



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2301837

(22) 18.05.2023

(46) Бюл. 197, 2023

(71)(73) Гайбуллаева Зумрат Хабибовна (TJ)

(72) Гайбуллаева Зумрат Хабибовна (TJ); Асроров Баходур Илхомович (TJ); Шарифов Абдумумин (TJ); Гадоев Тоджиддин Хуснуддинович (TJ); Назиров Яхё Гиёхович (TJ); Бахриддинзода Шохин Бахриддин (TJ)

(54) **СПОСОБ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ**

(56) 1. Патент Республики Таджикистан №974 от 19.06.2018. Способ газификации угля для получения тепла и химических веществ

2. Патент Республики Таджикистан № 1051 от 16. 05.2019. Способ газификации угля.

(57) Изобретение относится к химической технологии, а именно к способам получения технологических и энергетических газов газификацией угля.

Целью изобретения является оптимизация управления и уменьшения материально-технических и эксплуатационных расходов способа газификации угля.

Поставленная цель достигается способом газификации угля, включающий предварительный нагрев угля в реакторе, выделение из него летучих и смолистых веществ, использование окислителя при

2

газификации угля, причем газификацию осуществляют в цельном двухступенчатом реакторе с двойным корпусом, где в верхней ступени реактора, летучие и смолистые вещества, выделенные при очищении угля при температуре 650–700°C отводят в конденсационную колонну для охлаждения и последующего разделения на отдельные компоненты, очищенный углерод через выходное устройство, соединяющее верхнюю и нижнюю ступени реактора, перемещают в камеру нижней ступени реактора с температурой 1000–1050°C, подают туда через вращающуюся колосниковую решетку окислитель для образования генераторного газа, который через верхнюю часть камеры попадает в межкорпусное пространство реактора, тем самым нагревая его внутреннюю стенку, после чего его отводят в котёл – утилизатор I для снятия остаточного тепла при получении водяного пара, образовавшуюся золу в нижнем корпусе реактора отводят в котёл-утилизатор II и получают водяной пар; окислитель подают во вращающуюся колосниковую решетку через входной штуцер реактора; водяные пары, полученные в котлах-утилизаторах I и II используют для газификации углерода в нижней ступени реактора; в качестве окислителя могут быть использованы водяной пар, кислород, воздух, двуокись углерода или смесь из этих окислителей.

Изобретение относится к химической технологии, а именно к способам получения технологических и энергетических газов газификацией угля.

Известен способ газификации угля для получения тепла и химических веществ [1] согласно которому уголь в реакторе предварительного нагрева очищают от сопутствующих углероду компонентов и в газогенераторе осуществляют паровую или паровоздушную (парокислородную) газификацию углерода для получения технологического или энергетического газа. Процессы очищения угля от смолистых и летучих компонентов и его газификацию осуществляют в двух разных реакторах.

Известен также способ газификации угля [2], в котором реактор для отделения летучих и смолистых веществ от углерода состава угля нагревают генераторным газом, выходящим из газогенератора. Процессы очищения угля от сопутствующих углероду компонентов и газификацию углерода веществами окислителями также осуществляют в двух реакторах: нагрев угля в реакторе предварительного нагрева, а газификацию углерода - в газогенераторе.

Недостатками известных способов заключается в том, что в обоих случаях процесс газификации угля осуществляют в двух отдельных реакторах, где в одном реакторе уголь очищают от сопутствующих углероду компонентов нагреванием теплотой генераторного газа, поступающего от газогенератора, а газификацию углерода осуществляют в другом реакторе. Осуществление способа газификации угля в двух реакторах усложняет технологические процессы газификации угля, увеличивает объёмы оборудования, материально-технические и эксплуатационные расходы, а также потери тепла генераторного газа при нагреве угля.

Целью изобретения является оптимизация управления и уменьшения материально-технических и эксплуатационных расходов способа газификации угля.

Поставленная цель достигается способом газификации угля, включающий предварительный нагрев угля в реакторе, выделение из него летучих и смолистых веществ, использование окислителя при газификации угля, причем газификацию осуществляют в цельном двухступенчатом реакторе с двойным корпусом, где в верхней ступени реактора, летучие и смолистые вещества, выделенные при очищении угля при температуре 650–700°C отводят в конденсационную колонну для охлаждения и последующего разделения на отдельные компоненты, очищенный углерод через выходное устройство, соединяющее верхнюю и нижнюю ступени реактора, перемещают в камеру нижней ступени реактора с температурой 1000–1050°C, подают туда через вращающуюся колосниковую решетку окислитель для образования генераторного газа, который через верхнюю часть камеры попадает в межкорпусное пространство реактора, тем самым нагревая его внутреннюю стенку, после чего его отводят в котёл - утилизатор I для снятия остаточного тепла при получении водяного пара, образовавшуюся золу в нижнем корпусе реактора отводят в котёл-утилизатор II и получают водяной пар; окислитель подают во вра-

щающуюся колосниковую решетку через входной штуцер реактора; водяные пары, полученные в котлах-утилизаторах I и II используют для газификации углерода в нижней ступени реактора; в качестве окислителя могут быть использованы водяной пар, кислород, воздух, двуокись углерода или смесь из этих окислителей.

Газификацию угля осуществляют в цельном двухступенчатом реакторе с двойным корпусом, обогреваемый через внутреннюю стену корпуса теплом нагретого газа; внутреннюю сторону внешнего корпуса футеруют огнеупорным материалом; внутренний корпус реактора делают из высокотеплопроводной стали; на верхней ступени реактора уголь очищают от сопутствующих углероду компонентов при температурах 650–700°C; на нижней ступени реактора углерод газифицируют при температурах 1000–1050°C с добавлением одного окислителя или смеси окислителей углерода из водяного пара, кислорода, воздуха, двуокиси углерода; внутренний корпус реактора обеих ступеней с внешней поверхности стены обогревают теплом генераторного газа; теплообеспечение процесса газификации углерода обеспечивают теплом генераторного газа через стенки внутреннего реактора, суммарным физическим теплом нагретого углерода, поступающего из верхней ступени реактора в зону реакции нижней ступени реактора при температурах 650°C–700°C, и веществ окислителей углерода, и теплом химических реакций газификации углерода; из верхней части межкорпусного пространства верхней ступени реактора генераторный газ отводят в котёл-утилизатор тепла для получения водяного пара; полученный в котле-утилизаторе тепла насыщенный водяной пар используют в нижней ступени реактора для газификации углерода; генераторный газ по выходу из котла-утилизатора тепла используют по функциональному назначению; выделенные на верхней ступени реактора сопутствующие углероду компоненты состава угля с температурой 650–700°C направляют в конденсационную колонну для охлаждения и разделения на отдельные компоненты; из нижней части нижней ступени реактора золу угля выносят в котёл-утилизатор тепла и после охлаждения используют по функциональному назначению; водяной пар из котла-утилизатора тепла золы используют для газификации углерода.

Предлагаемый способ газификации угля в двухступенчатом реакторе осуществляют следующим образом. Предварительный нагрев угля, отделения от углерода сопутствующих компонентов и газификация углерода окислителями осуществляют в двухступенчатом реакторе с двойным корпусом. Способ поясняется рисунком где:

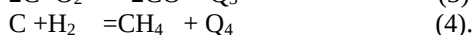
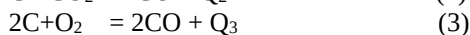
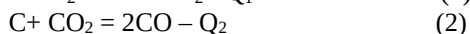
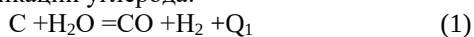
А-верхняя ступень реактора; Б-нижняя ступень реактора; 1- внешний футерованный корпус реактора; 2-внутренний стальной корпус реактора; 3- загрузочное устройство для подачи угля в реактор; 4-камера реактора нагрева угля и получения пластифицированного углерода; 5-штуцер для отвода газообразных летучих и смолистых компонентов состава угля; 6-устройство для подачи углерода из верхней ступени в нижнюю ступень реактора; 7- камера реактора для газификации углерода; 8-вращающаяся колосниковая

решетка для распределения газообразного окислителя в объеме зоны газификации углерода; 9-входной штуцер для подачи веществ окислителей в реактор; 10-вертикальное решетчатое отверстие; 11-выходной штуцер для отвода генераторного газа из реактора; 12-решетка для улавливания не прореагировавших частиц углерода; 13-выходное устройство для выгрузки золы из реактора; 14-конденсационная колонна; 15-котел утилизатор (I) генераторного газа; 16-котел утилизатор (II) золы.

Реактор условно разделён на верхнюю (А) и нижнюю (Б) ступени. Реактор состоит из внешнего футерованного корпуса 1 и внутреннего стального корпуса 2. Уголь через загрузочные устройства 3 подаёт во внутрь камеры 4 верхней ступени реактора А и за счёт нагревания от тепла, передающего через внутреннюю стальную стенку 2 нагревается до температуре 650–700°C. При температуре 300–350°C из состава угля выделяются все летучие компоненты (бензол и его гомологи 90-170°C; фенолы и пиридины 170-200°C; нафталиновая фракция 210–230°C; метилнафталены 230–270°C; антрацены 270–350°C), которые отводят из реактора через штуцер для отвода газообразных летучих и смолистых компонентов угля 5 в конденсационную колонну 14 для охлаждения и разделения. При температуре 500–550°C из оставшейся нагретой смеси выделяют все смолистые вещества (каменноугольный пек), которые также отводят через штуцер для отвода 5 из реактора в указанную конденсационную колонну 14. После отделения летучих и смолистых веществ, очищенный углерод пластифицируют при температуре 650–700°C и в пластифицированном состоянии через выходное устройство 6, соединяющее верхнюю и нижнюю ступени реактора, перемещают в камеру 7 нижней ступени Б реактора для газификации.

В камеру 7 нижней ступени реактора через вращающуюся колосниковую решетку 8 и входного штуцера 9 подаёт вещество окислитель углерода для осуществления реакции газификации углерода. В зависимости от назначения генераторного газа и требований к его составу для газификации углерода используют один окислитель из числа кислорода, воздуха, водяного пара, двуокиси углерода или смесь двух и более окислителей.

В зависимости от вида применяемого окислителя углерода в камере 7 нижней ступени реактора протекают следующие характеристические реакции газификации углерода:



Реакции (1), (3) и (4) являются экзотермическими с выделением тепла, а реакция (2) является эндотермической с поглощением тепла. В зависимости от соотношения (углерод: окислитель) в реакциях (1)–(4) можно получить генераторный газ разных составов.

Тепловой баланс зоны газификации углерода поддерживают за счёт физического тепла генераторного газа, передающего через стенку внутреннего корпуса, физического тепла поступающего

нагретого углерода из верхней ступени в камеру нижней ступени реактора, физического тепла поступающего окислителя и тепла химических реакций превращения углерода в генераторный газ. Генераторный газ с температурой 1000–1050°C с верхней части камеры нижней ступени 4 через вертикальные решётчатые отверстия 10 поступает в межкорпусное пространство реактора и нагревает внутреннюю стенку реактора. Решётчатые отверстия 12 должны быть устроены таким образом, чтобы через них не проходили мельчайшие не прореагировавшие частицы углерода размером 20–60мм.

Тепло нагретого генераторного газа по выходу газа из камеры нижней ступени 7 реактора в межкорпусное пространство реактора, создаёт температурный градиент между температурой зоны межкорпусного пространства реактора и температуры внутри реактора, значение градиента температуры возрастает от 0 до 1050 °C по высоте реактора. По высоте нижней ступени реактора градиент температуры может быть постоянным, но по высоте верхней ступени реактора, где генераторный газ нагревает уголь с 20–22 °C до температуры 650–700°C, значение градиента температуры изменяется по высоте реактора. Высокий градиент температуры по высоте реактора обеспечивает хороший теплообмен в зоне нагрева угля и за счёт тепла генераторного газа уголь быстро нагревается и освобождается от сопутствующих углероду компонентов.

Из верхней части реактора через выходной штуцер 11 генераторный газ отводят в котёл-утилизатор тепла I 15 для снятия его остаточного тепла при производстве водяного пара. Из нижней части нижней ступени реактора 7 через выходное устройство 13 зола угля отводят также в котёл-утилизатор тепла II 16 для снятия её тепла при получении водяного пара. Полученный водяной пар в обоих котлах утилизаторах используют для газификации углерода в нижней ступени реактора 7.

Примеры осуществления способа газификации углерода в двухступенчатом реакторе:

Для газификации используется 1000 кг угля состава, мас. %: С–81,0; Н–5,2; N–1,0; О–2,0; S–1,4; зола–5,3; влажность–4%.

При нагреве 1000 кг угля данного состава в верхней ступени реактора до температур 650–700°C выделяются летучие и смолистые вещества. Пластифицированный углерод в нижней ступени реактора газифицируется поступающим снизу нижней ступени реактора окислителем или смесью окислителей.

Пример 1. В качестве окислителя углерода используется чистый водяной пар к количеству эквивалентному количеству углерода в мольном отношении, т.е. С: Н₂О=1:1. При газификации 810 кг очищенного углерода, согласно реакции (1), расходуется 1215 кг Н₂О, при этом образуются 1890 кг СО и 135 кг Н₂.

Объём генераторного газа будет 3024 м³ при следующем составе, м³: Н₂– 1512; СО–1512. Удельная теплотворность генераторного газа 12,71 МДж/м³ при удельной теплотворности Н₂– 12,77 МДж/м³ и СО – 12,64 МДж/м³, что эквивалентно 35,3 кВтч электроэнергии.

Общая теплотворность генераторного газа, полученного из 1000 кг угля, будет 3024 × 12,71 = 38435

МДж, что эквивалентно $38435:3,6 = 10676$ кВт-ч электроэнергии.

При прямом сжигании 1000 кг каменного угля в среднем образуется 29300 МДж тепла, что эквивалентно 8139 кВтч электроэнергии. Приrost теплотворности полученного генераторного газа из 1000 кг угля составляет $10676:8139 = 1,31$.

Пример 2. Для газификации углерода применяется смесь окислителей (водяной пар: кислород) с таким условием, что половина углерода газифицируется водяным паром по реакции (1) до CO и H_2 , а половина углерода газифицируется кислородом по реакции (2) до CO . Тогда для газификации 810 кг углерода потребуется 607,5 кг H_2O и 540 кг O_2 (соответственно 756 м³ водяной пар и 378 м³ O_2), в общем количестве 1147,5 кг (1134 м³) смесь газообразных окислителей. При этом, при газификации 810 кг очищенного углерода образуются газы в количествах, кг: H_2 –67,5 кг; CO –1890 кг или 750 м³ H_2 и 1512 м³ CO , общий объём генераторного газа 2262 м³ при составе, %: H_2 –33,3%; CO – 66,7%; теплотворность газа 12,68 МДж/м³.

Общая теплотворность генераторного газа, полученного из 1000 кг угля, $2262 \times 12,68 = 28682,5$ МДж. Значение теплотворности генераторного газа ниже, чем по примеру 1, однако данный состав газа обычно применяется для производства химических веществ.

Пример 3. Газификация углерода осуществляют согласно примеру 2, однако вместо чистого кислорода используется воздух. Тогда вместо 540 кг кислорода расход воздуха будет 2571,4 кг или 1986,2 м³. Объём генераторного газа будет 3195 м³, однако теплотворность газа будет как в примере 2.

Преимущество предлагаемого способа газификации угля:

1) очистка углерода от сопутствующих компонентов в составе угля и его газификация осуществляют в одном цельном реакторе, где для его изготовления меньше расходуют материалы чем при реализации процесса газификации угля в двух отдельных реакторах;

2) обеспечение теплового баланса процесса очистки углерода от сопутствующих веществ и его газификация осуществляют при меньших затратах тепла из-за исключения потери, имеющиеся в известных способах газификации угля;

3) двух функциональный единый реактор легче управляется чем управление двух реакторов, работающих в отдельности;

4) в способе меньше расходуют материалы при создании оборудования для осуществления газификации единицы массы угля.

Формула изобретения

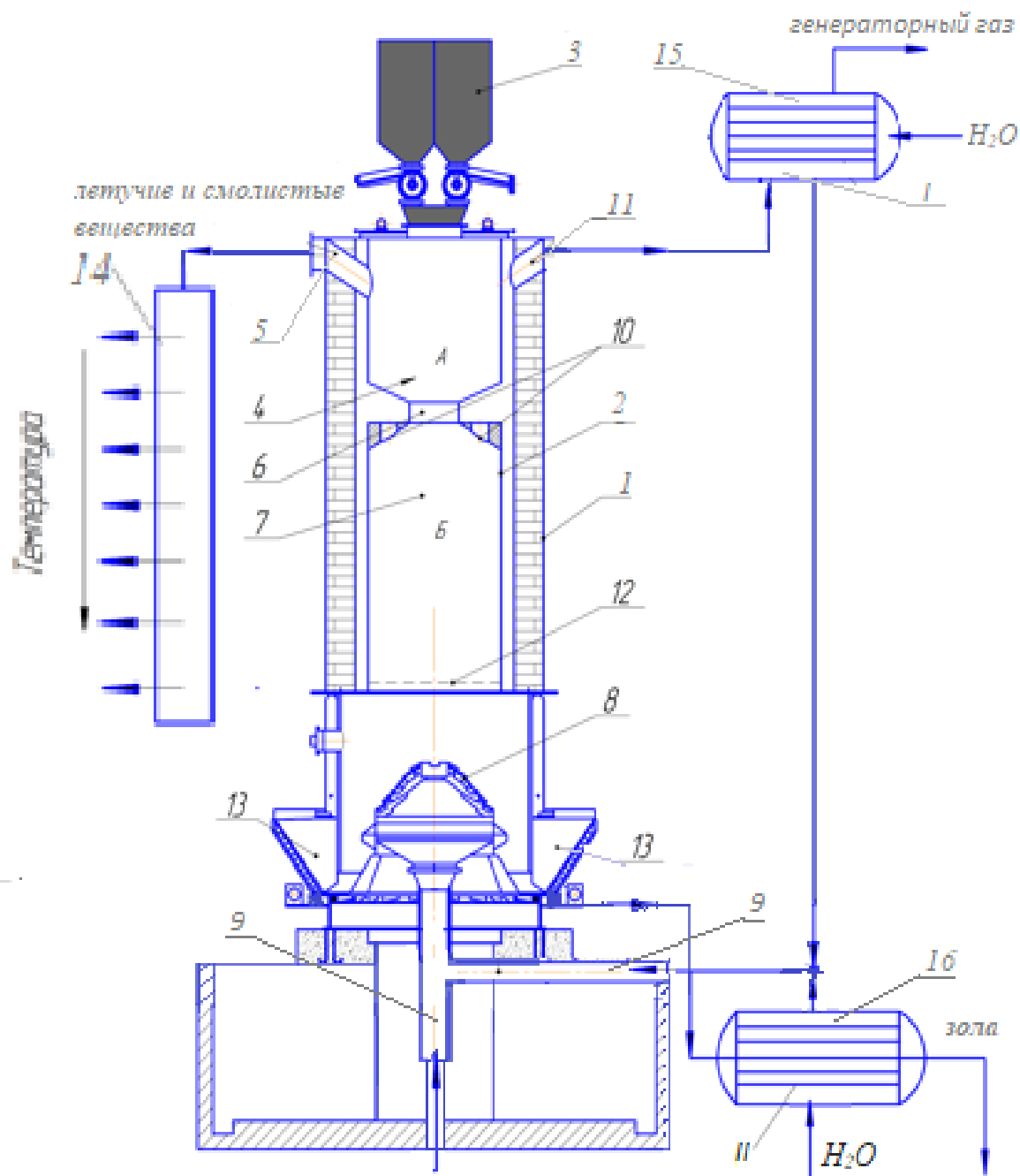
1. Способ газификации угля, включающий предварительный нагрев угля в реакторе, выделение из него летучих и смолистых веществ, использование окислителя при газификации угля, *отличающийся тем, что* газификацию осуществляют в цельном двухступенчатом реакторе с двойным корпусом, где в верхней ступени реактора, летучие и смолистые вещества, выделенные при очищении угля при температуре 650–700°C отводят в конденсационную колонну для охлаждения и последующего разделения на отдельные компоненты, очищенный углерод через выходное устройство, соединяющее верхнюю и нижнюю ступени реактора, перемещают в камеру нижней ступени реактора с температурой 1000–1050°C, подают туда через вращающуюся колосниковую решетку окислитель для образования генераторного газа, который через верхнюю часть камеры попадает

в межкорпусное пространство реактора, тем самым нагревая его внутреннюю стенку, после чего его отводят в котёл – утилизатор I для снятия остаточного тепла при получении водяного пара, образовавшуюся золу в нижнем корпусе реактора отводят в котёл-утилизатор II и получают водяной пар.

2. Способ по п.1, *отличающийся тем, что* окислитель подают во вращающуюся колосниковую решетку через входной штуцер реактора.

3. Способ по п.1, *отличающийся тем, что* водяные пары, полученные в котлах-утилизаторах I и II используют для газификации углерода в нижней ступени реактора.

4. Способ по п.1, *отличающийся тем, что* в качестве окислителя могут быть использованы водяной пар, кислород, воздух, двуокись углерода или смесь из этих окислителей.



Компьютерный набор: Ризоева С.Р.