

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 041421

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.10.21

(21) Номер заявки
202092597

(22) Дата подачи заявки
2019.04.26

(51) Int. Cl. *F27B 7/20* (2006.01)
C04B 2/10 (2006.01)
F27B 19/04 (2006.01)
C04B 7/43 (2006.01)

(54) КИСЛОРОДНО-ТОПЛИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО КЛИНКЕРА БЕЗ РЕЦИРКУЛЯЦИИ
ОТХОДЯЩЕГО ГАЗА УСТРОЙСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА

(31) 10 2018 206 674.4

(32) 2018.04.30

(33) DE

(43) 2021.04.08

(86) PCT/EP2019/060765

(87) WO 2019/211196 2019.11.07

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
тиссенкрупп Индастриал Солюшнз
АГ (DE)

(72) Изобретатель:
Лемке Йост, Вилльмс Айке (DE)

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(56) WO-A1-2011001044
US-A1-2015037745
EP-A1-1923367
US-A1-2017267582
WO-A1-2010067223
EP-A1-2952244

(57) Изобретение относится к способам и установкам для производства цементного клинкера, причем рециркуляции отходящих газов из устройства предварительного нагрева не проводится и причем в устройстве предварительного нагрева задается соотношение поданного твердого материала к отходящему газу более 1,0 кг твердого материала к газу.

041421

B1

041421

B1

Изобретение относится к способу и установке для производства цементного клинкера, в которых не предусмотрена рециркуляция отходящего газа устройства предварительного нагрева.

Из уровня техники известны способы и установки, в которых в клинкерный холодильник вводится воздух и предварительно нагревается, причём часть этого воздуха может перейти в печь. Кроме того, известно, что в холодильник взамен воздуха подаются смеси из CO_2 и O_2 . Для отделения диоксида углерода обжиг цементного клинкера часто приходится проводить при отсутствии азота. В этом случае вместо воздуха сгорания (т.е. воздуха, подаваемого в печь для сжигания топлива) в зоне кальцинирования используется чистый кислород. Тогда отходящий газ будет состоять, главным образом, из CO_2 и водяного пара и содержать лишь немного кислорода и азота. Из этого отходящего воздуха можно сравнительно просто выделить чистый CO_2 . Все известные концепции предусматривают в таких случаях рециркуляцию отходящих газов устройства предварительного нагрева, чтобы температуры процесса и объёмные потоки существенно не изменялись по сравнению с уровнем техники.

Примерами известного уровня техники являются EP 1037005 B1, JP 2007-126328 A, WO 2010/046345 A1, WO 2011/001044 A1, EP 1923367 A1, US 2017/267582, WO 2010/067223 A1 или EP 295224 A1.

Из-за постоянно растущих требований к экономии и экологии по-прежнему существует потребность в усовершенствованных установках и способах производства цементного клинкера.

Вследствие этого задача настоящего изобретения состояла, в частности, в том, чтобы предложить улучшенные установки и способы производства цементного клинкера, которые не имеют недостатков известного уровня техники либо усовершенствованы с точки зрения экономии и экологии по сравнению с установками или способами предшествующего уровня техники. Кроме того, задача настоящего изобретения состояла в улучшении существующих способов таким образом, чтобы можно было в значительной степени отказаться от рециркуляции отходящего газа.

Указанная задача решается в рамках настоящего изобретения с помощью объектов прилагаемых пунктов формулы изобретения, причём зависимые пункты формулы представляют собой предпочтительные варианты осуществления изобретения.

Прочие варианты осуществления изобретения будут понятны из нижеследующего описания.

Настоящее изобретение в одном варианте осуществления относится к установке с вращающейся печью для производства цементного клинкера, которая содержит устройство для введения кислородсодержащего газа, доля азота в котором составляет 15 об.% или менее, а доля кислорода - 50 об.% или более, в кальцинатор, а при необходимости - дополнительно во вращающуюся трубчатую печь.

В другом варианте осуществления настоящее изобретение относится, соответственно, к способу производства цементного клинкера, согласно которому кислородсодержащий газ, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, подают в кальцинатор, а при необходимости - дополнительно во вращающуюся трубчатую печь.

Установка по изобретению или способ по изобретению могут также сравниваться с формой кислородно-топливного способа.

В вариантах осуществления настоящего изобретения установка с вращающейся печью состоит из циклонного устройства предварительного нагрева, встроенного в линию кальцинатора без трубопровода третичного воздуха, вращающейся печи и холодильника. От холодильника отходит трубопровод среднего воздуха к средней ступени циклонного устройства предварительного нагрева, а затем к сырьевой мельнице.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения циклонное устройство предварительного нагрева состоит из многоступенчатого каскада циклонов, который работает на значительно меньшем количестве газа. Объёмный поток отходящего газа ниже по ходу потока от устройства предварительного нагрева составляет примерно от 0,50 до 0,70 нормального $\text{м}^3/\text{кг}$ клинкера. В соответствии с этим соотношение подаваемого количества твердого материала к отходящему газу может быть выше, чем ранее, и составляет в одном из вариантов от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа. Параллельно каскаду циклонов обеспечена по меньшей мере одна дополнительная ступень циклона, в которую подается горячий воздух из холодильника. По отношению к потоку муки эти дополнительные ступени в предпочтительном варианте осуществления расположены посередине внутри каскада циклонов.

В других вариантах осуществления настоящего изобретения устройство предварительного нагрева может быть выполнено в виде реактора с псевдоожиженным слоем, в частности в виде так называемого образующего пузыри псевдоожиженного слоя.

Соответственно в рамках настоящего изобретения на стадии предварительного нагрева соотношение загруженного твёрдого материала к отходящему газу задают на уровне более 1,0 кг, предпочтительно более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа, либо установка, соответственно, выполнена с возможностью задания в устройстве предварительного нагрева такого соотношения (загруженного количества твердого материала к потоку отходящего газа).

Кальцинатор в разных вариантах осуществления соответствует, по сути, классической конструкции,

причём соотношение твёрдый материал/газ здесь значительно выше, поэтому возникают локальные нагрузки твёрдого материала порядка более 2 кг на 1 кг газа, например от 2 до 8 кг на 1 кг газа. В кальцинаторе выделяется большая часть (более 60%, например около 80%) тепла от сжигания топлива. Благодаря наличию муки, несмотря на начальную концентрацию кислорода около 75%, обеспечивается достаточный теплоотвод, который препятствует перегреву. Если сжиганию подлежит крупнокусковое топливо-заменитель (с длиной кромки >100 мм), то при необходимости следует предусмотреть зону с уклоном для более длительного пребывания топлива. Примерами таких зон с уклоном являются лестничные ступени, переталкивающие топливо колосниковые решётки, колосниковые решётки с обратным переталкиванием топлива и др.

Соответственно в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения на стадии кальцинирования соотношение загруженного твёрдого материала к отходящему газу задают на уровне более 1,0 кг, предпочтительно более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа, либо установка, соответственно, выполнена с возможностью задания в кальцинаторе такого соотношения.

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу получения гидравлического вяжущего, предпочтительно цементного клинкера, из по меньшей мере одного исходного материала, включающему по меньшей мере стадии предварительного нагрева исходного материала, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемуся тем, что подводимые в кальцинатор газовые потоки в сумме состоят более чем на 50 об.% (предпочтительно более чем на 85 об.%) из кислорода.

В рамках настоящего изобретения могут использоваться обычные устройства предварительного нагрева, т.е. устройства предварительного нагрева, которые выполнены как 1-ходовые (или 1-ниточные) устройства предварительного нагрева. Обычно такие устройства предварительного нагрева имеют множество ступеней.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения используемые 1-ходовые устройства предварительного нагрева имеют 5 ступеней.

В предпочтительных вариантах осуществления настоящего изобретения используются устройства предварительного нагрева, которые выполнены как 2-ходовые (или 2-ниточные) устройства предварительного нагрева.

В предпочтительных вариантах осуществления настоящего изобретения эти двухходовые устройства предварительного нагрева имеют множество ступеней, в частности 3, 4 или 5 ступеней. При этом самыми предпочтительными являются каскады 4-ступенчатых или 5-ступенчатых устройств предварительного нагрева.

При этом в рамках настоящего изобретения понятия "-ниточный" и "-ходовой", относящиеся к устройствам предварительного нагрева, употребляются как синонимы.

При этом устройства предварительного нагрева, предпочтительно используемые в одном из вариантов осуществления настоящего изобретения, выполнены аналогично тому, как в известном PASEC-способе (параллельный/последовательный кальцинатор). Это означает, что в предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения один кальцинатор и множество ниток устройств предварительного нагрева, обычно один кальцинатор и две нитки устройств предварительного нагрева, расположены таким образом, что как материальные, так и газовые потоки (в противотоке) пересекаются (две нитки устройств предварительного нагрева пересекаются, но расположены последовательно).

В других предпочтительных вариантах осуществления настоящего изобретения используются встроенные кальцинаторы. Это означает, что наличествует циркулирующий поток карбоната кальция или оксида кальция. Этот вариант осуществления реализуется, в частности, в том случае, если вращающаяся печь имеет матрицу отходящих газов с настолько низкими концентрациями CO_2 , что оборудование для улавливания CO_2 было бы особенно громоздким и/или потребовало бы много затрат.

Большим преимуществом настоящего изобретения является то, что благодаря отказу от рециркуляции отходящего газа установка может быть меньшего размера, что даёт огромные преимущества в плане аппаратного оформления и денежных затрат.

В различных вариантах осуществления настоящего изобретения подачу газа регулируют с целью регулирования температуры в кальцинаторе. Именно таким путём можно контролировать образование NO_x . Равным образом также возможно, чтобы регулируемая подача газа проводилась и с целью регулирования количества газа в кальцинаторе (либо альтернативно, либо дополнительно к регулированию температуры).

В предпочтительных вариантах осуществления настоящего изобретения такое регулирование подачи газа осуществляется непосредственно ниже по ходу потока от первого разделительного циклона. В других вариантах регулирование подачи газа может осуществляться (альтернативно или дополнительно к подаче после первого разделительного циклона) после последующего или даже после предпоследнего разделительного циклона.

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу производства гидравли-

ческого цементного клинкера из по меньшей мере одного исходного материала, включающему по меньшей мере стадии предварительного нагрева исходного материала, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемуся тем, что предварительный нагрев осуществляют в циклонном устройстве предварительного нагрева, в котором соотношение загруженного твёрдого материала к отходящему газу составляет от более 1 до 2 кг твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа.

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к установке для производства гидравлического цементного клинкера, состоящей из по меньшей мере одного циклонного устройства предварительного нагрева, кальцинатора, работающего по принципу взвешенного потока, вращающейся печи и клинкерного холодильника, отличающейся тем, что кальцинатор, работающий по принципу взвешенного потока, оснащён неvertикальной секцией, в которую загружается крупнокусковое топливо с длиной кромки более 100 мм (т.е. "нелетучий" размер) и омывается горячими газами в кальцинаторе.

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу производства гидравлического цементного клинкера из по меньшей мере одного исходного материала, включающему по меньшей мере стадии сушки и помола сырьевого материала, предварительного нагрева исходного материала, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемуся тем, что горячий воздух из клинкерного холодильника по меньшей мере частично подают для предварительного нагрева, а затем для сушки и помола, при этом избегают его смешивания с отходящим газом от процессов кальцинирования и обжига.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий газ представляет собой N_2 -обеднённый воздух.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий газ представляет собой воздух, сильно обогащенный O_2 .

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий газ представляет собой (технически) чистый кислород; этот вариант является предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий газ не является смесью O_2/CO_2 .

В одном варианте осуществления настоящего изобретения подводимый газовый поток не является рециркулирующим газом.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения подводимый газовый поток не содержит рециркулирующего газа.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий газ не является воздухом или обработанным либо регенерированным воздухом. Этот вариант является более предпочтительным вариантом осуществления.

Следует учитывать, что, вследствие работы установки при давлении ниже атмосферного, возможно всасывание небольшого количества воздуха снаружи. Небольшое количество в данном случае означает менее 10 об.%, в частности от 1 до 5 об.%. Этот случайно засасываемый снаружи воздух при определении понятия кислородсодержащего газа не учитывается.

В рамках настоящего изобретения в некоторых вариантах осуществления общее количество образующегося при сжигании и кальцинировании отходящего газа из расчёта на вяжущее (цементный клинкер) составляет от 0,50 до 0,70 нормального m^3/kg клинкера. При этом один нормальный m^3 газа соответствует 1 m^3 газа при давлении 101,325 кПа и температуре 273,15 К.

В рамках настоящего изобретения ниже по ходу потока от устройства предварительного нагрева возможно получение CO_2 с очень высокой степенью чистоты, так что дальнейшая переработка в сравнении с существующим уровнем техники может быть более легкой или быть более благоприятной.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения в нитке устройства предварительного нагрева может быть размещен карбонизатор. Такой карбонизатор предпочтительно может использоваться или работать только в том случае, если отработанный газ, выходящий из печи, предпочтительно из вращающейся трубчатой печи, и поступающий в нитку устройства предварительного нагрева, имеет матрицу отходящего газа, при которой экономичная обработка CO_2 не потребовала бы удорожания. Такая матрица отходящего газа характеризуется тем, что отходящий газ имеет содержание CO_2 менее 35 об.% в сухом стандартном состоянии (сухое стандартное состояние означает, что из отходящего газа вычтено влагосодержание).

В первом особом варианте осуществления настоящего изобретения способ можно описать как способ, включающий отдельный кислородно-топливный кальцинатор с печью с традиционным нагревом.

При этом установка для осуществления способа содержит кальцинатор для кальцинирования материала, который, с одной стороны, соединён с топлиохранилищем, а с другой стороны, в него может вводиться кислородсодержащий газ в понимании настоящего изобретения, предпочтительно чистый кислород. В связи с этим, такой кальцинатор можно также назвать кислородно-топливным кальцинатором.

Этот кальцинатор соединён с первым устройством предварительного нагрева для предварительного нагрева материала. Отходящие газы из этого первого устройства предварительного нагрева могут отводиться для рекуперации отходящего тепла или для обработки отходящих газов, причём затем эти отходящие газы могут направляться для отделения CO_2 и компримирования CO_2 . Оттуда газы могут направляться, с одной стороны, в дымовую трубу и выпускаться в атмосферу (остаточный газ), а с другой стороны, - на хранение CO_2 или для транспортировки CO_2 , либо для дальнейшего применения. При этом первое устройство предварительного нагрева ("левое" устройство предварительного нагрева) соединено со вторым устройством предварительного нагрева ("правым" устройством предварительного нагрева), и материал, т.е. сырьевая мука, подаётся при этом только в направлении второго устройства предварительного нагрева, но не наоборот. Отходящий газ также выводится из второго устройства предварительного нагрева и поступает на дальнейшую обработку отходящих газов. Во второе устройство предварительного нагрева дополнительно подаётся горячий отходящий газ из вращающейся трубчатой печи.

Как первое устройство предварительного нагрева, так и второе устройство предварительного нагрева соединены с силосом для сырьевой муки, благодаря чему сырьевая мука загружается в оба устройства предварительного нагрева.

Материальный поток сырьевой муки, выходящий из силоса для сырьевой муки, через два устройства предварительного нагрева и кальцинатор следует путем, известным из уровня техники. Из кальцинатора сырьевая мука затем направляется в печь, в частности, вращающуюся трубчатую печь. Отходящие газы из этой печи могут быть поданы во второе устройство предварительного нагрева.

При этом (вращающаяся трубчатая) печь обычным образом оборудована хранилищем топлива и холодильником для выходящего из печи клинкера. Отходящий газ из холодильника также может отводиться для рекуперации отработанного тепла или обработки отходящих газов. Выходящий из холодильника клинкер может затем поступать в силос для клинкера.

Такая схема подключения оборудования или такая последовательность стадий способа, какие описаны выше, представлены также, в качестве примера, на фиг. 1.

Второй особый вариант осуществления настоящего изобретения по большей части соответствует вышеописанному первому особому варианту осуществления.

В этом втором особом варианте осуществления дополнительно предусмотрено, чтобы кислородсодержащий газ или кислород подвергался предварительному нагреву перед подачей в кислородно-топливный кальцинатор. Кроме того, в таком варианте осуществления может быть предусмотрено также, чтобы предварительно нагретый кислородсодержащий газ или, соответственно, предварительно нагретый кислород, наряду с этим также использовались в рамках рекуперации отработанного тепла или обработки отходящих газов.

Кроме того, в отличие от описанного выше первого особого варианта осуществления, предусмотрено на возможность того, что в различных вариантах, аналогично известному PASEC-способу, может иметь место пересечение материальных потоков между первым устройством предварительного нагрева ("левым" устройством предварительного нагрева) и вторым устройством предварительного нагрева ("правым" устройством предварительного нагрева). При подаче сырьевой муки во второе устройство предварительного нагрева, в которое дополнительно подводится горячий отходящий газ из (вращающейся трубчатой) печи, материал может подсушиваться и предварительно нагреваться в этом втором устройстве предварительного нагрева. Преимущество этого заключается в том, что меньше энергии необходимо для конденсации воды при обработке CO_2 .

Такая схема подключения оборудования или такая последовательность стадий способа, какие описаны выше, представлены также, в качестве примера, на фиг. 2.

В третьем особом варианте осуществления настоящего изобретения способ может быть описан как способ, включающий отдельный кислородно-топливный кальцинатор с печью с традиционным нагревом и частичным уменьшением CO_2 в правой нитке устройства предварительного нагрева (т.е. в нитке устройства предварительного нагрева, в которую подводится отходящий газ из печи, в частности, вращающейся трубчатой печи). В этом варианте осуществления в зоне карбонизатора, который расположен в правой нитке устройства предварительного нагрева, находится охладитель, с помощью которого регулируется температура карбонизации.

В этом варианте осуществления принципиальная базовая конструкция также известна специалисту. В отличие от описанного первым вариантом осуществления в данном варианте осуществления вместо второго устройства предварительного нагрева ("правого" устройства предварительного нагрева) располагается нитка устройств предварительного нагрева, состоящая из второго (расположенного выше) устройства предварительного нагрева и третьего (расположенного ниже) устройства предварительного нагрева, между которыми размещён карбонизатор. В этом варианте осуществления происходит обмен материалами между первым устройством предварительного нагрева и вторым устройством предварительного нагрева (в обоих направлениях), а также между первым устройством предварительного нагрева и третьим устройством предварительного нагрева (также в обоих направлениях). К тому же, материал, выходящий из кислородно-топливного кальцинатора, разделяется на одну часть, которая направляется в печь, в частности, во вращающуюся трубчатую печь, и вторую часть, которая поступает в карбонизатор.

Такая схема подключения оборудования или такая последовательность стадий способа, какие описаны выше, представлены также, в качестве примера, на фиг. 3.

В четвёртом особом варианте осуществления настоящего изобретения способ может быть описан как способ, включающий отдельный кислородно-топливный кальцинатор с печью с традиционным нагревом и частичным уменьшением CO_2 в правой нитке устройства предварительного нагрева (т.е. в нитке устройства предварительного нагрева, в которую подводится отходящий газ из печи, в частности, из вращающейся трубчатой печи). В этом варианте в зоне карбонизатора, который находится в правой нитке устройства предварительного нагрева, нет охладителя для регулирования температуры карбонизации.

Этот вариант осуществления отличается от вышеописанного третьего особого варианта осуществления тем, что подача материала из силоса для сырьевой муки производится только во второе, расположенное выше, устройство предварительного нагрева ("правое" устройство предварительного нагрева), а не в первое устройство предварительного нагрева. Обмен материала между обеими нитками устройства предварительного нагрева (первым устройством предварительного нагрева на одной (левой) стороне и вторым устройством предварительного нагрева, карбонизатором и третьим устройством предварительного нагрева на другой (правой) стороне) осуществляется только из третьего, расположенного ниже, устройства предварительного нагрева в первое устройство предварительного нагрева.

Такая схема подключения оборудования или такая последовательность стадий способа, какие описаны выше, представлены также, в качестве примера, на фиг. 4.

Следует учесть, что при описании этих только что представленных четырёх особых вариантов осуществления показаны, разумеется, не все воплощённые в реальности признаки, и способ и конструкция установки, соответственно, представлены упрощённо, что сразу станет понятным для специалиста.

Объектом настоящего изобретения являются, в частности, следующие, обозначенные римскими цифрами, варианты его осуществления.

Вариант осуществления I. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии:

- a) предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования,
- b) кальцинирования предварительно нагретого исходного материала,
- c) обжига кальцинированного исходного материала во вращающейся печи,
- d) охлаждения цементного клинкера,
- e) подачи кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, в
 - i) кальцинатор,
 отличающийся тем, что на кальцинирование не подают газы из вращающейся печи, для предварительного нагрева используют одно- или многоходовое циклонное устройство предварительного нагрева, отдельные циклоны которого связаны друг с другом, образуя каскад, между отдельными циклонными устройствами предварительного нагрева возможно перемещение материала и/или газа, и не осуществляют рециркуляции отходящих газов устройства предварительного нагрева.

Вариант осуществления Ia. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии:

- a) предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования,
- b) кальцинирования предварительно нагретого исходного материала,
- c) обжига кальцинированного исходного материала во вращающейся печи,
- d) охлаждения цементного клинкера,
- e) подачи кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, в
 - i) кальцинатор,
 отличающийся тем, что на кальцинирование не подают газы из вращающейся печи, для предварительного нагрева используют одно- или многоходовое циклонное устройство предварительного нагрева, отдельные циклоны которого связаны друг с другом с образованием каскада, между отдельными циклонными устройствами предварительного нагрева возможно перемещение материала и/или газа, и не осуществляют рециркуляции отходящих газов устройства предварительного нагрева, и отличающийся тем, что на стадии (a) соотношение загруженного твёрдого материала к отходящему газу задают на уровне более 1,0 кг твёрдого материала к газу.

Вариант осуществления II. Способ согласно варианту осуществления I или Ia, отличающийся тем, что стадия (e) дополнительно (ii) включает подачу указанного кислородсодержащего газа во вращающуюся печь.

Вариант осуществления III. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что используют многоступенчатые одно- или многоходовые циклонные устройства предварительного нагрева.

Вариант осуществления IV. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что используют двухходовые циклонные устройства предварительного нагрева

с числом ступеней от двух до шести, предпочтительно с пятью ступенями.

Вариант осуществления V. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что между устройствами предварительного нагрева многоходового циклонного устройства предварительного нагрева после каждой ступени происходит пересечение потоков муки, но не пересечение газовых потоков.

Вариант осуществления VI. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что предварительный нагрев осуществляют с вовлечением по меньшей мере одного карбонизатора.

Вариант осуществления VII. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что в соединённое с карбонизатором устройство предварительного нагрева второй нитки устройств предварительного нагрева подают отходящие газы из вращающейся печи, причём указанные отходящие газы содержат малую долю CO_2 - менее 35 об.% в сухом стандартном состоянии. В одном из вариантов отходящие газы, альтернативно или дополнительно к малой доле CO_2 , характеризуются высокой долей неконденсируемых компонентов.

Вариант осуществления VIII. Способ согласно варианту осуществления VI или VII, отличающийся тем, что температуру карбонизации задают посредством карбонизатора, имеющего охладитель.

Вариант осуществления IX. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что на стадии (а) устанавливают соотношение поданного твёрдого материала к отходящему газу более 1,0 кг, предпочтительно более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа.

Вариант осуществления X. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что на стадии (b) задают соотношение поданного твёрдого материала к отходящему газу более 1,0 кг, предпочтительно более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа, причём кальцинатор предпочтительно является кальцинатором, работающим по принципу взвешенного потока, или отличающийся тем, что на стадии (а) задают соотношение поданного твёрдого материала к отходящему газу более 1,3 кг твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа.

Вариант осуществления XI. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что в кальцинатор, который предпочтительно является кальцинатором, работающим по принципу взвешенного потока и имеющим невертикальную секцию, загружают крупнокусковое топливо с длиной кромки 70 мм или более, предпочтительно 100 мм или более, так чтобы оно омывалось горячими газами в кальцинаторе.

Вариант осуществления XII. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что газ:

- i) содержит 75 об.% или более кислорода, предпочтительно 85 об.% или более, 90 об.% или более, 95 об.% или более, 98 об.% или более либо 99 об.% или более, или
- ii) содержит 10 об.% или менее азота, предпочтительно 8 об.% или менее, 6 об.% или менее, 4 об.% или менее, либо содержание азота составляет ниже предела обнаружения, или
- iii) содержит 75 об.% или более кислорода, предпочтительно 85 об.% или более, 90 об.% или более, 95 об.% или более, 98 об.% или более либо 99 об.% или более, и содержит 10 об.% или менее азота, предпочтительно 8 об.% или менее, 6 об.% или менее, 4 об.% или менее, либо содержание азота составляет ниже предела обнаружения.

Вариант осуществления XIII. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что температуру в кальцинаторе или количество газа в кальцинаторе, или температуру и количество газа в кальцинаторе регулируют частичной рециркуляцией газов, причём рециркулируемые газы являются отходящими газами из одной из ступеней устройства предварительного нагрева, следующих за кальцинатором, предпочтительно из первой ступени устройства предварительного нагрева, следующей за кальцинатором.

Вариант осуществления XIV. Способ согласно варианту осуществления XIII, отличающийся тем, что введение рециркулируемых газов осуществляют ниже по ходу потока от первого разделительного циклона или между первым и предпоследним разделительными циклонами, или ниже по ходу потока от множества разделительных циклонов.

Вариант осуществления XV. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления I-VIII, отличающийся тем, что подаваемые в кальцинатор количества кислородсодержащего газа и топлива регулируют в зависимости от температуры кальцинирования и температуры в устройстве предварительного нагрева.

Вариант осуществления XVI. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что дополнительно осуществляют рециркуляцию отходящих газов кальцинатора, в частности, ниже по ходу потока от самой нижней циклонной ступени.

Вариант осуществления XVII. Установка для производства цементного клинкера, содержащая уст-

ройство предварительного нагрева, кальцинатор, вращающуюся печь и клинкерный охладитель, причём установка содержит устройство для подачи газа в i) кальцинатор, причём подаваемый газ содержит долю азота 15 об.% или менее и долю кислорода 50 об.% или более, отличающаяся тем, что

в кальцинатор не подаётся воздух из вращающейся печи,

в качестве устройства предварительного нагрева используется циклонное устройство предварительного нагрева, отдельные циклоны которого связаны друг с другом, образуя каскад,

между отдельными циклонными устройствами предварительного нагрева возможно перемещение материала и/или газа и

не имеется устройства для рециркуляции отходящего газа устройства предварительного нагрева.

Вариант осуществления XVIIa. Установка для производства цементного клинкера, содержащая устройство предварительного нагрева, кальцинатор, вращающуюся печь и клинкерный охладитель, причём установка содержит устройство для подачи газа в i) кальцинатор, причём подаваемый газ содержит долю азота 15 об.% или менее и долю кислорода 50 об.% или более, отличающаяся тем, что

в кальцинатор не подаётся воздух из вращающейся печи,

в качестве устройства предварительного нагрева используется циклонное устройство предварительного нагрева, отдельные циклоны которого связаны друг с другом, образуя каскад,

между отдельными циклонными устройствами предварительного нагрева возможно перемещение материала и/или газа и

не имеется устройства для рециркуляции отходящего газа устройства предварительного нагрева, и

отличающаяся тем, что установка выполнена с возможностью задания в устройстве предварительного нагрева соотношения подаваемого твёрдого материала к отходящему газу более 1,0 кг твёрдого материала к отходящему газу.

Вариант осуществления XVIII. Установка в соответствии с вариантом осуществления XVIIa, отличающаяся тем, что установка выполнена с возможностью задания в устройстве предварительного нагрева соотношения подаваемого твёрдого материала к отходящему газу более 1,3 кг твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа.

Вариант осуществления XIX. Установка согласно любому из вариантов осуществления XVII, XVIIa или XVIII, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит ii) устройство для подачи указанного кислородсодержащего газа во вращающуюся печь.

Хотя настоящее изобретение описано в отношении печи с традиционным обогревом, оно может также комбинироваться со специальными объектами параллельного изобретения "Кислородно-топливное производство клинкера со специальной подачей кислорода", в частности, со следующими, обозначенными римскими цифрами с CI по CVIII, вариантами осуществления, причём эти комбинации также явным образом являются объектами настоящего изобретения.

Вариант осуществления CI. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии:

a) предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования,

b) кальцинирования предварительно нагретого исходного материала,

c) обжига кальцинированного исходного материала в печи,

d) охлаждения цементного клинкера, отличающийся стадией

e) подачи кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, из первой секции холодильника, граничащей непосредственно с головкой печи, во вращающуюся печь.

Вариант осуществления CIa. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии:

a) предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования,

b) кальцинирования предварительно нагретого исходного материала,

c) обжига кальцинированного исходного материала в печи,

d) охлаждения цементного клинкера,

e) подачи кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, из первой секции холодильника, граничащей непосредственно с головкой печи, во вращающуюся печь, отличающийся тем, что подводимые в указанные процессы сжигания газовые потоки в сумме состоят более чем на 50 об.%, предпочтительно более чем на 85 об.%, из кислорода.

Вариант осуществления CII. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI или CIa, отличающийся тем, что в головку печи для сжигания рециркулируют частичный газовый поток из компонентов установки, расположенных выше по ходу потока в направлении потока материала, предпочтительно из входной зоны печи или из положения ниже по ходу потока от кальцинатора.

Вариант осуществления CIII. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI, CIa или CII, отличающийся тем, что горячий отходящий воздух из клинкерного холодильника по меньшей мере частично подаётся на предварительный нагрев или по меньшей мере частично подают на сушку и помол, либо по меньшей мере частично подают на предварительный нагрев и затем на сушку и помол, при этом избегают смешения с отходящим газом от процесса кальцинирования и процесса обжига.

Вариант осуществления CIV. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI-CIII, отличающийся тем, что богатый кислородом газ, отбираемый из входной зоны печи, после обеднения по меньшей мере серой и хлором рециркулируют в печную систему.

Вариант осуществления CV. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI-CIV, отличающийся тем, что подаваемые количества газа и топлива регулируют в зависимости от температуры сжигания и газовых объёмных потоков.

Вариант осуществления CVI. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI-CV, отличающийся тем, что подачу кислородсодержащего газа задают таким образом, чтобы в главной горелке имелся избыток кислорода, а остаточные количества кислорода попадали в кальцинатор для сгорания в нем.

Вариант осуществления CVII. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI-CVI, отличающийся тем, что подачу кислородсодержащего газа осуществляют исключительно на стороне расположенного в холодильнике устройства разделения газа, которая граничит непосредственно с головкой печи, причём устройство разделения газа является механическим устройством разделения газа, системой, основанной на подаче защитного газа, или комбинированной системой.

Вариант осуществления CVIII. Установка для производства цементного клинкера, содержащая устройство предварительного нагрева, кальцинатор, вращающуюся печь и клинкерный холодильник, отличающаяся тем, что установка в секции холодильника, непосредственно граничащей с головкой печи, содержит устройство для подачи газа из холодильника во вращающуюся печь, которое выполнено с возможностью подачи газа с долей азота 15 об.% или менее и с долей кислорода 50 об.% или более.

Вариант осуществления CVIIIa. Установка для производства цементного клинкера, содержащая устройство предварительного нагрева, кальцинатор, вращающуюся печь и клинкерный холодильник, отличающаяся тем, что установка в секции холодильника, непосредственно граничащей с головкой печи, содержит устройство для подачи газа из холодильника во вращающуюся печь, которое выполнено с возможностью подачи газа с долей азота 15 об.% или менее и с долей кислорода 50 об.% или более, причём установка выполнена с возможностью подвода в указанные процессы сжигания газовых потоков, которые в сумме состоят более чем на 50 об.%, предпочтительно более чем на 85 об.%, из кислорода.

В специальных вариантах осуществления настоящего изобретения воздух из вращающейся печи не подают в кальцинатор. В других специальных вариантах осуществления настоящего изобретения первое и второе (и при необходимости последующие) устройства предварительного нагрева или нитки устройств предварительного нагрева не являются независимыми друг от друга. Эти специальные варианты осуществления явным образом могут комбинироваться с другими названными вариантами осуществления, в частности, с вариантами осуществления, обозначенными цифрами с I по XVIII.

Преимущество настоящего изобретения складывается, в частности, из следующих аспектов. Поскольку печь и устройство предварительного нагрева всегда проектируются с учётом количества газа, то выгода от удаления азота из смеси состоит в том, что новые установки можно будет изготавливать значительно меньших размеров, благодаря чему затраты значительно снизятся, либо существующие установки после модернизации смогут работать с более высокой производительностью.

Выгодный аспект настоящего изобретения достигается за счёт введения кислородсодержащего газа с высоким содержанием кислорода или чистого кислорода в кальцинатор и обусловлен также тем фактом, что рециркуляции газов (газы-носители) из устройств предварительного нагрева не проводится, а это соответственно значительно сокращает количества газа в кальцинаторе и расположенных ниже по ходу потока от него устройствах предварительного нагрева.

Это делает возможным значительное уменьшение размеров кальцинатора и расположенных(ого) ниже по ходу потока от него устройств(а) предварительного нагрева. Уменьшение размеров установки влечёт за собой снижение площади поверхностей, отдающих тепло в окружающую среду. Это, с одной стороны, сокращает теплотери оборудования, но также и специфически попадающее путём подсасывания через неплотности количество воздуха, и повышает, тем самым, эффективность использования тепловой энергии. Кроме того, в результате значительного снижения газового потока, подлежащего перемещению, достигается значительная экономия необходимого расхода электроэнергии.

Уменьшение количества газа автоматически приводит к увеличению нагрузки газовой фазы твёрдыми веществами (см. выше), причём это можно наблюдать как в кальцинаторе, так и в стояках циклонного устройства предварительного нагрева. Здесь обеспечиваются скорости газа, которые гарантируют достаточную транспортировку частиц (частиц сырьевой муки) в газовой фазе. С уменьшением диаметра трубопроводов повышается число (критерий) Фруда, которое является важным показателем способности газовой фазы транспортировать твёрдые вещества. В случае больших диаметров трубопроводов при высоких нагрузках твёрдых веществ может дополнительно увеличиться и скорость газа для обеспечения несущей способности газовой фазы в отношении твёрдых веществ. Альтернативно, в рамках настоящего изобретения можно использовать множество параллельно подключённых систем (чтобы уменьшить диаметр труб) или частичную рециркуляцию газов, в частности, в зоне кальцинатора. Частичная управляемая или регулируемая рециркуляция отходящего газа кальцинатора (ниже по ходу потока от циклонного разделителя) может быть предпочтительной, в частности, для понижения температурного пика и, тем

самым, эмиссии вредных веществ, таких как термический NOx (азот происходит из топлива), либо для уравнивания сжигания топлива с варьирующей теплотой сгорания.

В принципе, глобальное увеличение скорости (если таковое желательно) можно предусмотреть и при необходимости согласовать с внутривспышными устройствами, которые способствуют локальному повышению скорости и/или локально способствуют образованию эффективной дисперсии твёрдых веществ.

Хотя настоящее изобретение представлено без циркуляции дымовых газов, однако в различных вариантах настоящего изобретения можно связать меры согласно изобретению с (внутренней) циркуляцией дымовых газов.

Различные конфигурации, осуществления и варианты настоящего изобретения, например, согласно различным пунктам формулы изобретения, но не ограничиваясь только этим, могут комбинироваться друг с другом любым образом, при том условии, что такие комбинации не являются противоречивыми.

Настоящее изобретение подробнее раскрывается ниже со ссылкой на чертежи. При этом чертежи не ограничивают его толкование и выполнены не в масштабе. Кроме того, чертежи содержат не все признаки, которые присущи обычным установкам, а учитывают только важные для настоящего изобретения и его понимания признаки.

Описание чертежей.

На фигурах пунктирные линии (стрелки) обозначают перемещение газов, а сплошные линии (стрелки) - перемещение материала или веществ.

Фиг. 1 показывает схему способа, основывающегося на кислородно-топливной технологии, согласно которому выходящий из печи горячий газ вводится в устройство 2 предварительного нагрева, в которое также поступает материал из устройства 1 предварительного нагрева.

Фиг. 2 показывает схему способа, основывающегося на кислородно-топливной технологии, согласно которому, как и на фиг. 1, горячий отходящий воздух из печи вводится в устройство 2 предварительного нагрева. Однако в отличие от фиг. 1 между устройством 1 предварительного нагрева и устройством 2 предварительного нагрева происходит обмен материалами. В частности, там происходит пересечение материальных потоков аналогично PASEC-способу. Хотя, в принципе, отходящие газы из печи можно с таким же успехом направить в устройство 1 предварительного нагрева, однако подача в устройство 2 предварительного нагрева имеет то преимущество, что материал может подсушиваться в нём, т.е. меньше энергии будет затрачиваться на конденсацию воды при обработке CO₂.

Фиг. 3 показывает схему способа, основывающегося на кислородно-топливной технологии, согласно которому горячие отходящие газы из печи для сжигания поступают в устройство 3 предварительного нагрева, а затем дополнительно в устройство 2 предварительного нагрева, проходя через карбонизатор. Благодаря этому в правой нитке достигается частичное обеднение по CO₂. Кроме того, в правой нитке в зоне карбонизатора размещён охладитель.

Фиг. 4 показывает схему способа, основывающегося на кислородно-топливной технологии, который осуществляется подобно способу на фиг. 3, но отличается от него отсутствием охладителя в зоне карбонизатора.

Фиг. 5 показывает устройство, с помощью которого во вращающуюся печь подаётся кислородсодержащий газ; это устройство может комбинироваться с настоящим изобретением. При этом фиг. 5 иллюстративно показывает холодильник (клинкерный холодильник) К, который разделён на пять различных зон K1-K5 охлаждения. При этом через различные воздухоудные устройства G соответственно подаётся газ. Через воздухоудные устройства G, сопряжённые с зонами K3-K5, поступает охлаждающий воздух для клинкера, но не воздух для сжигания в печь. Через сопряжённое с зоной K1 воздухоудное устройство поступает кислородсодержащий газ А, который направляется в печь в качестве воздуха для сжигания. Через сопряжённое с зоной K2 воздухоудное устройство подаётся защитный газ В. Этот защитный газ может, например, на 85 об.% или более состоять из диоксида углерода, причём остальное составляет инертный газ, либо, например, на 85 об.% или более из кислорода, причём остальное - инертный газ. При этом под инертным газом предпочтительно имеются в виду такие компоненты, как водяной пар, аргон и др. В обоих случаях газ В служит в качестве защитного газа для герметизации кислородной зоны от воздушной зоны холодильника. Кроме того, на фиг. 1 представлен CO₂-делитель Та, который функционирует в результате подачи защитного газа или выполнен в виде механического делителя газа.

Список условных обозначений.

К - холодильник (клинкерный холодильник);

Та - устройство деления газа с защитным газом (CO₂ делитель (защитный газ)) или механическое устройство деления газа или механическое устройство деления газа в комбинации с защитным газом (CO₂ делитель (механический или комбинация механического с защитным газом));

G - воздухоудное устройство;

K1 - зона 1 охлаждения (первая зона охлаждения);

K2 - зона 2 охлаждения (вторая зона охлаждения);

K3 - зона 3 охлаждения (третья зона охлаждения);

K4 - зона 4 охлаждения (четвёртая зона охлаждения);

К5 - зона 5 охлаждения (пятая зона охлаждения);
 А - кислородсодержащий газ;
 В - защитный газ;
 hV - горячий воздух сжигания;
 А1 - отходящий воздух;
 1 - дымовая труба/атмосфера (остаточный газ);
 2 - транспортировка/хранение/дальнейшее использование CO₂;
 3 - отделение и компрессия CO₂;
 4 - обработка отходящих газов (из устройства предварительного нагрева);
 5 - обработка отходящих газов (из холодильника);
 6 - использование отработанного тепла/преобразование в электроэнергию;
 7 - устройство 1 предварительного нагрева (предварительный нагрев материала);
 8 - устройство 2 предварительного нагрева (предварительный нагрев материала);
 9 - устройство 3 предварительного нагрева (предварительный нагрев материала);
 10 - карбонизатор (с охлаждением);
 11 - карбонизатор (без охлаждения);
 12 - кислородно-топливный кальцинатор (кальцинирование материала);
 13 - хранилище топлива (для кальцинатора);
 14 - хранилище топлива (для печи);
 15 - кислородсодержащий газ/кислород;
 16 - силос для сырьевой муки;
 17 - силос для клинкера;
 18 - использование тепла/обработка отходящего газа (из устройства 2 предварительного нагрева);
 19 - печь (вращающаяся трубчатая печь);
 20 - холодильник (клинкерный холодильник);
 21 - использование отработанного тепла/обработка отходящего газа (из устройства 1 предварительного нагрева или устройства 1 предварительного нагрева и предварительного нагрева кислородсодержащего газа/кислорода);
 22 - предварительный нагрев кислородсодержащего газа/кислорода;
 23 - использование отработанного тепла/обработка отходящего газа (из холодильника (клинкерного холодильника)).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии, на которых:
 а) осуществляют предварительный нагрев исходного материала до температуры кальцинирования,
 б) осуществляют кальцинирование предварительно нагретого исходного материала в кальцинаторе (12),
 в) осуществляют обжиг кальцинированного исходного материала во вращающейся печи (19) для получения цементного клинкера,
 г) осуществляют охлаждение цементного клинкера,
 д) осуществляют подачу кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, в
 е) кальцинатор (12),
 отличающийся тем, что
 на кальцинирование не подают газы из вращающейся печи (19),
 для предварительного нагрева используют нитки циклонных устройств (7, 8, 9) предварительного нагрева, отдельные циклоны которых последовательно соединены друг с другом в форме каскада, причем используют по меньшей мере первую нитку устройств предварительного нагрева и вторую нитку устройств предварительного нагрева, в каждую из которых параллельно друг другу подают исходный материал и из обеих из которых предварительно нагретый исходный материал подают в кальцинатор,
 между отдельными нитками циклонных устройств (7, 8, 9) предварительного нагрева возможно перемещение материала, причем перемещение материала является возможным между указанной первой ниткой устройств предварительного нагрева и указанной второй ниткой устройств предварительного нагрева, причем материал перемещается только в направлении второй нитки устройств предварительного нагрева,
 отходящий газ из кальцинатора подают в первую нитку устройств предварительного нагрева, а отходящий газ из вращающейся печи подают во вторую нитку устройств предварительного нагрева,
 не осуществляют рециркуляции отходящих газов устройств предварительного нагрева, и
 причем на стадии а) задают соотношение поданного твердого материала к отходящему газу, составляющее от более 1,3 до 1,9 кг твердого материала на 1 кг газа, причем отходящие газы из указанной первой нитки устройств предварительного нагрева направляют на отделение CO₂ и компримирование CO₂,

при этом остаточные газы направляют в дымовую трубу и выпускают в атмосферу, а отделенный CO_2 направляют на хранение CO_2 или на транспортировку CO_2 , либо на дальнейшее применение, а отходящие газы указанной второй нитки устройств предварительного нагрева направляют на обработку отходящих газов.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что стадия (е) дополнительно включает ii) подачу указанного кислородсодержащего газа во вращающуюся печь (19).

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что используют двухходовые нитки циклонных устройств (7, 8, 9) предварительного нагрева с числом ступеней от двух до шести, предпочтительно с пятью ступенями.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что предварительный нагрев производят с вовлечением по меньшей мере одного карбонизатора (10, 11).

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что в оснащённое карбонизатором (10, 11) устройство предварительного нагрева второй нитки устройств предварительного нагрева подают отходящие газы, поступающие из вращающейся печи (19), причём указанные отходящие газы содержат малую долю CO_2 - менее 35% в сухом стандартном состоянии.

6. Способ по п.4 или 5, отличающийся тем, что температуру карбонизации задают посредством карбонизатора (10, 11) с охладителем.

7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что на стадии b) задают соотношение поданного твёрдого материала к отходящему газу, составляющее более 1,0 кг, предпочтительно более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что в кальцинатор (12), который предпочтительно является кальцинатором, работающим по принципу взвешенного потока и оснащённым невертикальной секцией, загружают крупнукосовое топливо с длиной крошки 70 мм или более, предпочтительно 100 мм или более, так что оно омывается горячими газами в кальцинаторе (12).

9. Способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что указанный газ содержит:

i) 75 об.% или более кислорода, предпочтительно 85 об.% или более, 90 об.% или более, 95 об.% или более, 98 об.% или более, либо 99 об.% или более, или

ii) 10 об.% или менее азота, предпочтительно 8 об.% или менее, 6 об.% или менее, 4 об.% или менее, либо содержание азота ниже предела обнаружения, или

iii) 75 об.% или более кислорода, предпочтительно 85 об.% или более, 90 об.% или более, 95 об.% или более, 98 об.% или более, либо 99 об.% или более, и 10 об.% или менее азота, предпочтительно 8 об.% или менее, 6 об.% или менее, 4 об.% или менее, либо содержание азота ниже предела обнаружения.

10. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что подаваемые в кальцинатор (12) количества кислородсодержащего газа и топлива регулируют в зависимости от температуры кальцинирования и температуры в устройстве предварительного нагрева.

11. Способ по любому из пп.1-10, отличающийся тем, что дополнительно осуществляют рециркуляцию отходящего газа кальцинатора.

12. Установка для производства цементного клинкера способом по п.1, содержащая устройство (7, 8, 9) предварительного нагрева, кальцинатор (12), сообщающийся по потоку твердого материала с устройством предварительного нагрева,

вращающуюся печь (19), сообщающуюся по потоку твердого материала с кальцинатором, и клинкерный холодильник (20), сообщающийся по потоку твердого материала с вращающейся печью,

причём установка содержит устройство для подачи газа в

i) кальцинатор (12),

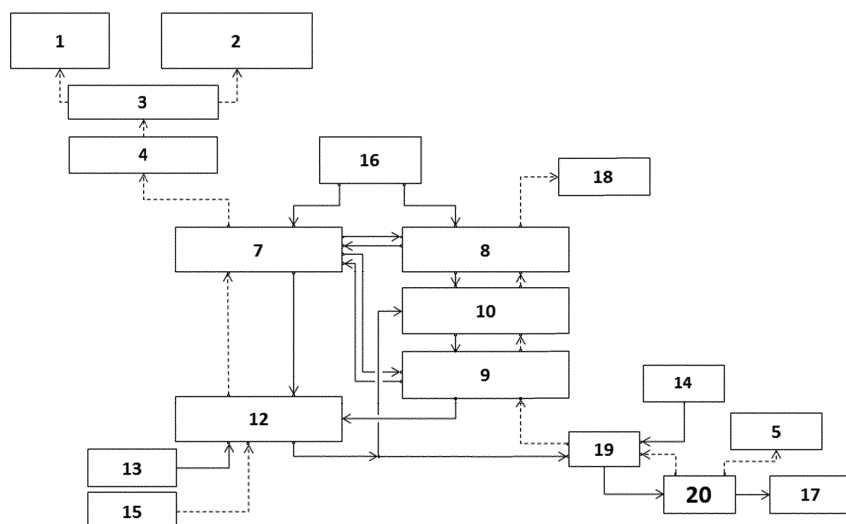
причём подаваемый газ содержит долю азота 15 об.% или менее и долю кислорода 50 об.% или более,

отличающаяся тем, что

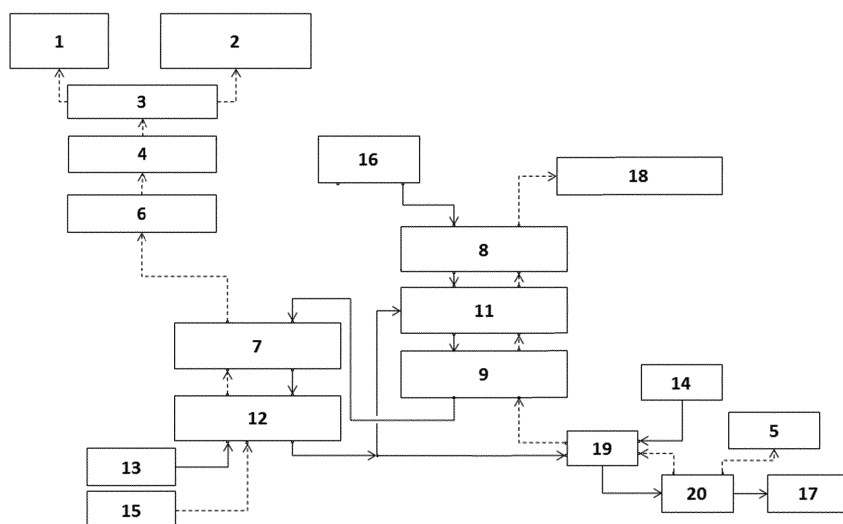
в кальцинатор (12) не подается воздух из вращающейся печи (19),

в качестве устройств (7, 8, 9) предварительного нагрева используются нитки циклонных устройств предварительного нагрева, отдельные циклоны которых последовательно соединены друг с другом с образованием каскада, причем используются по меньшей мере первая нитка устройств предварительного нагрева и вторая нитка устройств предварительного нагрева, каждая из которых выполнена с возможностью подачи в нее исходного материала и обе из которых выполнены с возможностью подачи предварительно нагретого исходного материала в кальцинатор,

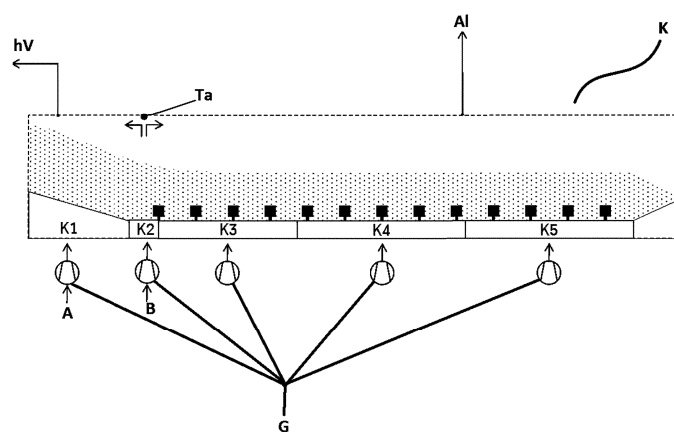
между отдельными нитками циклонных устройств (7, 8, 9) предварительного нагрева возможно перемещение материала, причем перемещение материала является возможным между указанной первой ниткой устройств предварительного нагрева и указанной второй ниткой устройств предварительного нагрева, причем перемещение материала возможно только в направлении второй нитки устройств предварительного нагрева,



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

