



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ

(11) 862835

(61) Дополнительный к патенту -

(22) Заявлено 15.09.75 (21) 2171405/23-26

(23) Приоритет - (32) -

(31) - (33) -

Опубликовано 07.09.81. Бюллетень №33

Дата опубликования описания 07.09.81

(51) М. Кл.³

С 10 В 53/06

С 10 В 49/10

(53) УДК 665.6.03

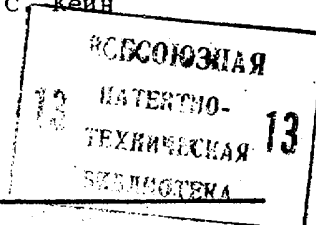
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Иностранцы
Джон А. Виткомб, Кеннет Д. Ван Зантен и Джордж С. Кейн
(США)

(71) Заявитель

Иностранная фирма
"Дэе Ойл Шейл Корпорейшн"
(США)



(54) СПОСОБ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА ГОРЮЧЕГО
СЛАНЦА

Изобретение относится к области переработки твердого топлива, а именно к способам предварительного нагрева горючего сланца.

Известен способ предварительного нагрева горючего сланца, включающий нагрев сланца до 204-342°C путем совместной обработки сланца и горячего дымового газа, подаваемых в зону нагрева, сгорание мелочи горючего сланца и углеводородных паров, содержащихся в дымовых газах, отводимых из зоны нагрева и подаваемых в зону сгорания [1].

Недостатком известного способа является выброс значительных количеств экологически вредных углеводородов в атмосферу в результате преждевременного пиролиза сланцевого масла, содержащегося в горючем сланце, во время проведения одностадийного быстрого нагрева сланца.

Цель изобретения - повышение эффективности процесса и снижение загрязнения атмосферы.

Это достигается тем, что сланец нагревают до 204-342°C в восходящем потоке, по крайней мере, в двух зонах, сланец подают в первую зону нагрева, а горячий дымовой газ - в по-

следнюю зону нагрева, дымовые газы, содержащие мелочь горючего сланца и углеводородные пары отводят из последней зоны нагрева и подают в зону сгорания, сжигают мелочь горючего сланца и углеводородные пары в течение 0,3-1,0 с при температуре выше 704°C, предпочтительно 760-815°C, дымовые газы, поступающие из зоны сгорания, охлаждают до 430-482°C и направляют в предпоследнюю зону нагрева.

Когда горючий сланец подогрет таким образом, становится возможным нагреть сланец до 204-342°C без выбрасывания значительных количеств углеводородов в атмосферу в результате преждевременного пиролиза горючего сланца в процессе предварительного нагрева и, за счет того, что процесс идет в восходящем потоке, уменьшаются потери тепла в процессе и повышается эффективность процесса.

Процесс предварительного нагрева выполняется до постепенного нагрева горючего сланца путем использования серии восходящих потоков, каждый из которых работает при разных температурах дымовых газов. Восходящие потоки используются для обеспечения быстрой передачи тепла от дымового

газа к твердой фазе, имеющей широкий естественный диапазон распределения размеров частиц.

На табл. 1 представлен анализ сырого сланца.

Т а б л и ц а 1

Размер, мм и меш	% удержания	% прохождения
12,7 мм	0	100
9,3 мм	10,3	89,7
4 меш	38,5	51,2
8 меш	21,7	29,5
20 меш	17,2	12,3
40 меш	5,5	6,8
80 меш	3,8	3,0
80 меш	3,0	-

В связи с тем, что мелкие частицы нагреваются значительно быстрее, чем крупные, важно контролировать температуру дымового газа на входе в восходящий поток с целью сведения к минимуму преждевременного пиролиза и образования углеводородов. Было обнаружено, что большая часть углеводородов выделяется в процессе предварительного нагрева сланца до температур превышающих 177°C. При температурах ниже 177°C концентрация углеводородов в дымовом газе, выбрасываемых в атмосферу из-за частичного испарения битума, имеющегося в сланце, не превышает 100 частей на миллион. При температурах предварительного подогрева 260-315°C концентрация углеводорода в дымовом газе составляет 500-1000 частей на миллион. Эти повышенные концентрации вызваны частичным пиролизом керогена и выпариванием битума. С точки зрения заботы об окружающей среде, если выделение углеводородов эффективно проконтролировать, а тепло, содержащееся в них, соответствующим образом использовать, то можно достичь как сохранения природных ресурсов, так и улучшения экономических показателей за счет образования дополнительного топлива. 5-15% тепла, требующегося для предварительного нагревания горючего сланца до температуры 290°C, может быть получено от мелочи горючего сланца и углеводородов, выделенных в процессе предварительного нагрева.

Этот процесс проводится для постепенного предварительного нагревания всего горючего сланца до температуры 180°C без образования значительных концентраций углеводородов. Дальнейшее нагревание всего горючего сланца от 204 до 342°C проходит при сопутствующем выделении углеводородов, а также при использовании теплотворной способности этих углеводородов, равно как и теплотворной способности мелочи горючего сланца, которая попадает в дымовой газ. На последней стадии подогрева в восходящем потоке образуются углеводороды и вводятся вместе с мелочью горючего сланца в поток дымового газа, который идет в зону сгорания, где используется теплотворная способность этих материалов. Установлено, что выделенные углеводороды и мелочь горючего сланца могут быть эффективно сожжены при 700-815°C. Более высокие температуры могут быть использованы, если будут выдержаны более высокие уровни разложения карбоната. Было также установлено, что фактически полное сжигание может быть завершено при этих температурах в течение 0,3-1,0 с. Горячий дымовой газ из зоны сгорания частично охлаждается обычной теплоиспользующей техникой и его тепло используется для предварительного подогрева сырого сланца в восходящем потоке (со стороны сланца) стадий подогрева. Температура дымового газа, который контактирует с горючим сланцем на этапах предварительного нагревания в процессе подъема, должна быть достаточно низкой (порядка 430-482°C) во избежание образования и выброса значительных количеств углеводородов в атмосферу. Две стадии предварительного подогрева с одной промежуточной зоной сгорания и повторным нагревом полностью обеспечивают задачу. Однако три стадии предварительного нагрева, использующие единственную зону сгорания, расположенную между второй и третьей стадиями, предпочтительны. Две межстадийные зоны сгорания также могут быть прогрессивно использованы, когда одна зона сгорания расположена между первой и второй зонами предварительного нагрева, а другая зона - между второй и третьей зонами предварительного нагрева. Горючий сланец, измельченный до номинального размера 12,7 мм, выгружается из дробилки и поступает в первую зону предварительного нагрева в восходящем потоке, в котором сланец контактирует с дымовым газом при температуре, достаточной для частичного подогрева сланца и удаления свободной влаги. Дымовой газ, выходящий после первой стадии, проходит в атмосферу после прохождения через пылеулавливающее устройство, например ру-

кавный фильтр, электрофильтр, мокрый скруббер. В зонах предварительного нагрева с более высокой температурой, расположенных ниже по движению потока относительно первой зоны предварительного нагрева, горючий сланец нагревается до более высоких температур за счет контактирования сланца с более горячими дымовыми газами из зоны сгорания. Предварительно подогретый горючий сланец из конечной зоны предварительного подогрева проходит в зону пиролиза. Частично охлажденные газы из зон предварительного нагрева, расположенные ниже по движению потока (со стороны газа) относительно последней зоны предварительного подогрева, проходят через одну или несколько промежуточных зон сгорания, где дымовые газы дополнительно нагреваются за счет горения смеси топлив, включающей в себя углеводороды и мелочь сырого сланца.

Контроль температуры дымовых газов, поступающих в различные зоны предварительного нагрева, может быть выполнен за счет смешивания дополнительного количества холодного свежего воздуха или дымового газа с первичным потоком горячего дымового газа, или за счет пропускания дымовых газов через теплообменники.

На чертеже изображена установка для реализации способа с использованием трех зон предварительного подогрева в восходящем потоке с одной промежуточной зоной сгорания.

Измельченный горючий сланец (включая мелочь и влагу) непрерывно подается по линии 1 при 10°C , в подъемную линию или первую зону 2 предварительного нагрева при скорости загрузки около 450 т/ч, в которой он контактирует и транспортируется с дымовым газом при 246°C , поступающим из линии 3. Дымовой газ, поступающий из линии 3 в первую зону предварительного нагрева, представляет собой смесь дымового газа, имеющего температуру 190°C , из второй зоны предварительного нагрева или подъемной линии 4, подаваемого через линию 5, с дымовым газом, имеющим температуру 760°C , из промежуточной печи-рекуператора 6, подаваемого через линию 7. В первой зоне 2 предварительного нагрева горючий сланец предварительно нагревается до 93°C , продвигаясь к сборнику 8 и циклонному сепаратору 9, в котором частицы горючего сланца отделяются от дымового газа. Частично предварительно нагретый горючий сланец подается самотеком во вторую зону 4 предварительного нагрева через линии 10 и 11 при скорости подачи 450 т/ч для дальнейшего нагрева. Дымовой газ, содержащий пыль горючего сланца и воду, при 107°C из циклонного сепаратора 9 про-

ходит через мокрый скруббер (на чертеже не показан) и затем выбрасывается в атмосферу при 50°C . Приблизительно 114 л/мин воды удаляется из горючего сланца в первой зоне 2 предварительного нагрева.

В подъемной линии или второй зоне 4 предварительного нагрева горючий сланец продолжает нагреваться до $177-200^{\circ}\text{C}$, при этом он транспортируется горячим дымовым газом, имеющим температуру на входе 430°C . Горячий дымовой газ во вторую зону предварительного нагрева подается через линию 12 и содержит дымовой газ из третьей зоны 13 предварительного нагрева с температурой газа на выходе 302°C , подаваемого через линию 14 в промежуточную печь-рекуператор 6, где он вновь нагревается до 760°C за счет сгорания углеводородов, выделившихся на последней стадии предварительного нагрева, сланцевой мелочи и дополнительного топлива.

Печь-рекуператор 6 состоит из зоны горения а, где сжигаются воздух и топливо, зоны смешения б, где дымовой газ из линии 14 смешивается с продуктами горения из зоны а, зоны озоления в и зоны охлаждения г.

Газ с температурой 760°C в зоне охлаждения г печи-рекуператора 6 охлаждают до 430°C перед подачей его во вторую зону 4 предварительного нагрева. Сланец отделяется от дымового газа в сборнике 15 и циклонном сепараторе 16, а затем поступает через линии 17 и 18 в третью зону 13 предварительного нагрева. Некоторое количество водяного пара удаляется из второй зоны предварительного нагрева.

Частично нагретый горючий сланец при $177-200^{\circ}\text{C}$ поступает в третью зону предварительного нагрева, контактирует и транспортируется дымовым газом, вводимым при $470-760^{\circ}\text{C}$ через линию 19 таким образом, чтобы равномерно нагреть весь поток сырого сланца до 290°C без значительного пиролиза, предшествующего пиролизу в аппарате 20. Дымовой газ, подаваемый в последнюю зону 13 предварительного нагрева, содержит примесь дымового газа шарового нагревателя, подаваемого через линию 19, который при необходимости может быть охлажден путем добавления охлаждающего воздуха при $38-40^{\circ}\text{C}$ через линию 21. Охлаждение проводится для обеспечения управления процессом. Предварительно нагретый горючий сланец отделяется от дымового газа в сборнике 22 и циклонном сепараторе 23, а затем поступает в аппарат 20 для пиролиза через линии 24 и 25, где пиролиз горючего сланца обеспечивается за счет контакта с горячими керамическими телами,

подаваемыми из шарового нагревателя 26 через линию 27.

Шаровой нагреватель 26 состоит из камеры нагрева д, камеры сгорания е и зоны выпуска газа ж. В камеру нагрева д шарового нагревателя 26 керамические шары вводятся из подъемника 28 шаров через линию 29, где контактируют с горячим дымовым газом из камеры сгорания е. Воздух и топливо подаются через линии 30 и 31 соответственно, к горелке распылительного типа (на чертеже не показана), расположенной в камере сгорания е, в которой сгорает смесь, образуя горячий дымовой газ. Поскольку керамические шары и дымовой газ движутся вниз через шаровой нагреватель, шары нагреваются, в то время как дымовой газ охлаждается. Дымовой газ выходит из шарового нагревателя 26 через зону выпуска ж и линию 19 для использования при нагреве сырого сланца в зоне 13 предварительного нагрева, нагретые шары удаляются из камеры нагрева д через линию 27 и поступают в аппарат 20 пиролиза.

Аппарат пиролиза выполнен в виде вращающегося барабана, в котором горячие керамические шары из шарового нагревателя 26 контактируют с сырым сланцем, предварительно нагретым до 290°C, для обеспечения последующего пиролиза. Шары и горячий сланец проходят через аппарат пиролиза, где тепло шаров передается горячему сланцу с выделением углеводородных паров сланцевого масла и обработанных твердых частиц сланца. Выделившийся пар, обработанные твердые частицы сланца и охлажденные шары из аппарата пиролиза через трубопровод 32 подаются во вращающееся барабанное сито 33, имеющее отверстия, причем эти отверстия таковы, что измельченный обработанный твердый сланец проходит через них, в то время как обладающие более значительными размерами шары задерживаются, выделяющийся пар удаляется через паровой колпак 34 и проходит через линию 35 в секцию рекуперации (на чертеже не показана). В основном весь обработанный твердый горячий сланец проходит через барабанное сито 33 и сборник 36 обработанного твердого сланца 36, из которого частицы твердого сланца через линию 37 проходят в область скопления твердых обработанных частиц сланца. Охлажденные шары из сборника 38 через линию 39 проходят к подъемнику шаров 28 и возвращаются в шаровой нагреватель 26 через линию 29 для нагревания.

Предварительные испытания на конкретном сорте горючего сланца показывают, что желательнее либо повысить, либо понизить степень предварительного нагрева в одной из трех стадий

предварительного нагрева для изменения выделений в атмосферу углеводородов, и/или изменить подачу топлива в зону предварительного нагрева. Условия предварительного нагрева могут быть изменены без изменения основных положений, изложенных выше.

Испытания проводят на установке производительностью 1000 т в день горючего сланца для определения количества углеводородов, выделяющихся при специальных условиях предварительного нагрева для каждой из трех стадий предварительного нагрева. По этим испытаниям установлено, что при предварительном нагревании горючего сланца (измельченного до минус 12,7 мм) от 10 до 342°C в трехступенчатой системе выделяется в среднем 400-700 частей на миллион углеводородов. Из этого количества 400-500 частей на миллион углеводородов выделяется на конечной стадии предварительного нагрева, а 75-100 частей на первых двух стадиях. В этих испытаниях подъемные линии работали при температурах дымового газа на входе приблизительно 343, 482 и 538°C соответственно, в то время как горючий сланец нагревался до температур 93, 176 и 342°C, соответственно в каждой из трех стадий предварительного нагрева.

Другие серии испытаний были выполнены для определения условий, необходимых для существенного снижения содержания углеводородов в дымовом газе, выпускаемом из третьей подъемной линии, приблизительно размера частиц и содержания углерода в мелочи горючего сланца, содержащейся в дымовом газе.

Анализ средних размеров частиц мелочи горючего сланца, входящей в зону пиролиза из третьей зоны предварительного нагрева, представлен в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Размер частиц, мкм	Содержание более крупных частиц, вес, %
1	2
40	0,1
30	0,2
20	0,6
15	1,2
10	2,0
8	3,3
5	11,6
3	50,1

Продолжение табл. 2

1	2
1	92,4
0,5	97,4
0,1	100,0

Анализ содержания органического углерода мелочи горючего сланца, полученного по изокинетическим пробам, взятым на входе и выходе камеры сгорания при работе зоны сгорания при 721-774°C приведен в табл. 3. Эти данные свидетельствуют о том, что мелочь содержит органический углерод, который может быть сожжен с использованием его теплотворной способности.

Т а б л и ц а 3

Место отбора пробы в камере сгорания	Органический углерод, вес. %	Мелочь, % от загрузки	Содержание органического углерода в мелочи в кг/ч на основе загрузки 450 т/ч сланца
Вход	16,05	0,36	242
Выход	0,23		3,64
Вход	5,91	0,39	97,2
Выход	0,10		1,81

В табл. 4 представлены результаты испытаний по определению количества углеводородов, выделенных в третьей стадии предварительного нагрева, и рабочих условий, необходимых для обеспечения значительного восстановления содержания углеводородов в дымовом газе, проходящем через зону сгорания.

30 Содержание углеводородов на входе в печь в этой серии испытаний было значительно выше, чем отмечено в испытаниях, описанных выше, из-за различий в механических размерах и форме установки. Испытания проводились на опытной установке производительностью 24 т в день.

Т а б л и ц а 4

Зона сгорания		Пробы углеводорода		Эффективность зоны сгорания, %
Температура, °С	Время пребывания, с	Вход частей на миллион	Выход частей на миллион	
660	0,31	2129	475	71,2
682	0,29	2129	346	79,3
690	0,39	913	47	93,2
699	0,41	1021	12	98,4
718	0,48	751	9	98,5
721	0,47	1040	11	98,6
729	0,48	648	3	99,4
732	0,33	1214	9	99,0
735	0,32	1632	17	98,6
378	0,50	980	12	98,2
746	0,41	3846	2	99,9

Продолжение табл. 4

Зона сгорания		Пробы углеводорода		Эффективность зоны сгорания, %
Температура, С	Время пребывания, с	Вход, частей на миллион	Выход, частей на миллион	
752	0,55	986	11	98,4
754	0,49	1018	2	99,7
772	0,50	508	3	99,2
774	0,52	1230	6	99,4
779	0,52	1226	7	99,7
782	0,53	1005	4	99,5

Из таблиц видно, что значительное количество мелкого горючего сланца попадает в поток дымового газа, который может быть использован в качестве топлива для системы предварительного нагрева. Кроме того, расположение зоны сгорания между второй и третьей стадиями предварительного нагрева очень эффективно в восстановлении содержания углеводорода в дымовом газе, когда зона сгорания работает при 704°C, предпочтительно 760°C, и времени пребывания, по меньшей мере, 0,5 с.

Предлагаемый процесс перегонки или пиролиза горючего сланца использует весь сланец, включая мелкий материал, с целью выделения 100% углеводородов либо в виде жидких или газообразных продуктов, либо в качестве топлива для системы предварительного нагрева. Кроме того, процесс обеспечивает предварительное нагревание сырого горючего сланца до 204-342°C без возникновения значительного пиролиза основной части сланца до операции перегонки или пиролиза. К тому же процесс обеспечивает повышенную экономию тепла за счет выгрузки дымового газа в атмосферу при более низкой температуре. Способ обеспечивает существенное сокращение потребления углеводорода за счет сжигания паров, содержащегося в сланце. Использование свежего сырого сланца для предварительного нагрева подъемной линии нецелесообразно, поскольку при его контакте с дымовыми газами высокой температуры (649-760°C), прекратилось бы выделение углеводородов, а при температуре дымового газа на входе 315°C в нем содержалось бы значительное количество несгорающих углеводородов.

Формула изобретения

1. Способ предварительного нагрева горючего сланца до 204-342°C пу-

20 тем совместной обработки сланца и горячего дымового газа, подаваемых в зону нагрева, сгорания мелочи горючего сланца и углеводородных паров, содержащихся в дымовых газах, отводимых из зоны нагрева и подаваемых в зону сгорания, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности процесса и снижения загрязнения атмосферы, нагревают горючий сланец в восходящем потоке, по крайней мере, в двух зонах, сланец подают в первую зону нагрева, а горячий дымовой газ - в последнюю зону нагрева, дымовые газы, содержащие мелочь горючего сланца и углеводородные пары, отводят из последней зоны нагрева и подают в зону сгорания, из зоны сгорания дымовые газы направляют в предпоследнюю зону нагрева.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что дымовой газ из зоны сгорания охлаждают до 430-482°C.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что содержит последующую стадию ввода частично предварительно нагретого горючего сланца из первого восходящего потока во второй восходящий поток с охлажденным дымовым газом из зоны сгорания для обеспечения частичного предварительного нагрева горючего сланца для последующего ввода в последний восходящий поток и частичного охлаждения дымового газа для ввода в первый восходящий поток.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что происходит дальнейшее прохождение частично охлажденного дымового газа из второго восходящего потока через вторую зону сжигания таким образом, чтобы частично снова нагреть дымовой газ и сжечь выделившиеся углеводородные пары и включенные частицы мелочи горючего сланца, выделившиеся из восходящего потока, перед охлаждением и вводом частично снова нагретого дымового газа в первый восходящий поток.

65

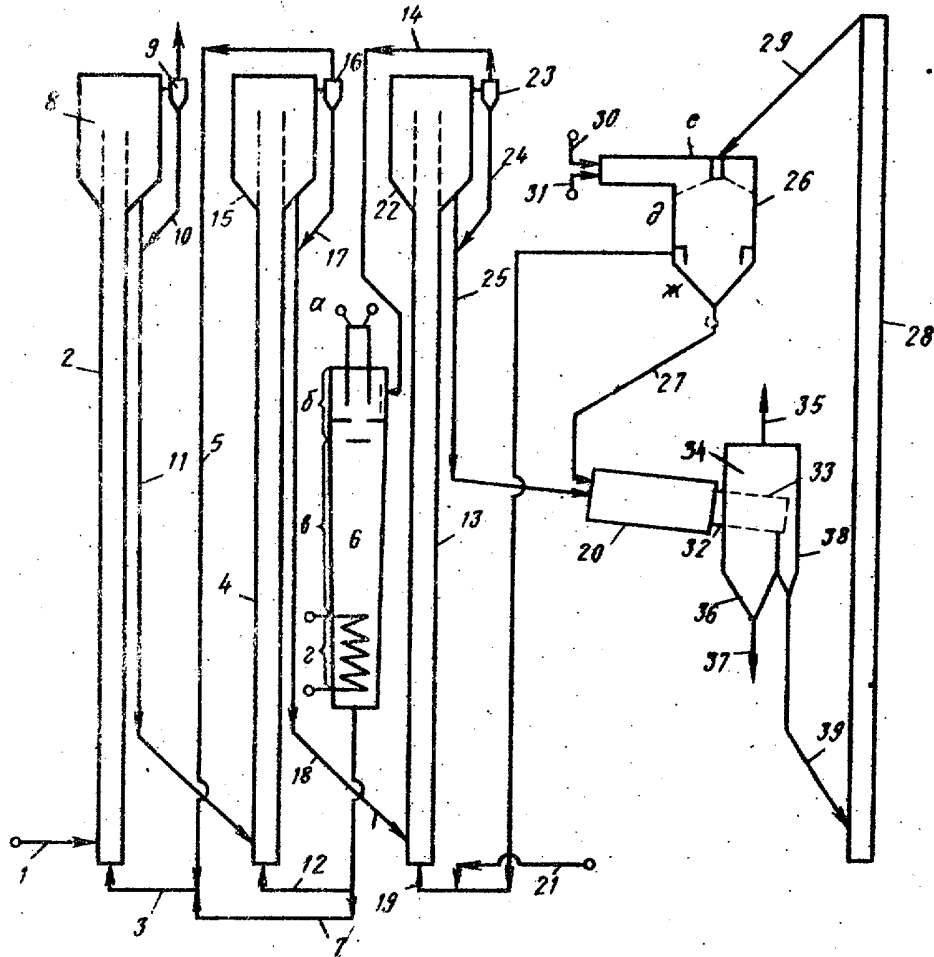
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что горючий сланец, загружаемый в последний восходящий поток, предварительно нагревают до 177-200°C.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что время пребывания

дымового газа в зоне сгорания 0,3-1,0 с при 760-815°C.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

5 1. Патент США № 3803022, кл. 208-11, 09.04.74, (прототип).



Составитель Н. Стрижова

Редактор Т. Колодцева Техред С. Мигунова Корректор М. Демчик

Заказ 6656/57

Тираж 548

Подписное

ВНИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филiaal ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4