

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2653174

### СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЯ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Бажин Владимир Юрьевич (RU), Савченков Сергей Анатольевич (RU), Феценко Роман Юрьевич (RU), Белоглазов Илья Ильич (RU), Данилов Илья Владимирович (RU)*

Заявка № 2017125915

Приоритет изобретения 18 июля 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 07 мая 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 18 июля 2037 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C10B 49/10 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017125915, 18.07.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.07.2017

Дата регистрации:  
07.05.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.07.2017

(45) Опубликовано: 07.05.2018 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Бажин Владимир Юрьевич (RU),  
Савченков Сергей Анатольевич (RU),  
Фещенко Роман Юрьевич (RU),  
Белоглазов Илья Ильич (RU),  
Данилов Илья Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: БАЖИН В.Ю. и др., Воздействие  
на структуру и свойства углей при  
экстремальной термообработке,  
Международный научно-исследовательский  
журнал, 2015, в.7-1 (38), с.13-15. RU 2401295  
C1, 10.10.2010. RU 2339672 C1, 27.11.2008. RU  
2285715 C1, 20.10.2006. RU 2073061 C1,  
10.02.1997.

## (54) СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области обогащения  
угля, в частности к получению  
высококачественного каменноугольного кокса  
и высококалорийного термообработанного  
твердого топлива для металлургии, энергетики и  
других отраслей промышленности. Перед  
термообработкой угля проводят экстремальное  
охлаждение угля до температуры от -10 до -12°C.

Затем проводят нагрев угля в печи кипящего слоя  
в три этапа. На первом этапе нагрев  
осуществляется до температуры от 120 до 130°C,  
на втором этапе до температуры от 280 до 300°C,  
на третьем этапе до температуры от 500 до 550°C.  
Технический результат заключается в повышении  
выхода коксового остатка при снижении его  
зольности. 1 табл., 5 пр.

RU  
2 6 5 3 1 7 4  
C 1

RU  
2 6 5 3 1 7 4  
C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C10B 49/10* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017125915, 18.07.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**18.07.2017**

Registration date:  
**07.05.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **18.07.2017**

(45) Date of publication: **07.05.2018** Bull. № 13

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,  
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i  
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Bazhin Vladimir Yurevich (RU),  
Savchenkov Sergej Anatolevich (RU),  
Feshchenko Roman Yurevich (RU),  
Beloglazov Ilya Ilich (RU),  
Danilov Ilya Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF THERMAL PROCESSING OF COAL**

(57) Abstract:

FIELD: coal industry.

SUBSTANCE: invention relates to the field of coal enrichment, in particular to the production of high-quality coal coke and high-caloric heat-treated solid fuel for metallurgy, power industry and other industries. Prior to thermal treatment of coal, extreme cooling of coal is carried out to the temperature of -10 to -12 °C. Then, the coal is heated in the fluidized bed furnace in

three stages. At the first stage, heating is carried out to the temperature from 120 up to 130 °C, in the second stage to the temperature from 280 up to 300 °C, in the third stage to the temperature from 500 up to 550°C.

EFFECT: technical result is to increase the yield of the coke residue at the decrease in its ash content.

1 cl, 1 tbl, 5 ex

Изобретение относится к области обогащения угля, в частности к получению высококачественного каменноугольного кокса и высококалорийного термообработанного твердого топлива для металлургии, энергетики и других отраслей промышленности.

5 Известен способ получения полукокса из бурых и каменных углей (патент РФ №2073061, опубл. 10.02.1997 г.). Данный способ заключается в термообработке угля в кипящем слое при температуре от 600 до 700°C в потоке воздуха с подачей угля непосредственно на газораспределительную решетку. В кипящий слой дополнительно подают водяной пар.

10 Недостатком способа является повышенная зольность получаемого полукокса, вызванная тем, что в способе не обеспечивается эффективная сепарация минеральной части исходного угля.

Известен способ получения металлургического среднетемпературного кокса (патент РФ №2285715, опубл. 20.10.2006 г.). Данный способ заключается в термоокислительном коксовании угля крупностью от 0 до 15 мм в кипящем слое при температуре от 800 до 15 900°C с получением высококалорийного твердого топлива - среднетемпературного кокса металлургического назначения.

Недостатком способа является необходимость использования низкозольного угля, при этом снижается возможность расширения сырьевой номенклатуры, и невозможность 20 использования рядовых угольных материалов, имеющих высокий уровень содержания золы, вызывающих дополнительные операции предварительного обогащения, что усложняет общую технологическую схему переработки угля.

Известен способ переработки угля в кипящем слое (патент РФ №2339672, опубл. 27.11.2008). Способ заключается в обработке угля в термоокислительной атмосфере в 25 реакторе печи кипящего слоя при регулировании высоты слоя путем перемещения в вертикальном направлении переливной стенки при изменении пропускной способности сливного устройства, при этом используется воздушная смесь.

Недостатком способа является использование воздушной смеси и отсутствие последовательных периодов термического нагрева дробленой угольной смеси, что 30 приводит к возникновению участков возгорания в потоке кипящего слоя.

Известен способ переработки угля (патент РФ №2401295, опубл. 10.10.2010), принятый за прототип. Данный способ осуществляется путем одновременной термоокислительной обработки угля при температуре от 700 до 950°C за счет частичного окисления угля воздухом и сепарации минеральной части угля, более тяжелой, чем уголь. Дутьевой 35 воздух на псевдооживление слоя подают в количестве от 2500 до 4200 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>×ч).

К недостаткам известного способа относятся частичное сгорание угля при взаимодействии с кислородом воздуха, а также необходимость подачи вторичного дутья для догорания парогазовых продуктов и продуктов термического разложения.

40 Технический результат заключается в повышении выхода коксового остатка при снижении его зольности.

Технический результат достигается тем, перед термообработкой угля проводят экстремальное охлаждение угля в реакторе, при подаче жидкого инертного газа, до температуры от -10 до -12°C, затем проводят нагрев угля в печи кипящего слоя в три 45 этапа, при этом на первом этапе нагрев осуществляется до температуры от 120 до 130°C, на втором этапе до температуры от 280 до 300°C, на третьем этапе до температуры от 500 до 550°C.

Способ осуществляют следующим образом.

Предварительно измельчают уголь в грохотах до крупности от 8 до 10 мм, загружают

в реактор, где происходит резкое охлаждение угля инертным газом до температуры от -10 до -12°C. Инертный газ подают в количестве 1800 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>×ч), что обеспечивает одновременно как поддержание температурного режима в псевдосжиженном слое, так и эффективную сепарацию минеральной части угля, которая сопровождается снижением зольности (обогащением) получаемого термообработанного твердого топлива. Установлено, что при таком термическом воздействии происходит разрушение молекулярной структуры угля, сопровождающееся разрывом эфирных связей с ароматическими ядрами внутри алифатических структур.

После охлаждения угля проводится его быстрый нагрев в печи кипящего слоя в три этапа, при этом на первом этапе нагрев проходит до температуры от 120 до 130°C со скоростью 20 град/сек, на втором этапе до температуры от 280 до 300°C со скоростью 15 град/сек, на третьем этапе до температуры от 500 до 550°C со скоростью от 10 до 12 град/сек. При трехэтапном нагреве угля на первом этапе удаляется влага, а в движущемся потоке разрушаются частицы до среднего размера от 5 до 7 мм. На втором этапе происходит интенсивное выделение серы, на третьем этапе температура повышается до периода полукоксования, что приводит к процессу битумизации (частичное оплавление минеральной части угля) и резким изменениям структуры углеродной матрицы. Затем проводится продув угля инертным газом.

Экстремальное охлаждение угля с последующим его нагревом проводят с целью формирования пористой структуры угля и повышения площади активной поверхности, что дает возможность разделения углерода и золы, а также удалению влаги и сгоранию серы в движущемся потоке. Продув инертным газом проводят в вертикальном гравитационном потоке с целью удаления остатков золы из угольного слоя.

Экспериментально установлено, что криогенное и комбинированное воздействие на угли приводит к их разрушению и структурным изменениям. Распределение частиц по классам крупности и характер образующихся трещин определяются структурно-текстурными особенностями углей разных типов. После термообработки угли характеризуются более высокой микротвердостью, а их микрохрупкость увеличивается в 2 раза.

Способ поясняется следующими примерами.

Таблица 1 - исходные данные и результаты процесса обработки угля.

При-мер	Темпера- тура охлаждения, °С	Температура первого этапа нагрева, °С	Температура второго этапа нагрева, °С	Температура третьего этапа нагрева, °С	Выход коксового остатка, %	Золь- ность, %
1	-12	130	300	550	64	14
2	-10	120	280	500	63	15
3	-11	125	290	525	66	14
4	-20	160	360	600	55	17
5	-4	90	250	400	44	18

Пример 1. В качестве сырья использовали высокозольный уголь Кузнецкого бассейна марки ДР (длиннопламенный рядовой), предварительно измельченный в грохотах до 8 мм, имеющий удельную теплоту сгорания 5020 ккал/кг и следующий технический и

элементный состав:

$$W_t^r=8,7\%; A^d=24,4\%; V^{daf}=41,8\%; C^{daf}=77,7\%;$$

$$H^{daf}=5,5\%; N^{daf}=2,0\%; O^{daf}=13,7\%; S^{daf}=0,37\%.$$

5 Измельченный уголь массой 10 кг загружают в реактор и охлаждают до температуры - 12°C. Инертный газ подают в количестве 1800 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>×ч). После охлаждения угля проводят его последовательный нагрев в печи кипящего слоя, на первом этапе нагрев проходит до температуры 130°C со скоростью 20 град/сек, на втором этапе до температуры 300°C со скоростью 15 град/сек, на третьем этапе до температуры 550°C со скоростью 12 град/сек.

10 Технологические условия обеспечивают выход коксового остатка - 64% от массы исходного угля. Полученный угольный остаток имеет зольность 14%, что ниже, чем исходный уголь. Полученный остаток по зольности удовлетворяет требованиям ТУ 14-7-115-89 для коксовой мелочи и имеет следующий технический и элементный состав:

$$15 W_t^r=0,5\%; A^d=15,4\%; V^{daf}=4,0\%; C^{daf}=94,2\%;$$

$$H^{daf}=1,3\%; N^{daf}=1,4\%; O^{daf}=2,9\%; S^{daf}=0,1\%.$$

Пример 2. В качестве сырья использовали уголь с техническим и элементным составом, а также крупностью, как описано в примере 1. Измельченный уголь массой 20 кг загружают в реактор и охлаждают до температуры -10°C. Инертный газ подают в количестве 1800 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>×ч). После охлаждения угля проводят его быстрый нагрев в печи кипящего слоя, на первом этапе нагрев проходит до температуры 120°C со скоростью 20 град/сек, на втором этапе до температуры 280°C со скоростью 15 град/сек, на третьем этапе до температуры 500°C со скоростью 12 град/сек.

25 Технологические условия обеспечивают выход коксового остатка - 63% от массы исходного угля. Полученный угольный остаток имеет зольность 15%, что ниже, чем исходный уголь. Полученный остаток по зольности удовлетворяет требованиям ТУ 14-7-115-89 для коксовой мелочи, и имеет следующий технический и элементный состав:

$$30 W_t^r=0,5\%; A^d=15,4\%; V^{daf}=4,0\%; C^{daf}=94,1\%;$$

$$H^{daf}=1,3\%; N^{daf}=1,7\%; O^{daf}=3,2\%; S^{daf}=0,2\%.$$

Пример 3. В качестве сырья использовали уголь с техническим и элементным составом, а также крупностью, как описано в примере 1. Измельченный уголь массой 15 кг загружают в реактор и охлаждают до температуры -11°C. Инертный газ подают в количестве 1800 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>×ч). После охлаждения угля проводят его быстрый нагрев в печи кипящего слоя, на первом этапе нагрев проходит до температуры 125°C со скоростью 20 град/сек, на втором этапе до температуры 290°C со скоростью 15 град/сек, на третьем этапе до температуры 525°C со скоростью 12 град/сек.

40 Технологические условия обеспечивают выход коксового остатка - 66% от массы исходного угля. Полученный угольный остаток имеет зольность 14%, что ниже, чем исходный уголь. Полученный остаток по зольности удовлетворяет требованиям ТУ 14-7-115-89 для коксовой мелочи, и имеет следующий технический и элементный состав:

$$45 W_t^r=0,5\%; A^d=15,4\%; V^{daf}=4,0\%; C^{daf}=95,0\%;$$

$$H^{daf}=1,3\%; N^{daf}=1,5\%; O^{daf}=2,6\%; S^{daf}=0,1\%.$$

Пример 4. В качестве сырья использовали уголь с техническим и элементным составом, а также крупностью, как описано в примере 1. Измельченный уголь массой 25 кг загружают в реактор и охлаждают до температуры -20°C. Инертный газ подают

в количестве  $1800 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ . После охлаждения угля проводят его быстрый нагрев в печи кипящего слоя, на первом этапе нагрев проходит до температуры  $160^\circ\text{C}$  со скоростью  $20 \text{ град/сек}$ , на втором этапе до температуры  $360^\circ\text{C}$  со скоростью  $15 \text{ град/сек}$ , на третьем этапе до температуры  $600^\circ\text{C}$  со скоростью  $12 \text{ град/сек}$ .

5 Технологические условия обеспечивают выход коксового остатка -  $55\%$  от массы исходного угля. Полученный угольный остаток имеет зольность  $17\%$ .

Пример 5. В качестве сырья использовали уголь с техническим и элементным составом, а также крупностью, как описано в примере 1. Измельченный уголь массой  $25 \text{ кг}$  загружают в реактор и охлаждают до температуры  $-4^\circ\text{C}$ . Инертный газ подают  
10 в количестве  $1800 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ . После охлаждения угля проводят его быстрый нагрев в печи кипящего слоя, на первом этапе нагрев проходит до температуры  $90^\circ\text{C}$  со скоростью  $20 \text{ град/сек}$ , на втором этапе до температуры  $250^\circ\text{C}$  со скоростью  $15 \text{ град/сек}$ , на третьем этапе до температуры  $400^\circ\text{C}$  со скоростью  $12 \text{ град/сек}$ .

15 Технологические условия обеспечивают выход коксового остатка -  $44\%$  от массы исходного угля. Полученный угольный остаток имеет зольность  $18\%$ .

Таким образом, предложенный способ позволяет перерабатывать высокозольный рядовой уголь в низкозольное, высококалорийное, термообработанное твердое топливо, без предварительного обогащения исходного угля. В результате термохимических  
20 процессов происходит размягчение углей, выделение летучих веществ и порообразование с кардинальным изменением структуры. Вследствие чего происходит повышение выхода коксового остатка при снижении его зольности.

#### (57) Формула изобретения

25 Способ термической обработки угля, включающий термоокислительную обработку измельченного угля в кипящем слое, отличающийся тем, что перед термообработкой угля проводят экстремальное охлаждение угля в реакторе, при подаче жидкого инертного газа до температуры от  $-10$  до  $-12^\circ\text{C}$ , затем проводят нагрев угля в печи кипящего слоя в три этапа, при этом на первом этапе нагрев осуществляется до  
30 температуры от  $120$  до  $130^\circ\text{C}$  со скоростью  $20 \text{ град/сек}$ , на втором этапе до температуры от  $280$  до  $300^\circ\text{C}$  со скоростью  $15 \text{ град/сек}$ , на третьем этапе до температуры от  $500$  до  $550^\circ\text{C}$  со скоростью от  $10$  до  $12 \text{ град/сек}$ .

35

40

45