (108), снабженный радиально выступающими из него элементами (109);

подачу непрерывного потока указанных зольных остатков и непрерывного потока водного раствора серной кислоты в указанный турбореактор (100), таким образом диспергируя посредством указанного ротора указанные зольные остатки в непрерывный поток частиц, а указанный водный раствор серной кислоты в непрерывный поток мелких капель;

центрифугирование указанных зольных остатков и водного раствора серной кислоты в направлении внутренней стенки турбореактора (100) при вращении указанного ротора (108) со скоростью, равной или превышающей 100 об/мин., с формированием динамичного, имеющего трубчатую форму, тонкого, высокотурбулентного слоя жидкости, в котором частицы указанных зольных остатков и капли указанного водного раствора серной кислоты механически поддерживаются в тесном контакте с помощью радиально выступающих элементов (109) указанного ротора, по мере их продвижения в существенном контакте с указанной внутренней стенкой турбореактора в направлении выпускного отверстия (107), с получением таким образом кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту и имеющей значение pH в диапазоне между 0 и 2; и

выпуск непрерывного потока кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту, из указанного выпускного отверстия (107).

8. Способ по п.7, в котором указанный турбореактор (100) содержит греющую рубашку (104) для доведения температуры трубчатого корпуса до заданного значения.

9. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором указанная фаза б) смешения указанной кислотной пульпы с мочевиной включает следующие этапы:

обеспечение турбосмесителя (200), содержащего цилиндрический трубчатый корпус (201), имеющий впускное отверстие (205) для непрерывного потока указанной кислотной пульпы, впускное отверстие (206) для непрерывного потока мочевины и по меньшей мере одно выпускное отверстие (207), и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал (208), снабженный радиально выступающими из него элементами (209);

подачу непрерывного потока указанной кислотной пульпы совместно с непрерывным потоком мочевины в указанный турбосмеситель (200) с диспергированием кислотной пульпы с помощью указанного ротора в поток мелких капель;

центрифугирование мочевины и указанной кислотной пульпы в направлении внутренней стенки указанного турбосмесителя (200) при вращении указанного ротора (208) со скоростью, равной или превышающей 100 об/мин., с формированием динамичного, имеющего трубчатую форму, тонкого, высокотурбулентного слоя жидкости, в котором мочевины и капли кислотной пульпы механически поддерживаются в тесном контакте посредством радиально выступающих элементов (209) указанного ротора, по мере их продвижения в существенном контакте с указанной внутренней стенкой турбосмесителя в направлении выпускного отверстия (207), с получением таким образом непрерывного потока обогащенной кислотной пульпы, имеющей значение pH в диапазоне между 2 и 4, причем указанная обогащенная кислотная пульпа состоит из диспергированной твердой фазы и жидкой диспергирующей фазы, а указанная диспергирующая жидкая фаза содержит аддукт фосфорной кислоты-мочевины;

выпуск непрерывного потока обогащенной кислотной пульпы из указанного выпускного отверстия (207).

10. Способ по п.9, в котором указанный турбосмеситель (200) содержит греющую рубашку (204) для доведения температуры указанного трубчатого корпуса до заданного значения.

11. Способ по любому из пп.1-6, в котором указанная фаза а) смешения зольных остатков с раствором серной кислоты включает следующие этапы:

обеспечение реактора (300), содержащего цилиндрический трубчатый корпус (301) с горизонтальной осью, имеющий первое отверстие (306) и второе отверстие (305) для впуска реагентов, расположенные вблизи от первого конца указанного цилиндрического трубчатого корпуса, и третье отверстие (310) для впуска реагентов, расположенное в промежуточном положении между указанным первым концом цилиндрического трубчатого корпуса и вторым противоположным концом цилиндрического трубчатого корпуса, по меньшей мере одно отверстие (307) для выпуска конечного продукта, и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал (308), снабженный радиально выступающими из него элементами (309);

подачу в указанный реактор (300) непрерывного потока указанных зольных остатков через указанное первое впускное отверстие (306) и непрерывного потока водного раствора серной кислоты через указанное второе впускное отверстие (305), диспергируя таким образом посредством указанного ротора указанные зольные остатки в непрерывный поток частиц и указанный водный раствор серной кислоты в непрерывный поток мелких капель;

центрифугирование указанных зольных остатков и раствора серной кислоты в направлении внутренней стенки реактора (300) при вращении указанного ротора (308) со скоростью, равной или превышающей 100 об/мин., с формированием динамичного, имеющего трубчатую форму, тонкого, высокотурбулентного слоя жидкости, в котором частицы указанных зольных остатков и капли указанного водного раствора серной кислоты механически поддерживаются в тесном контакте с помощью радиально выступающих элементов (309) указанного ротора, по мере их перемещения в существенном контакте с указанной внутренней стенкой реактора в направлении выпускного отверстия (307), с получением таким образом непрерывного потока кислотной пульпы, содержащей фосфорную кислоту и имеющей значение pH в диапазоне между 0 и 2;

при этом указанная фаза б) смешения кислотной пульпы с мочевиной включает следующие этапы:

подачу непрерывного потока мочевины через указанное третье впускное отверстие (310) в указанный турбосмеситель (200) и центрифугирование последней совместно с указанным непрерывным потоком кислотной пульпы при воздействии указанных радиально выступающих элементов (309) указанного ротора (308), за счет продвижения их в существенном контакте с указанной внутренней стенкой реактора в направлении выпускного отверстия, с получением таким образом потока обогащенной кислотной пульпы, имеющей значения pH в диапазоне между 2 и 4, причем указанная обогащенная кислотная пульпа содержит диспергированную твердую фазу и диспергирующую жидкую фазу, а указанная диспергирующая жидкая фаза содержит аддукт фосфорной кислоты-мочевины;

выпуск непрерывного потока обогащенной кислотной пульпы из указанного выпускного отверстия.

12. Способ по п.11, в котором указанный реактор (300) содержит греющую или охлаждающую рубашку (304) для доведения температуры цилиндрического корпуса до заданного значения.

13. Система для осуществления способа извлечения фосфора из зольных остатков, поступающих от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подают возобновляемые материалы и/или отходы, по п.9, содержащая следующие узлы:

турбореактор (100), содержащий цилиндрический трубчатый корпус (101), имеющий впускные отверстия (105; 106) для потока зольных остатков и для потока водного раствора серной кислоты, а также по меньшей мере одно выпускное отверстие (107) для выпуска потока кислотной пульпы, и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал (108), снабженный радиально выступающими из него элементами (109); и

турбосмеситель (200), содержащий цилиндрический трубчатый корпус (201), имеющий впускные отверстия (205; 206) для потока кислотной пульпы и потока мочевины, а также по меньшей мере одно выпускное отверстие (207) для выпуска обогащенной кислотной пульпы, и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал (208), снабженный радиально выступающими из него

элементами (209);

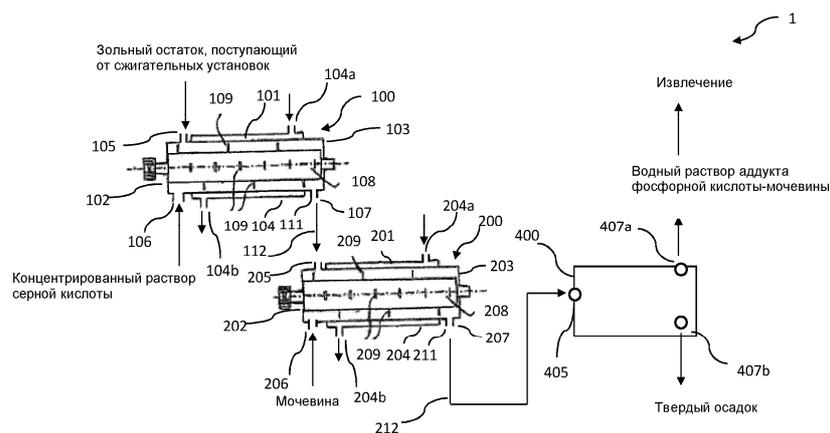
14. Система по п.13, в которой указанный турбореактор (100) содержит греющую рубашку (104) для доведения температуры внутренней стенки указанного цилиндрического корпуса (101) до заданного значения.

15. Система по п.13 или 14, в которой указанный турбосмеситель (200) содержит греющую рубашку (204) для доведения температуры внутренней стенки указанного цилиндрического корпуса (201) до заданного значения.

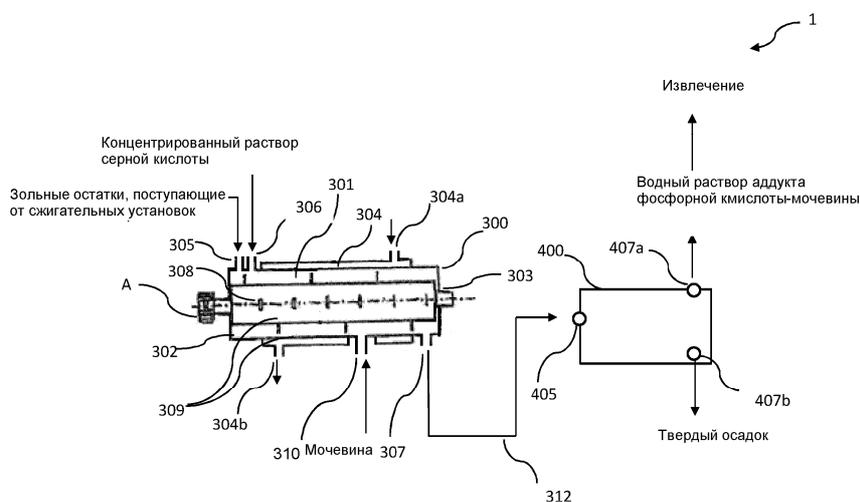
16. Система для осуществления способа извлечения фосфора из зольных остатков, поступающих от сжигательных установок, в которые в качестве твердого топлива подают возобновляемые материалы и/или отходы, по п.11, содержащая реактор (300), содержащий цилиндрический трубчатый корпус (301) с горизонтальной осью, имеющий первое отверстие (306) и второе отверстие (305) для впуска реагентов, размещенные поблизости от первого конца указанного цилиндрического трубчатого корпуса, и третье отверстие (310) для впуска реагентов, расположенное в промежуточном положении между указанным первым концом указанного цилиндрического трубчатого корпуса и вторым противоположным концом указанного цилиндрического трубчатого корпуса, по меньшей мере одно отверстие (307) для выпуска конечного продукта, и ротор, размещенный в цилиндрическом трубчатом корпусе и содержащий вал (308), снабженный радиально выступающими из него элементами (309).

17. Система по п.16, также содержащая греющую рубашку (304) для доведения температуры внутренней стенки указанного цилиндрического корпуса до заданного значения.

18. Система по любому из пп.13-17, дополнительно содержащая разделительный узел (400), выполненный с возможностью непрерывной или периодической работы, имеющий по меньшей мере одно впускное отверстие (405) для потока обогащенной кислотной пульпы, включающей диспергированную фазу и диспергирующую фазу, и по меньшей мере одно выпускное отверстие (407) для выпуска непрерывного или периодического потока указанной диспергирующей фазы.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2