

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **20742**

(13) **С1**

(46) **2017.02.28**

(51) МПК

C 10L 1/32 (2006.01)

F 23K 1/02 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА**

(21) Номер заявки: а 20120537

(22) 2012.04.03

(43) 2013.12.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Ковалевский Александр Адамович; Строгова Александра Сергеевна; Дорская Дарья Олеговна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(56) RU 2178455 С1, 2002.

JP 58-8794 А, 1983.

RU 2192449 С1, 2002.

RU 2277120 С1, 2006.

TJ 354 С, 2002.

RU 2167189 С1, 2001.

ВУ 6896 С1, 2005.

US 4675024, 1987.

(57)

1. Способ получения водоугольного топлива из ископаемого угля, включающий дробление угля, его мокрое измельчение до коллоидного размера частиц, деминерализацию и получение водоугольной суспензии, **отличающийся** тем, что получают суспензию со средним поверхностным размером частиц дисперсной фазы не более 0,8 мкм путем введения в деминерализованный продукт наноразмерного порошка кремния в количестве 0,1-0,5 мас. %, мазута в количестве 1-5 мас. % и карбоксиметилцеллюлозы в количестве 0,1-0,5 мас. %.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что используют порошок кремния с размером частиц 30-70 нм.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что используют порошок кремния с размером частиц 15-30 нм.

4. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что используют порошок кремния с размером частиц 2,5-15 нм.

Изобретение относится к способу получения высокодеминерализованного водоугольного топлива, в частности к энергетическому топливу на основе ископаемых углей, которое может быть использовано для сжигания в котлах, печах и других установках объектов теплоэнергетики при замене им газа и мазута.

Известен способ получения водоугольного топлива, включающий деминерализацию угля (ступенчатая пенная флотация) для снижения в нем золы и сернистого колчедана [1], который включает следующие операции: дробление угля, мокрое измельчение, классификацию (грохочение), ступенчатую физико-механическую деминерализацию (пенная флотация) измельченного угля для снижения его зольности, обезвоживание и приготовление водоугольного топлива.

ВУ 20742 С1 2017.02.28

ВУ 20742 С1 2017.02.28

Процесс получения водоугольного топлива состоит из:
дробления ископаемого угля до размера - 19 мм;
многократного измельчения дробленого угля до размера 0,598 мм;
добавления воды и химических веществ к измельченному углю для проведения по крайней мере одной стадии пенной флотации с целью снижения зольности и удаления серного колчедана;

добавления воды и химических веществ к углю с пониженным содержанием золы и серного колчедана для процессов реверсивной флотации, проводимой с целью удаления мелких вкраплений серного колчедана из угля;

обезвоживания угля после процессов пенной флотации и реверсивной флотации;
приготовления и гомогенизации суспензии из обезвоженного угля, используемой в качестве водоугольного топлива.

Указанный способ производства имеет следующие недостатки:

1. Для снижения зольности угля, идущего на производство водоугольного топлива, используют общеизвестный прием деминерализации угля на основе пенной флотации, не способный обеспечивать глубокий уровень деминерализации угля в силу того, что флотируют достаточно крупный уголь класса - 589 мкм, когда уровень разделения органической и минеральной составляющих угля невысок.

2. Отсутствует возможность регулирования системы удаления минеральных примесей до заданных уровней зольности топлива.

3. Высокая степень зависимости схемы и параметров технологического процесса от состава и свойств как органической, так и минеральной составляющих ископаемого угля.

4. Низкая теплота сгорания водоугольного топлива на основе бурого угля марки Б 2 ~ 10 МДж/кг.

Известен способ получения водоугольного топлива [2], включающий дробление угля, его мокрое измельчение, физико-механическую деминерализацию угля для снижения зольности и гомогенизацию, где дробление угля осуществляют до крупности - 3 мм и проводят его физико-механическую деминерализацию, затем дробленный уголь измельчают мокрым способом до крупности 0,2-0,3 мм и ведут его химическую деминерализацию неорганической кислотой с получением реакционной массы, из которой выделяют низкозольный измельченный уголь и нейтрализуют его аммиаком.

Указанный способ производства имеет следующие недостатки:

1. Использование в процессе производства агрессивной концентрированной азотной кислоты.

2. Высокая степень зависимости схемы и параметров технологического процесса от состава и свойств как органической, так и минеральной составляющих ископаемого угля.

3. Низкая теплота сгорания водоугольного топлива на основе бурых углей 10-10,6 МДж/кг.

4. Небольшая седиментационная стабильность - до 10 суток.

Из известных способов получения водоугольного топлива наиболее близким к заявленному является способ получения водоугольного топлива [3], включающий дробление угля, его мокрое измельчение с получением водоугольной суспензии, ступенчатую деминерализацию измельченного угля для снижения его зольности с образованием первичного и вторичного продуктов, последующую их деминерализацию и обезвоживание, где мокрое измельчение угля проводят до коллоидного размера частиц с получением водоугольной суспензии со средним поверхностным размером дисперсной фазы не более 3 мкм, полученную суспензию разбавляют водой до концентрации угля 1-3 %, деминерализацию первичных и вторичных продуктов проводят совместно путем соединения продуктов с близкими по значению зольностями.

Указанный способ производства имеет следующие недостатки:

1. Большой средний поверхностный размер частиц дисперсной фазы 1-2 мкм, что ограничивает степень разделения органической и минеральной составляющих угля, включая

и неорганические вещества растительного происхождения. Средний поверхностный размер частиц дисперсной фазы характерен дисперсным системам термодинамически неустойчивым, которые стремятся к состоянию с наименьшей энергией, когда поверхностная энергия частиц становится минимальной. Это достигается за счет уменьшения общей площади поверхности при укрупнении частиц в результате межчастичного взаимодействия с образованием ансамблей нанообъектов [4-6].

2. Низкое значение величины низшей теплоты сгорания топлива на основе бурого угля, например марки Б2 зольностью $A^d = 20\%$ 10-10,6 МДж/кг.

Задачей настоящего изобретения является разработка способа получения водоугольного топлива с высоким значением величины низшей теплоты сгорания из ископаемых углей, воды, мазута, наноразмерных порошков кремния и карбоксиметилцеллюлозы, предназначенного для замены газа и мазута для сжигания в котлах, печах и других установках объектов теплоэнергетики.

1. Поставленная задача решается предлагаемым способом получения водоугольного топлива из ископаемого угля, включающим дробление угля, его мокрое измельчение до коллоидного размера частиц, деминерализацию и получение водоугольной суспензии, отличающимся тем, что получают суспензию со средним поверхностным размером частиц дисперсной фазы не более 0,8 мкм путем введения в деминерализованный продукт наноразмерного порошка кремния в количестве 0,1-0,5 мас. %, мазута в количестве 1-5 мас. % и карбоксиметилцеллюлозы в количестве 0,1-0,5 мас. %.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что используют порошок кремния с размером частиц 30-70 нм.

3. Способ по п. 1 отличающийся тем, что используют порошок кремния с размером частиц 15-30 нм.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что используют порошок кремния с размером частиц 2,5-15 нм.

При среднем поверхностном размере частиц дисперсной фазы $\leq 0,8$ мкм сохраняется агрегативная устойчивость систем и имеет место более высокая по сравнению с прототипом степень разделения органической и минеральной составляющих угля, включая вещества растительного происхождения, что дает возможность получить более глубокую степень деминерализации угля в процессе выщелачивания.

Важной отличительной особенностью горения водоугольного топлива является содержание добавки наноразмерных порошков кремния, т.е. за счет наличия наноразмерных частиц кремния заданного гранулометрического состава (заданного размера частиц) увеличивается удельная поверхность капель массы топлива при его распылении и происходят явления теплового взрыва, обусловленного самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС) в результате развивающихся экзотермических реакций и роста температуры горения. В итоге обеспечивается высокая теплотворная способность топлива по отношению к ископаемому углю.

Наличие в составе водоугольного топлива наноразмерных частиц кремния в количествах 0,1-0,5 мас. % в заданных пределах гранулометрического состава (размера частиц) позволяет создать топливо с высокой теплотой сгорания и организовать его полное сгорание, наличие карбоксиметилцеллюлозы в количестве 0,1-0,5 мас. % позволяет повысить седиментационную стабильность, а наличие мазута в количествах от 1 до 5 мас. % в составе кремнийорганического водоугольного топлива создает пространственное затруднение к коагуляции частиц, обеспечивая средний поверхностный размер частиц дисперсной фазы ($\leq 0,8$ мкм) и препятствует расслоению КОВУТ, присутствующий в жидкой фазе мазут при наличии нанодисперсных порошков кремния способствует активному взаимодействию возникающих при измельчении новых поверхностей мелких угольных частиц.

Во всех ископаемых углях минеральная часть угля представлена соединениями минеральных веществ, которые тесно связаны с органической массой и механически не могут

ВУ 20742 С1 2017.02.28

быть отделены от нее. Доля таких компонентов составляет 1,5-7 %. Большая часть минералов, не связанных с угольным веществом, представляют собой агрегаты из нескольких отдельных либо сросшихся с углем минералов. При высокоскоростном ударном разрушении частиц в помольной камере роторно-вихревой или вихревой струйной мельницы происходит селективное раскрытие сросшихся частиц минералов и углей. Минеральные частицы с более высокой плотностью и твердостью по отношению к органической составляющей угля на выходе из помольной камеры имеют и большие, чем у переизмельченных частиц угля, размеры, и под действием гравитационных сил подвергаются отделению от основного потока измельченных частиц. Этот эффект усиливается в миксере (диспергаторе) при перемешивании порошка угля с наноразмерным (нанодисперсным) порошком кремния благодаря более высокой твердости наночастиц кремния по отношению к макрочастицам угля.

В результате этого процесса переработки угля остаточная зольность КОВУТ не превышает 2,5 мас. %.

Сущность данного изобретения заключается в том, что наличие в составе водоугольного топлива наноразмерных частиц кремния в количествах 0,1-0,5 мас. % в заданных пределах гранулометрического состава (размера частиц) позволяет создать топливо с высокой теплотой сгорания и организовать его полное сгорание, наличие карбоксиметилцеллюлозы в количестве 0,1-0,5 мас. % позволяет повысить седиментационную стабильность, а наличие мазута в количествах от 1 до 5 мас. % в составе кремнийорганического водоугольного топлива создает пространственное затруднение к коагуляции частиц, обеспечивая средний поверхностный размер частиц дисперсной фазы $\leq 0,8$ мкм, и препятствует расслоению КОВУТ, присутствующий в жидкой фазе мазут при наличии нанодисперсных порошков кремния способствует также активному взаимодействию возникающих при измельчении новых поверхностей мелких угольных частиц. В результате чего получается кремнийорганическое водоугольное топливо (КОВУТ) с улучшенными физико-механическими, химическими, структурнореологическими, теплофизическими и экологическими свойствами для его длительного хранения, транспортировки и сжигания в энергетических установках.

Стратегические цели при внедрении заявленного способа определяются минимизацией затрат на реконструкцию существующих систем теплоэнергетики; увеличением экономической и экологической эффективности систем теплоэнергетики и созданием экономической мотивации для отказа от использования топочного мазута, природного газа и угля со слоевым сжиганием; повышением надежности и гарантированной работоспособности систем теплоэнергетики; усилением энергобезопасности конечных потребителей.

Способ получения водоугольного топлива из ископаемого угля, включающий дробление угля, его мокрое измельчение до коллоидного размера частиц, деминерализацию и получение водоугольной суспензии, отличается тем, что получают суспензию со средним поверхностным размером частиц дисперсной фазы не более 0,8 мкм путем введения в деминерализованный продукт наноразмерного порошка кремния в количестве 0,1-0,5 мас. %, мазута в количестве 1-5 мас. % и карбоксиметилцеллюлозы в количестве 0,1-0,5 мас. %;

используют порошок кремния с размером частиц 30-70 нм;

используют порошок кремния с размером частиц 15-30 нм;

используют порошок кремния с размером частиц 2,5-15 нм.

Ископаемый уголь освобождают от породы (гравитационная сепарация или породовыборка), дробят в молотковой дробилке до размера частиц 3 мм и далее измельчают мокрым способом в шаровой мельнице до коллоидного размера частиц со средним поверхностным размером частиц не более 3 мкм. На выходе шаровой мельницы к угольной суспензии добавляют расчетное количество воды с тем, чтобы на вход системы деминерализации подать разбавленную до концентрации 1-3 % суспензию. Подготовленную таким образом слабоконцентрированную коллоидную угольную систему направляют в блок деминерализации, представляющий собой две линии аппаратов, например флотома-

шин, а именно на первую линию группы $\Phi(1)-\Phi(n)$, где n - количество аппаратов первой линии, которое зависит от свойств исходного угля и требований к топливу. Далее идет традиционный процесс пенной флотации с образованием на каждой флотомашине низкозольного первичного и высокозольного вторичного продуктов. Начиная со второго аппарата, организуют возврат вторичных продуктов с флотомашин $\Phi(i)$, где i - номер флотомашин, на вход флотомашин $\Phi(i-1)$, в которых зольность входящей твердой фазы или первичных продуктов $A_1b^d(i)$ близка к зольности возвращаемых вторичных продуктов $A_2^d(i-1)$.

Аналогичным образом организован процесс деминерализации вторичного продукта с первого аппарата $\Phi(1)$. Вторичный продукт с флотомашин $\Phi(1)$ направляют на вход флотомашин второй линии $\Phi\Phi(1)-\Phi\Phi(m)$, предназначенных для деминерализации вторичных продуктов флотомашин $\Phi(1)$, где m - количество аппаратов второй линии, которое зависит от свойств исходного угля и требований к отходам производства топлива "КОВУТ". Далее также идет традиционный процесс, например пенной флотации, таким образом, что первичный продукт, содержащий деминерализованную твердую фазу с первой флотомашин этой группы $\Phi\Phi(1)$ возвращают на вход флотомашин $\Phi(1)$ первой линии деминерализации, а начиная со второй флотомашин $\Phi\Phi(2)$ возвращают первичный продукт на вход флотомашин $\Phi\Phi(i-1)$, в которых зольность поступающих на деминерализацию вторичных продуктов $A_2b^d(i-1)$ близка к зольности возвращаемого вторичного продукта $A_2^d(i)$, а вторичный продукт - на вход следующей флотомашин. В результате на выходе первой группы флотомашин $\Phi(1)-\Phi(n)$ получают высокодеминерализованный уголь (первичный продукт), а на выходе второй группы флотомашин $\Phi\Phi(1)-\Phi\Phi(m)$ получают высокозольные вторичные продукты.

Далее деминерализованный уголь (первичный продукт) обезвоживают до заданной влажности, вводят наноразмерный порошок кремния в заданном количестве и заданном гранулометрическом составе, мазут и карбоксицеллюлозу в заданных количествах, гомогенизируют и получают готовое к употреблению кремнийограноводоугольное топливо (КОВУТ).

Гомогенизация - технологический процесс, производимый над двух или многофазной системой, в ходе которого уменьшается степень неоднородности распределения химических веществ и фаз по объему гетерофазной системы, т.е. процесс уменьшения неоднородности смесей, состоящих из твердых веществ в текучей среде (жидкостях или газах), путем измельчения и равномерного перераспределения их по объему.

Пример 1.

Топливо "КОВУТ" на основе бурого угля марки Б1 с зольностью $A^d = 20$ %. Требования к топливу:

- низшая теплота сгорания - 15 МДж/кг,
- динамическая вязкость - 0,5 Па·с,
- седиментационная стабильность - 15 суток,
- зольность на сухое состояние - 2,5 %,
- средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,7-0,8 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 60 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 20 до 2,0-2,5 % необходимо пройти шесть стадий деминерализации, то есть иметь систему из шести флотомашин ($n = 6$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить две стадии флотации и иметь систему из двух флотомашин ($m = 2$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь с зольностью 2,3 % и вторичные продукты с зольностью 85 %. После сгущения первичного продукта до

ВУ 20742 С1 2017.02.28

влажности 43 % вводят 0,1 мас. % наноразмерного порошка кремния, 1,0 мас. % мазута и 0,1 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 15 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 2.

Топливо "КОВУТ" на основе бурого угля марки Б1 с зольностью $A^d = 20$ %. Требования топливу:

низшая теплота сгорания - 17,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,5 Па·с;

седиментационная стабильность - 15 суток;

зольность на сухое состояние - 2,0 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,7-0,8 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 60 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 20 до 2,0 % необходимо пройти шесть стадий деминерализации, то есть иметь систему из шести флотомашин ($n = 6$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить две стадии флотации и иметь систему из двух флотомашин ($m = 2$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 2,0 % и вторичные продукты зольностью 85,5 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,3 мас. % наноразмерного порошка кремния, 3 мас. % мазута и 0,3 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 17,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 3.

Топливо "КОВУТ" на основе бурого угля марки Б1 с зольностью $A^d = 20$ %. Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 21,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,5 Па·с;

седиментационная стабильность - 15 суток;

зольность на сухое состояние - 2,0 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,7 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 60 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 20 до 2,0 % необходимо пройти шесть стадий деминерализации, то есть иметь систему из шести флотомашин ($n = 6$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить две стадии флотации и иметь систему из двух флотомашин ($m = 2$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,8 % и вторичные продукты зольностью 85,5 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,5 мас. % наноразмерного порошка кремния, 5 мас. % мазута и 0,5 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

ВУ 20742 С1 2017.02.28

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 21,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 4.

Топливо "КОВУТ" на основе бурого угля марки БЗ с зольностью $A^d = 15\%$. Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 17,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,7 Па·с;

седиментационная стабильность - более 10 суток;

зольность на сухое состояние - 1,5 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,7 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 15 до 1,5 % необходимо пройти шесть стадий деминерализации, то есть иметь систему из шести флотомашин ($n = 6$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить две стадии флотации и иметь систему из двух флотомашин ($m = 2$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,5 % и вторичные продукты зольностью 88,5 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,1 мас. % наноразмерного порошка кремния, 1 мас. % мазута и 0,1 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 17,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 5.

Топливо "КОВУТ" на основе бурого угля марки БЗ с зольностью $A^d = 15\%$. Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 19,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,7 Па·с;

седиментационная стабильность - более 10 суток;

зольность на сухое состояние - 1,5 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,7 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 15 до 1,5 % необходимо пройти шесть стадий деминерализации, то есть иметь систему из шести флотомашин ($n = 6$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить две стадии флотации и иметь систему из двух флотомашин ($m = 2$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,5 % и вторичные продукты зольностью 88,5 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,3 мас. % наноразмерного порошка кремния, 3 мас. % мазута и 0,3 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 19,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 6.

Топливо "КОВУТ" на основе бурого угля марки БЗ с зольностью $A^d = 15\%$. Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 23,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,7 Па·с;

седиментационная стабильность - более 10 суток;

зольность на сухое состояние - 1,5 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,7 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 15 до 1,5 % необходимо пройти шесть стадий деминерализации, то есть иметь систему из шести флотомашин ($n = 6$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить две стадии флотации и иметь систему из двух флотомашин ($m = 2$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,5 % и вторичные продукты зольностью 88,5 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,5 мас. % наноразмерного порошка кремния, 5 мас. % мазута и 0,5 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 23,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 7.

Топливо "КОВУТ" на основе каменного угля марки К с зольностью $A^d = 12\%$. Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 18 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,5 Па·с;

седиментационная стабильность - более 10 суток;

зольность на сухое состояние - 1,5 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,6 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 12 до 1,5 % необходимо пройти четыре стадии деминерализации, то есть иметь систему из четырех флотомашин ($n = 4$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить три стадии флотации и иметь систему из трех флотомашин ($m = 3$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,4 % и вторичные продукты зольностью 91 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,1 мас. % наноразмерного порошка кремния с гранулометрическим составом 30-70 нм, 1,0 мас. % мазута и 0,1 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 18 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

ВУ 20742 С1 2017.02.28

Пример 8.

Топливо "КОВУТ" на основе каменного угля марки К с зольностью $A^d = 12\%$. Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 20,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,5 Па·с;

седиментационная стабильность - более 15 суток;

зольность на сухое состояние - 1,5 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,6 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 12 до 1,5 % необходимо пройти четыре стадии деминерализации, то есть иметь систему из четырех флотомашин ($n = 4$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить три стадии флотации и иметь систему из трех флотомашин ($m = 3$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,3 % и вторичные продукты зольностью 91 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,1 мас. % наноразмерного порошка кремния с гранулометрическим составом 15-30 нм, 1,0 мас. % мазута и 0,1 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 20,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 9.

Топливо "КОВУТ" на основе каменного угля марки К с зольностью $A^d = 12\%$. Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 23,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,6 Па·с;

седиментационная стабильность - более 10 суток;

зольность на сухое состояние - 1,5 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,7 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 12 до 1,5 % необходимо пройти четыре стадии деминерализации, то есть иметь систему из четырех флотомашин ($n = 4$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить три стадии флотации и иметь систему из трех флотомашин ($m = 3$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,3 % и вторичные продукты зольностью 91 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,1 мас. % наноразмерного порошка кремния с гранулометрическим составом 2,5-15 нм, 1,0 мас. % мазута и 0,1 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 23,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

ВУ 20742 С1 2017.02.28

Пример 10.

Кремнийорганиковоугольное топливо "КОВУТ" на основе каменного угля марки К с зольностью $A^d = 12\%$.

Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 21,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,5 Па·с;

седиментационная стабильность - более 10 суток;

зольность на сухое состояние - 1,5 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,6 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водоугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 12 до 1,5 % необходимо пройти четыре стадии деминерализации, то есть иметь систему из четырех флотомашин ($n = 4$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить три стадии флотации и иметь систему из трех флотомашин ($m = 3$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,3 % и вторичные продукты зольностью 92 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,3 мас. % наноразмерного порошка кремния с гранулометрическим составом 30-70 нм, 3,0 мас. % мазута и 0,3 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо "КОВУТ" с низшей теплотой сгорания 21,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 11.

Топливо "КОВУТ" на основе каменного угля марки К с зольностью $A^d = 12\%$. Требования к топливу:

низшая теплота сгорания - 23,5 МДж/кг;

динамическая вязкость - 0,5 Па·с;

седиментационная стабильность - более 15 суток;

зольность на сухое состояние - 1,5 %;

средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,5 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водоугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 12 до 1,5 % необходимо пройти четыре стадии деминерализации, то есть иметь систему из четырех флотомашин ($n = 4$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить три стадии флотации и иметь систему из трех флотомашин ($m = 3$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,3 % и вторичные продукты зольностью 91 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,3 мас. % наноразмерного порошка кремния с гранулометрическим составом 15-30 нм, 3,0 мас. % мазута и 0,3 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо (КОВУТ) с низшей теплотой сгорания 23,5 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Пример 12.

Топливо "КОВУТ" на основе каменного угля марки К с зольностью $A^d = 12\%$. Требования к топливу:

- низшая теплота сгорания - 25 МДж/кг;
- динамическая вязкость - 0,5 Па·с;
- седиментационная стабильность - более 15 суток;
- зольность на сухое состояние - 1,5 %;
- средний поверхностный размер дисперсной фазы 0,5 мкм.

Из угля удаляют породу, дробят до размера 3 мм и измельчают в шаровой мельнице при влажности 55 % до крупности 160 мкм. На выходе из мельницы влажность водугольной суспензии доводят до 97 %, после чего поток суспензии направляют на вход флотомашин блока деминерализации. Для снижения зольности твердой фазы с 12 до 1,5 % необходимо пройти четыре стадии деминерализации, то есть иметь систему из четырех флотомашин ($n = 4$) первой группы. Для того, чтобы в максимальной степени отобрать органическую часть угля из вторичных продуктов, нужно обеспечить три стадии флотации и иметь систему из трех флотомашин ($m = 3$) второй группы.

В результате на выходе системы получают деминерализованный уголь (первичный продукт) с зольностью 1,3 % и вторичные продукты зольностью 92 %. После сгущения деминерализованного угля (первичного продукта) до влажности 45 % вводят 0,3 мас. % наноразмерного порошка кремния с гранулометрическим составом 2,5-15 нм, 3,0 мас. % мазута и 0,3 мас. % карбоксиметилцеллюлозы от массы твердой фазы угля и гомогенизируют топливо.

Калориметрические измерения с помощью калориметрической бомбы показали, что на выходе системы образуется топливо (КОВУТ) с низшей теплотой сгорания 25 МДж/кг и заданными физико-химическими и структурно-механическими свойствами.

Таким образом, предлагаемый способ получения водоугольного топлива "КОВУТ" осуществляется по непрерывной саморегулирующейся технологии, прост в реализации и обеспечивает получение высокоминерализованного топлива с высокой теплотой сгорания, низкой зольностью и значительно превосходит данные, приводимые в прототипе. Способ позволяет получить высокодеминерализованное экологически чистое кремнийорганическое водоугольное топливо (КОВУТ) на основе ископаемых углей, воды, наноразмерных порошков кремния, мазута и карбоксиметилцеллюлозы, предназначенное для замены газа и мазута на топливопотребляющих объектах.

Источники информации:

1. US 4915706, МПК С 10L 1/32, 1990.
2. RU 2192449, МПК С 10L 1/32, 2002.
3. RU 2178455, МПК С 10L 1/32, 2000 (прототип).
4. Химия. - 2006. - № 15.
5. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избр. Труды. - М., 1978.
6. Дерягин Б.В. Успехи химии. - 1979. - Т. 48. - В. 4. - С. 675-721.