

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2821504

СПОСОБ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Салтыкова Светлана Николаевна (RU), Карапетян Кирилл Гарегинович (RU), Козлов Роман Васильевич (RU), Назаренко Максим Юрьевич (RU), Коршунов Александр Дмитриевич (RU)*

Заявка № 2024104144

Приоритет изобретения 19 февраля 2024 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 25 июня 2024 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 19 февраля 2044 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





(51) МПК
C10B 53/00 (2006.01)
C10J 3/02 (2006.01)
C10J 3/00 (2006.01)
C10B 53/06 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C10B 53/00 (2024.01); C10J 3/02 (2024.01); C10J 3/00 (2024.01); C10B 53/06 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2024104144, 19.02.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 19.02.2024

Дата регистрации:
 25.06.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.02.2024

(45) Опубликовано: 25.06.2024 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
 ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГУ,
 Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Салтыкова Светлана Николаевна (RU),
 Карапетян Кирилл Гарегинович (RU),
 Козлов Роман Васильевич (RU),
 Назаренко Максим Юрьевич (RU),
 Коршунов Александр Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Санкт-Петербургский горный
 университет императрицы Екатерины II"
 (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2516651 C1, 20.05.2014. RU
 2529226 C2, 27.09.2014. WO 2015053723 A1,
 16.04.2015. CN 102597182 (A), 18.07.2012. RU
 2673052 C1, 21.11.2018.

(54) СПОСОБ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области переработки углеродсодержащего твердого топлива, в том числе, горючего сланца и каменного угля, для получения энергетического и технологического газов.

Техническим результатом является уменьшение выбросов смолистых веществ при газификации твердого топлива и повышение теплоты сгорания энергетического газа.

Снижая энергию активации реакций разложения углеродсодержащего твердого

топлива, катализаторы позволяют осуществлять процесс при более низкой температуре. В результате термической газификации углеродсодержащего твердого топлива вырабатывается горючий газ. Удельная теплота сгорания вырабатываемого горючего газа составляет от 5700 до 6200 кДж/м³. Горючие газы, выходящие из зоны газификации при реализации предлагаемого способа, благодаря каталитическому действию оксидов имеют температуру от 600 до 800°C.

RU 2 821 504 C1

RU 2 821 504 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C10B 53/00 (2006.01)
C10J 3/02 (2006.01)
C10J 3/00 (2006.01)
C10B 53/06 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C10B 53/00 (2024.01); *C10J 3/02* (2024.01); *C10J 3/00* (2024.01); *C10B 53/06* (2024.01)

(21)(22) Application: **2024104144, 19.02.2024**

(24) Effective date for property rights:
19.02.2024

Registration date:
25.06.2024

Priority:
(22) Date of filing: **19.02.2024**

(45) Date of publication: **25.06.2024** Bull. № 18

Mail address:
**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO Sankt-Peterburgskij GU, Patentno-
litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):
**Saltykova Svetlana Nikolaevna (RU),
Karapetian Kirill Gareginovich (RU),
Kozlov Roman Vasilevich (RU),
Nazarenko Maksim Iurevich (RU),
Korshunov Aleksandr Dmitrievich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **METHOD FOR GASIFICATION OF CARBON-CONTAINING SOLID FUEL**

(57) Abstract:

FIELD: various technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to processing of carbon-containing solid fuel, including oil shale and coal, for production of power and process gases. By reducing the activation energy of decomposition reactions of the carbon-containing solid fuel, the catalysts enable the process to be carried out at a lower temperature. As a result of thermal gasification of carbon-containing solid fuel, combustible gas is generated. Specific heat of combustion of generated

combustible gas is from 5,700 to 6,200 kJ/nm³. Combustible gases leaving the gasification zone during the implementation of the proposed method, due to the catalytic action of the oxides, have temperature of 600–800 °C.

EFFECT: reduced emissions of resinous substances during gasification of solid fuel and increased heat of combustion of power gas.

1 cl

RU 2 821 504 C1

RU 2 821 504 C1

Изобретение относится к области переработки углеродсодержащего твердого топлива, в том числе, горючего сланца и каменного угля, для получения энергетического и технологического газов.

Известен способ термической переработки сернистых сланцев (авторское свидетельство СССР №1122682, опубл. 07.11.1984 г.). Согласно этому способу часть сланца подвергается полукоксованию с твердым теплоносителем для получения парогазовой смеси, которую направляют в пиролизер, куда в качестве твердого теплоносителя подают золу с температурой 1000°C из циклонной топки. Другую часть сланца направляют в газификатор, где в среде продуктов полного сгорания кокса происходит газификация при 800-900°C. Газ газификации, пройдя циклон, направляется в смеситель, куда поступает и газ полукоксования, который после пиролиза освобожден от пыли в пылеуловителе и от смолы в системе конденсации. Смешанный газ сжигают в парогенераторе. Выделенную смолу подвергают в системе разделению на жидкие продукты. Недостатком способа, является то, что газ, полученный в процессе газификации, разбавлен продуктами сгорания кокса и поэтому имеет низкую теплоту сгорания, по расчетам равную 3550 кДж/м³.

Известен способ энерготехнологической переработки сланца (патент РФ № 2529226, опубл. 27.09.2014), включающий полукоксование мелкозернистого сланца с твердым теплоносителем в барабанном реакторе. Полученную парогазовую смесь подают на термопреобразование в реактор термokatалитического преобразования с псевдоожиженным слоем и регенератор катализатора с выделением технологического газа. Технологический газ очищают в аппаратах для очистки от сероводорода и диоксида углерода с получением технологически активного газа, содержащего водород, предельные и непредельные углеводороды, оксид углерода, который затем нагревают до температуры выше или равной 750°C и направляют на проведение высокотемпературной газификации пылевидного сланца в реакторе газификации пылевидного сланца. Энергетический газ направляют в энергетический блок, включающий газотурбинную установку. Полученный газ обладает высокой теплотой сгорания.

Недостатком способа является то, что для его реализации требуется предварительное измельчение сланца до пылевидного состояния.

Известен способ получения горючего газа из торфа (патент РФ № 2334783, опубл. 27.09.2008). В способе получения горючего газа путем переработки торфа в качестве катализатора используют алюмосиликатные материалы в количестве 2-30% мас., а смесь торфа с катализатором гранулируют.

Недостатком способа являются повышенное энергопотребление, связанное с необходимостью измельчения материалов, гранулирования и сушки рабочей смеси.

Известен способ получения газа из торфа (патент РФ № 2185418, опубл. 20.07.2002). Способ получения торфяного газа включает нагрев торфа с последующей подачей в зону нагрева паровоздушного дутья по достижении температуры 180-220°C, причем нагрев осуществляют в присутствии палладиевого катализатора на твердом носителе в виде гранул с размером 3-4 мм. В качестве носителя катализатора используют оксид алюминия.

Недостатками данного способа являются использование сложного в изготовлении палладиевого катализатора.

Известен способ газификации угля, принятый за прототип (патент РФ № 2516651, опубл. 20.05.2014), принятый за прототип, согласно которому уголь дробят и смешивают с красной глиной и известняком. Газификация угля при температуре 600-800°C

обеспечивается катализаторами, содержащимися в красной глине в виде оксидов железа, алюминия и алюмосиликатов и оксида кальция, образующего при декарбонизации известняка. Красная глина подается в количестве 2-3%, а известняк - 4-5% от общего веса загружаемых материалов.

5 Недостатком является то, что для обеспечения в слое углеродсодержащего твердого топлива необходимого количества оксидов-катализаторов требуется использовать дополнительные сырьевые материалы - красную глину и известняк. Образующийся в процессе газогенерации углезольный остаток является отходом, требующим утилизации. Введение в процесс вспомогательных неорганических материалов увеличивает
10 количество образующихся отходов, направляемых на захоронение.

Техническим результатом является уменьшение выбросов смолистых веществ при газификации твердого топлива и повышение теплоты сгорания энергетического газа.

Технический результат достигается тем, что в качестве сырья используют углеродсодержащее твердое топливо крупностью от 5 до 15 мм, для розжига
15 углеродсодержащего топлива подают пропан-бутановую смесь совместно с воздухом, после этого подача пропан-бутановой смеси прекращают и подают в пространство под колосниковой решеткой газифицирующий агент, в качестве которого используют паровоздушную смесь, при этом количество водяного пара составляет от 0,2 до 0,4 кг на 1 кг углеродсодержащего твердого топлива, а подачу воздушного дутья производят
20 с удельным расходом от 15 до 18 м³/час на 1 кг твердого топлива, углезольный остаток содержит оксиды кальция, железа и алюминия в следующих количествах, % масс.: CaO от 50 до 58, Σ FeO от 5 до 7, Al₂O₃ от 22 до 25, остальное - оксиды, который выгружают из газогенератора и остужают до комнатной температуры, а затем загружают
25 равномерным слоем на решетку фильтра в систему газоочистки сгенерированного газа, горючий газ, который выведен из пространства газогенератора, попадает на фильтр, где происходит снижение температуры, при этом на поверхности фильтровального материала конденсируются высокомолекулярные смолистые соединения, при выгрузке углезольного остатка из газогенератора фильтровальный материал, на котором
30 сконденсированы смолистые вещества, извлекают из фильтра, и на его месте размещают углезольный остаток из газогенератора, а выгруженный из фильтра углезольный остаток, покрытый смолистыми веществами в количестве от 5 до 25% от массы углеродсодержащего твердого топлива смешивают с дроблёным углесородержащим твердым топливом и загружают на колосниковую решетку газогенератора на повторное термохимическое разложение, при этом происходит повышение удельной теплоты
35 сгорания вырабатываемого горючего газа.

Σ°

Способ осуществляется следующим образом. На начальном этапе работы в газогенератор вертикального типа через загрузочное окно, находящееся в верхней части аппарата, загружают углеродсодержащее твердое топливо, в качестве которого
40 используются дробленый уголь или горючий сланец крупностью от 5 до 15 мм.

Под колосниковую решетку через горелку подают пропан-бутановую смесь совместно с воздухом для розжига углеродсодержащего топлива. После осуществления розжига газогенератора подачу пропан-бутановой смеси прекращают и в газогенератор подают газифицирующий агент. В качестве газифицирующего агента используют
45 паровоздушную смесь, которая подается в газогенератор в пространство под колосниковой решеткой. Количество водяного пара, подаваемого в газогенератор, составляет от 0,2 до 0,4 кг на 1 кг углеродсодержащего твердого топлива. Подачу воздушного дутья производят с удельным расходом от 15 до 18 м³/час на 1 кг

углеродсодержащего твердого топлива.

В результате термической газификации топлива вырабатывается горючий газ, который выводится из пространства газогенератора при температуре от 600 до 800°C, а на колосниковой решетке образуется углезольный остаток.

5 Углезольный остаток, образующийся по мере срабатывания углеродсодержащего твердого топлива, выгружают из газогенератора и остужают до комнатной температуры. Углезольный остаток горючих сланцев содержит в своем составе оксиды кальция, железа и алюминия в следующих количествах, % масс.: CaO от 50 до 58, Σ FeO от 5 до 7, Al₂O₃ от 22 до 25, остальное - оксиды.

10 Углезольный остаток после остывания пропускают через сита с размером ячеек 10 и 15 мм. Из полученной фракции крупностью от 10 до 15 мм отбирают материал в количестве от 10 до 60% от массы выгруженного из газогенератора углезольного остатка и загружают равномерным слоем на решетку фильтра в систему газоочистки сгенерированного горючего газа. Фильтр представляет собой стальной полый аппарат
15 со стальной решеткой внутри. Горючий газ с температурой от 600 до 800°C, выведенный из пространства газогенератора, попадает на фильтр. На фильтре происходит снижение температуры горючего газа по сравнению с температурой внутри газогенератора, на поверхности фильтровального материала конденсируются высокомолекулярные смолистые соединения, которые благодаря адсорбционным свойствам углезольного
20 остатка удерживаются на его поверхности. Использование углезольного остатка в качестве фильтрующего материала позволяет ограничить конденсацию смолистых веществ на стенках газохода.

Фильтровальный материал с сконденсированными на нём смолистыми веществами
25 извлекают с решетки фильтра системы газоочистки и на его месте размещают углезольный остаток из газогенератора. Выгруженный из фильтра углезольный остаток, покрытый смолистыми веществами, смешивают с дроблёным углеродсодержащим твердым топливом и загружается на колосниковую решетку газогенератора. Возврат в газогенератор смолистых веществ, уловленных на фильтре, на повторное
30 термохимическое разложение повышает удельную теплоту сгорания вырабатываемого горючего газа.

Оставшийся после загрузки в систему газоочистки углезольный остаток направляют на захоронение или утилизацию.

35 Масса углезольного остатка, поступающего на смешение, составляет от 5 до 25% массы углеродсодержащего твёрдого топлива. Возврат в процесс газогенерации углезольного остатка, содержащего оксиды железа, алюминия, кальция, увеличивает их концентрацию в слое углеродсодержащего твердого топлива.

Добавки оксидов железа, алюминия, кальция оказывают каталитическое действие и
40 улучшают процесс разложения углеродсодержащего твердого топлива и увеличивают образование компонентов горючего газа, таких как водород (H₂), метан (CH₄) и оксид углерода (CO), образуя горючий газ с меньшим содержанием смолистых веществ и других примесей.

Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1. Газификация проводится без возврата углезольного остатка.

45 Загружено 3 кг горючего сланца крупностью 5-15 мм. Средняя температура горючего газа на выходе из зоны газификации 940°C. Горючий газ имеет следующий состав, % об.: CO - 27; H₂ - 10; CH₄ - 1,8; CO₂ - 7; O₂ - 0,4; N₂ - 53,8. Теплота сгорания горючего газа $Q_H^p = 5100 \text{ кДж/нм}^3$.

Пример 2. Газификация проводится с возвратом части углезольного остатка. Загружено 3 кг рабочей смеси, состоящей из горючего сланца и углезольного остатка. Масса горючего сланца в смеси - 2,4 кг, масса углезольного остатка - 0,6 кг. Температура горючего газа на выходе из зоны газификации 600°C. Горючий газ имеет следующий состав, % об.: CO - 30,9; H₂ - 13,3; CH₄ - 2,5; CO₂ - 6,5; O₂ - 0,2; N₂ - 46,6. Теплота сгорания горючего газа $Q_H^P = 6200 \text{кДж/нм}^3$.

Пример 3. Газификация проводится с возвратом части углезольного остатка. Загружено 3 кг рабочей смеси, состоящей из горючего сланца и углезольного остатка. Масса горючего сланца в смеси - 2,5 кг, масса углезольного остатка - 0,5 кг. Температура горючего газа на выходе из зоны газификации 660°C. Горючий газ имеет следующий состав, % об.: CO - 30,5; H₂ - 12,9; CH₄ - 2,5; CO₂ - 6,6; O₂ - 0,2; N₂ - 47,3. Теплота сгорания горючего газа $Q_H^P = 6100 \text{кДж/нм}^3$.

Пример 4. Газификация проводится с возвратом части углезольного остатка. Загружено 3 кг рабочей смеси, состоящей из горючего сланца и углезольного остатка. Масса горючего сланца в смеси - 2,7 кг, масса углезольного остатка - 0,3 кг. Температура горючего газа на выходе из зоны газификации 705°C. Горючий газ имеет следующий состав, % об.: CO - 29,3; H₂ - 12,2; CH₄ - 2,3; CO₂ - 6,7; O₂ - 0,3; N₂ - 49,2. Теплота сгорания горючего газа $Q_H^P = 5800 \text{кДж/нм}^3$.

Пример 5. Газификация проводится с возвратом части углезольного остатка. Загружено 3 кг рабочей смеси, состоящей из горючего сланца и углезольного остатка. Масса горючего сланца в смеси - 2,85 кг, масса углезольного остатка - 0,15 кг. Температура горючего газа на выходе из зоны газификации 800°C. Горючий газ имеет следующий состав, % об.: CO - 28,9; H₂ - 12,0; CH₄ - 2,2; CO₂ - 6,9; O₂ - 0,3; N₂ - 49,7. Теплота сгорания горючего газа $Q_H^P = 5700 \text{кДж/нм}^3$.

Снижая энергию активации реакций разложения углеродсодержащего твердого топлива, катализаторы позволяют осуществлять процесс при более низкой температуре. В результате термической газификации углеродсодержащего твердого топлива вырабатывается горючий газ. Удельная теплота сгорания вырабатываемого горючего газа составляет от 5700 до 6200 кДж/нм³. Горючие газы, выходящие из зоны газификации при реализации предлагаемого способа, благодаря каталитическому действию оксидов имеют температуру от 600 до 800°C.

(57) Формула изобретения

Способ газификации углеродсодержащего твердого топлива, включающий загрузку и розжиг, образование горючего газа при температуре зоны газификации от 600 до 800°C, отличающийся тем, что в качестве сырья используют углеродсодержащее твердое топливо крупностью от 5 до 15 мм, для розжига углеродсодержащего топлива подают пропан-бутановую смесь совместно с воздухом, после этого подачу пропан-бутановой смеси прекращают и подают в пространство под колосниковой решеткой газифицирующий агент, в качестве которого используют паровоздушную смесь, при этом количество водяного пара составляет от 0,2 до 0,4 кг на 1 кг углеродсодержащего твердого топлива, а подачу воздушного дутья производят с удельным расходом от 15 до 18 м³/час на 1 кг твердого топлива, углезольный остаток содержит оксиды кальция, железа и алюминия, который выгружают из газогенератора и остужают до комнатной температуры, а затем загружают равномерным слоем на решетку фильтра в систему

газоочистки сгенерированного газа, горючий газ, выведенный из пространства газогенератора, попадает на фильтр, где происходит снижение температуры, при этом на поверхности фильтровального материала конденсируются высокомолекулярные смолистые соединения, при выгрузке углезольного остатка из газогенератора
5 фильтровальный материал, на котором сконденсированы смолистые вещества, извлекают из фильтра, и на его месте размещают углезольный остаток из газогенератора, а выгруженный из фильтра углезольный остаток, покрытый смолистыми веществами в количестве от 5 до 25% от массы углеродсодержащего твердого топлива, смешивают с дроблёным углеродсодержащим твердым топливом и загружают на колосниковую
10 решетку газогенератора на повторное термохимическое разложение, при этом происходит повышение удельной теплоты сгорания вырабатываемого горючего газа.

15

20

25

30

35

40

45