

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043128**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.04.26**

(21) Номер заявки  
**202292693**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.04.30**

(51) Int. Cl. **F27B 7/36** (2006.01)  
**C04B 7/47** (2006.01)  
**F27B 7/38** (2006.01)  
**F27B 7/42** (2006.01)

---

(54) **УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА И СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА  
ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА**

---

(31) **10 2020 205 672.2; BE 2020/5300**

(32) **2020.05.05**

(33) **DE; BE**

(43) **2022.11.16**

(86) **PCT/EP2021/061409**

(87) **WO 2021/224129 2021.11.11**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ТИССЕНКРУПП ИНДАСТРИАЛ  
СОЛЮШНЗ АГ (DE)**

(72) Изобретатель:  
**Динкова Анна Ивановна, Лемке Йост,  
Лампе Карл, Вилльмс Айке (DE)**

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

(56) DE-A1-102018206673  
US-A1-2019093950  
DE-B3-102015004577  
DE-T2-60300939

---

(57) Изобретение относится к установке (10) для производства цемента, содержащей подогреватель (12) для подогрева сырьевой смеси, кальцинатор (14) для кальцинирования подогретой сырьевой смеси, печь (16) с горелкой (28) для обжига сырьевой смеси для получения цементного клинкера, причем печь (16) имеет вход для ввода газа для горения в печь (16) с содержанием кислорода от 30 до 75%, и охладитель (18) для охлаждения цементного клинкера, причем кальцинатор (14) и печь (16) имеют соответственно вход (24) для ввода топлива в кальцинатор (14) и в печь (16), причем кальцинатор (14) и печь (16) имеют соответственно вход (64, 68) для ввода инертного газа соответственно в кальцинатор (14) и в печь (16).

---

**B1**

**043128**

**043128  
B1**

Изобретение относится к установке для производства цемента и к способу производства цементного клинкера, в котором в по меньшей мере в один процесс сжигания вводится инертный газ.

Из уровня техники известна подача кислородсодержащего газа для горения углеродсодержащего топлива во вращающуюся печь или кальцинатор установки для производства цемента. Чтобы уменьшить количество отходящего газа и чтобы можно было отказаться от сложных способов очистки, например, из документа DE 102018206673 A1 известно использование максимально богатого кислородом газа для горения, так что содержание  $\text{CO}_2$  в отходящем газе является высоким. В данном документе раскрыта подача богатого кислородом газа во впускную зону охладителя для подогрева газа и охлаждения клинкера.

При использовании обогащенных кислородом газов для горения, имеющих высокое содержание кислорода по меньшей мере от 30 до 100%, в кальцинаторе и печи могут возникнуть очень высокие температуры. Если эти высокие температуры возникают в течение длительного периода времени или постоянно рядом со стенками кальцинатора, то это может привести к разрушению внутренней стенки кальцинатора. При возникновении горячих зон в комбинации с подаваемой горячей смесью следует ожидать также жидких фаз кальцинируемой горячей смеси.

Задачей изобретения является создание установки и способа производства цемента, которые обеспечивали бы надежный режим работы печной линии и одновременное получение отходящего газа с высоким содержанием  $\text{CO}_2$ . Дополнительная задача заключается в том, чтобы загружать подогретую сырьевую смесь в кальцинатор равномерно распределенной и приводить во взаимодействие с горячими газами, возникающими вследствие горения в кальцинаторе. Предпочтительная задача изобретения заключается в том, чтобы реализовать горение в кальцинаторе за счет целенаправленной подачи топлива, кислородсодержащих газов и горячей сырьевой смеси поэтапно и чтобы обеспечить полное превращение загруженного топлива, полную кальцинацию загруженных частиц сырьевой смеси и транспортировку частиц твердых веществ вдоль стояка кальцинатора без возникновения перегревов в стояке и агломераций частиц твердых веществ вдоль стояка.

Эта задача решена согласно изобретению посредством установки для производства цемента с признаками независимого п. 1 и посредством способа с признаками независимого п.12. Предпочтительные варианты осуществления изобретения охарактеризованы в зависимых пунктах формулы.

Согласно изобретению установка для производства цемента содержит подогреватель для подогрева сырьевой смеси, кальцинатор для кальцинирования подогретой сырьевой смеси, печь с горелкой, такой как труба горелки, для обжига кальцинированной горячей смеси для получения цементного клинкера, причем печь имеет вход для ввода газа для горения в печь с содержанием кислорода от 30 до 100%, и охладитель для охлаждения цементного клинкера, при этом кальцинатор и печь имеют соответственно по меньшей мере один вход для ввода топлива в кальцинатор и в печь.

Подогреватель установки имеет несколько циклонных ступеней по меньшей мере с одним циклоном каждая для отделения твердых веществ от газового потока.

Изобретение позволяет эксплуатировать подогреватель с заметно меньшим количеством газа по сравнению с установкой, использующей воздух в качестве газа для горения. Объемный расход отходящего газа из подогревателя составляет, например, от 0,50-до 0,90  $\text{Nm}^3/\text{кг}$  клинкера. В соответствии с этим отношение загружаемого количества сырьевой смеси к отходящему газу может быть выше, чем в установках, эксплуатируемых с воздухом, и составляет, например, до 3  $\text{кг}/\text{кг}$  твердого вещества к газу, предпочтительно от 1,3 до 1,9  $\text{кг}/\text{кг}$  твердого вещества к газу. В подогревателе загруженная на самой верхней, первой циклонной ступени сырьевая смесь подогревается в противотоке отходящим газам печи и проходит при этом последовательно циклонные ступени.

Между последней и предпоследней циклонными ступенями расположен кальцинатор, содержащий стояк, в котором сырьевая смесь нагревается посредством горения в кальцинаторе, которое может включать в себя одно или несколько мест горения. Кальцинатор, предпочтительно, содержит устройство загрузки топлива, имеющее вход для топлива и вход для инертного газа. Устройство загрузки топлива выполнено, например, трубчатым или в виде радиального выступа на стояке кальцинатора. Предпочтительно устройство загрузки топлива входит в стояк кальцинатора, так что топливо и/или инертный газ через устройство загрузки топлива загружаются в стояк кальцинатора. Устройство загрузки топлива представляет собой пространство для термической обработки, которое служит для нагрева и регулируемой подачи топлива в стояк.

Предпочтительно, соотношение твердое вещество/газ в кальцинаторе заметно выше по сравнению с традиционными установками с воздухом в качестве окислителя.

Например, локально возникают концентрации твердого вещества более 2  $\text{кг}$  на  $\text{кг}$  газа, например от 2 до 8  $\text{кг}$  на  $\text{кг}$  газа. В кальцинаторе реализуется предпочтительно большая часть, более 60%, например около 80%, теплоты сгорания. За счет загруженной сырьевой смеси на нижнем конце кальцинатора, несмотря на начальную концентрацию кислорода от 40 до 80%, инициирующую интенсивное горение, возникает достаточный теплоотвод, предотвращающий перегрев. В случае, если должен сжигаться крупно-

кусовой топливозаменитель, например с длиной кромок > 100 мм, следует предусмотреть, предпочтительно, наклонный участок с большей длительностью нахождения топлива. Примерами таких наклонных участков являются лестничные ступени, переталкивающие решетки, обратно-переталкивающие решетки или другие механические или пневматические устройства. Эти устройства действуют, например, в качестве камер сгорания, предкамер или служат лишь для сушки и подогрева или частичной газификации загруженных топлив. Топлива могут быть любого рода в отношении своего гранулометрического состава или своей теплотворной способности.

Например, реакция кальцинации протекает при парциальных давлениях  $\text{CO}_2$  в диапазоне от 10 до 60% в начале кальцинации и до 98% в конце кальцинации. Соответственно, реакция кальцинации предпочтительно протекает при более высоких температурах от 700 до 1100°C, предпочтительно от 900 до 1000°C, чем в обычной установке.

Подогретая в подогревателе и кальцинированная в кальцинаторе сырьевая смесь подается затем в печь. Печь предпочтительно представляет собой вращающуюся печь с вращающейся вокруг своей продольной оси трубой, которая, предпочтительно, слегка наклонена в направлении транспортировки обжигаемого материала, так что последний движется в направлении транспортировки за счет вращения вращающейся трубы и силы тяжести. Печь предпочтительно имеет на одном своем конце вход для материала, предназначенный для ввода через него подогретой кальцинированной сырьевой смеси, а на своем конце, противоположном входу для материала, выход для материала, предназначенный для вывода через него обожженного клинкера в охладитель. На конце печи со стороны выхода для материала предпочтительно расположена головка печи, которая содержит горелку для обжига материала и предпочтительно имеется по меньшей мере один вход для топлива, предназначенный ввода через него топлива в печь, предпочтительно через горелку печи и/или через топливную трубу. Печь предпочтительно имеет зону спекания, в которой материал, по меньшей мере, частично расплавляется и имеет, в частности, температуру 1500-1900°C, предпочтительно 1450-1750°C. Зона спекания включает в себя, например, головку печи, предпочтительно заднюю треть печи в направлении подачи материала.

Газ для горения подается непосредственно в головку печи, например, полностью или частично, причем головка печи имеет, например, вход для газа для горения. Предпочтительно газ для горения вводится в печь через ее вход для материала полностью или частично. Подаваемый в печь газ для горения имеет содержание кислорода, например, более 30-75%, предпочтительно более 95%. Газ для горения состоит, например, полностью из чистого кислорода, причем в этом случае содержание кислорода в газе для горения составляет 100%. Горелка печи представляет собой, например, трубу горелки. К выходу для материала печи, предпочтительно, примыкает охладитель для охлаждения цементного клинкера.

Охладитель содержит транспортирующее устройство для транспортировки сыпучего материала в направлении транспортировки через камеру для охлаждающего газа. Последняя имеет первую секцию с первым потоком охлаждающего газа и примыкающую к ней в направлении транспортировки сыпучего материала вторую секцию со вторым потоком охлаждающего газа. Вверху камера для охлаждающего газа предпочтительно ограничена перекрытием, а внизу подвижной и/или неподвижной решеткой, предпочтительно лежащим на ней сыпучим материалом. Камера для охлаждающего газа представляет собой, в частности, всю камеру охладителя над сыпучим материалом, через которую течет охлаждающий газ. Поток охлаждающего газа течет через подвижную и/или неподвижную решетку, в частности через транспортирующее устройство и сыпучий материал, в камеру для охлаждающего газа. Ее первая секция расположена предпочтительно в направлении течения охлаждаемого сыпучего материала непосредственно за входом охладителя, в частности выходом для материала печи. Предпочтительно клинкер падает из печи в первую секцию камеры для охлаждающего газа.

Первая секция камеры для охлаждающего газа содержит предпочтительно неподвижную и/или подвижную решетку, расположенную под выходом для материала печи, так что выходящий из печи клинкер падает на неподвижную решетку, что обусловлено действием силы тяжести. В первую секцию камеры для охлаждающего газа течет предпочтительно только первый поток охлаждающего газа, ускоряемый, например, посредством вентилятора, или котла под давлением, или другого соответствующего устройства. Вторая секция камеры для охлаждающего газа примыкает в направлении транспортировки сыпучего материала к первой секции и газонепроницаемо отделена от первой секции разделительным устройством. Во вторую секцию течет предпочтительно только второй поток охлаждающего газа, ускоряемый, например, посредством по меньшей мере одного вентилятора.

Вторая секция камеры для охлаждающего газа содержит предпочтительно подвижную решетку для транспортировки сыпучего материала через камеру для охлаждающего газа. Поток, протекающий через первую секцию камеры для охлаждающего газа, представляет собой, например, поток чистого кислорода или газа с содержанием азота менее 35 об.%, в частности менее 21 об.%, предпочтительно 15 об.% или менее, и/или содержанием кислорода более 20,5%, в частности более 30-75%, предпочтительно более 95%. Первая секция камеры для охлаждающего газа примыкает, предпочтительно, непосредственно к выходу для материала печи, предпочтительно к головке печи, так что охлаждающий газ нагревается в охладителе, а затем течет во вращающуюся печь и используется в качестве газа для горения. Второй поток охлаждающего газа представляет собой, например, поток воздуха.

Охладитель содержит предпочтительно разделительное устройство для газонепроницаемого отделения друг от друга секций камеры для охлаждающего газа.

Инертный газ представляет собой, например,  $\text{CO}_2$  или водяной пар. Подача инертного газа в кальцинатор и/или печь дает преимущество задержки, в частности замедления, сжигания, что предотвращает повреждение печи и/или кальцинатора.

Согласно первому варианту осуществления изобретения вход для топлива и вход для инертного газа расположены отдельно друг от друга и образуют соответственно вход в печь и/или в кальцинатор. Например, вход для инертного газа выполнен в виде кольцеобразного входа вокруг входа для топлива. Линия для подачи топлива и инертного газа выполнена, например, в виде сдвоенной трубы, предпочтительно в виде концентрических труб разных диаметров. Предпочтительно инертный газ подается непосредственно вблизи входа для топлива или устройства для загрузки топлива. Это обеспечивает экономную подачу дорогого инертного газа.

Согласно другому варианту осуществления изобретения вход для топлива и вход для инертного газа образуют вместе один вход. Топливо и инертный газ подаются соответственно в кальцинатор или в печь предпочтительно по одной общей линии. Это конструктивно менее сложно и, тем самым, рентабельнее.

Согласно другому варианту осуществления изобретения кальцинатор и/или печь имеет соответственно несколько входов для инертного газа, в частности для ввода разных инертных газов. Также возможно, чтобы кальцинатор содержал несколько устройств для загрузки топлива, в частности два или три, каждому из которых соответствует один вход для инертного газа. Устройства для загрузки топлива расположены, предпочтительно, на расстоянии друг от друга по длине и/или ширине стояка. Например, устройства для загрузки топлива расположены с угловым смещением по отношению друг к другу под углом  $0^\circ$ , предпочтительно  $60-270^\circ$ , по поперечному сечению стояка кальцинатора. При этом разные виды устройств для загрузки топлива могут быть скомбинированы между собой и также расположены иначе.

Согласно еще одному варианту осуществления изобретения кальцинатор имеет по меньшей мере один вход для ввода сырьевой смеси в кальцинатор, который расположен в направлении течения газа внутри кальцинатора выше по потоку относительно входа для топлива и входа для инертного газа. Например, вход для сырьевой смеси расположен между двумя устройствами для загрузки топлива или входами для топлива кальцинатора. Предпочтительно по меньшей мере один выпуск для сырьевой смеси расположен в направлении течения перед топливным впуском. За счет этого предотвращен перегрев сырьевой смеси. Созданная местом горения в кальцинаторе зона сжигания может отдавать тепло непосредственно частицам сырьевой смеси. Инертный газ предпочтительно дополнительно служит в качестве поглотителя тепла и к тому же предотвращает спонтанное воспламенение загруженного топлива непосредственно на устье горелки или трубы горелки, или на входе устройства для загрузки топлива.

Согласно другому варианту осуществления изобретения кальцинатор имеет по меньшей мере один вход для ввода сырьевой смеси в кальцинатор, предпочтительно два или более таких входов, причем по меньшей мере один из входов для ввода сырьевой смеси и предпочтительно по меньшей мере один вход для топлива расположены в направлении течения газа внутри стояка кальцинатора выше по потоку относительно входа для топлива, в частности выше по потоку относительно устройства для загрузки топлива. Предпочтительно по меньшей мере один или все входы для сырьевой смеси расположены выше по потоку относительно одного или всех входов для топлива. Например, вход для сырьевой смеси расположен в кальцинаторе на расстоянии от устройства для загрузки топлива.

Согласно другому варианту осуществления изобретения установка содержит устройство управления, которое соединено с устройством для измерения температуры внутри кальцинатора и выполнено таким образом, что оно управляет/регулирует количеством/количество сырьевой смеси, инертного газа и/или топлива в кальцинаторе в зависимости от температуры, измеренной устройством для ее измерения. Устройство для измерения температуры соединено с устройством управления, предпочтительно, таким образом, что оно передает измеренную температуру на устройство управления. Устройство для измерения температуры расположено, например, ниже по потоку относительно одного из устройств для загрузки топлива. Кальцинатор содержит, например, несколько устройств для измерения температуры, каждое из которых соединено с устройством управления для передачи измеренной температуры. Например, к каждому устройству для загрузки топлива подключено устройство для измерения температуры. Также возможно, чтобы несколько устройств для измерения температуры были расположены внутри стояка кальцинатора, предпочтительно равномерно распределенными.

Например, в зависимости от температуры происходит управление количеством топлива в отдельных устройствах для загрузки топлива. За счет этого настраивается равномерное и регулируемое сжигание внутри кальцинатора с гомогенизированным распределением температуры, и предотвращаются пики температур, которые могут повредить кальцинатор или привести к расплавлению материала.

Устройство управления выполнено, например, таким образом, что оно сравнивает измеренную температуру с заранее определенным заданным значением и при отклонении измеренной температуры от заданного значения управляет/регулирует количеством/количество топлива, инертного газа и/или сырьевой смеси в кальцинаторе. Если измеренная температура превышает, например, заранее определенное

заданное значение, то устройство управления выполнено таким образом, что оно уменьшает количество топлива и увеличивает количество сырьевой смеси и/или инертного газа. Если измеренная температура не достигает, например, заранее определенного заданного значения, то устройство управления выполнено таким образом, что оно увеличивает количество топлива и уменьшает количество сырьевой смеси и/или инертного газа.

Согласно другому варианту осуществления изобретения внутри кальцинатора имеется по меньшей мере одно сужение его поперечного сечения. Например, кальцинатор имеет несколько сужений поперечного сечения стояка. За счет этого течение внутри стояка ускоряется, а затем замедляется, в результате чего образуются, предпочтительно, области спокойного течения.

Согласно другому варианту осуществления изобретения внутри кальцинатора расположен по меньшей мере один направляющий элемент для направления течения газа. Этим достигается, предпочтительно, лучшее перемешивание газа с сырьевой смесью. Для ведения процесса с высоким содержанием кислорода и низким содержанием азота указанная функция имеет особое значение в том смысле, что за счет уменьшенного количества газа в кальцинаторе вследствие отсутствия содержания азота после загрузки материала устанавливается более высокая нагрузка, чем в установках, эксплуатируемых с воздухом в качестве окислителя. Поэтому для несущей способности частиц, предпочтительно, если материал равномерно распределяется по сечению стояка кальцинатора. Предотвращается осаждение смеси в более глубокую, лежащую ниже по потоку зону стояка кальцинатора. Направляющий элемент выполнен, например, пластинчатым, коробчатым, коническим и/или пирамидальным. Предпочтительно внутри стояка расположены несколько направляющих элементов, которые отстоят друг от друга, например, на равное расстояние. Направляющие элементы выполнены, например, из керамики или керамического волокнистого композита. Направляющие элементы расположены, в частности, внутри стояка и/или в устройстве для загрузки топлива. Предпочтительно один направляющий элемент расположен на входе устройства для загрузки топлива в стояк, так он направляет ввод топлива в стояк. Предпочтительно направляющий элемент проходит от устройства для загрузки топлива внутрь стояка. Направляющий элемент выполнен и расположен, например, таким образом, что он направляет топливо под углом к внутренней стенке стояка. Например, направляющий элемент образует диффузор с сечением, расширяющимся относительно устройства для загрузки топлива.

Согласно другому варианту осуществления изобретения кальцинатор содержит несколько устройств для загрузки топлива, каждое из которых имеет вход для топлива и вход для инертного газа, причем каждому устройству для загрузки топлива соответствует один направляющий элемент. Каждое устройство для загрузки топлива расположено, например, на одном уровне с направляющим элементом или непосредственно выше или ниже по потоку относительно направляющего элемента. Это обеспечивает оптимальное распределение сырьевой смеси и инертного газа внутри стояка, в частности в зоне устройства для загрузки топлива.

Согласно другому варианту осуществления изобретения между печью и кальцинатором или только в кальцинаторе расположена камера сгорания, имеющая вход для смеси, вход для топлива, например устройство для загрузки топлива, и вход для инертного газа. Камера сгорания имеет, например, круглое сечение или выполнена в виде циклона. Также возможно, чтобы камера сгорания была выполнена в виде реакционной камеры кальцинатора для одновременной кальцинирования, так что последовательно или параллельно включены два кальцинатора. Это обеспечивает регулирование оборота топлива и кальцинацию внутри кальцинатора или кальцинаторов.

Изобретение относится также к способу производства цементного клинкера, включающему следующие этапы:

- подогрев сырьевой смеси в подогревателе,
- кальцинацию подогретой сырьевой смеси в кальцинаторе,
- обжиг подогретой и кальцинированной сырьевой смеси в печи с горелкой для получения цементного клинкера, причем в печь подается газ для горения с содержанием кислорода от 30 до 100%, и
- охлаждение цементного клинкера в охладителе, при этом в печь и в кальцинатор подается топливо.

Как в печь, так и в кальцинатор подается инертный газ.

Описанные выше варианты и преимущества установки для производства цемента относятся также к способу производства цементного клинкера.

Согласно одному варианту осуществления изобретения инертный газ подается в кальцинатор и/или в печь вместе с топливом и/или сырьевой смесью или отдельно. Например, в кальцинатор и/или в печь подаются по меньшей мере два разных инертных газа.

Согласно другому варианту осуществления изобретения сырьевая смесь вводится в кальцинатор в направлении течения газа внутри него перед топливом и инертным газом. Например, по меньшей мере часть сырьевой смеси и топливо вводятся в кальцинатор в направлении течения газа внутри кальцинатора перед устройством для загрузки топлива. При вводе в кальцинатор сырьевая смесь имеет температуру, предпочтительно 700-900°C.

Согласно другому варианту осуществления изобретения определяется температура внутри кальцинатора, и в зависимости от температуры управляется/регулируется количество сырьевой смеси, инертно-

го газа и/или топлива, подаваемых в кальцинатор.

Согласно другому варианту осуществления изобретения внутри кальцинатора посредством по меньшей мере одного направляющего элемента или по меньшей мере одного сужения поперечного сечения кальцинатора образуется область спокойного течения.

#### **Краткое описание чертежей**

Изобретение более подробно поясняется ниже на нескольких примерах его осуществления со ссылкой на прилагаемые чертежи.

На фиг. 1 схематично показана установка для производства цемента с кальцинатором и печью в соответствии с одним примером осуществления изобретения;

на фиг. 2 - кальцинатор с входом для инертного газа в соответствии с другим примером осуществления изобретения;

на фиг. 3 - кальцинатор с входом для инертного газа в соответствии с другим примером осуществления изобретения;

на фиг. 4 - кальцинатор с направляющим элементом в соответствии с двумя другими примерами осуществления изобретения.

На фиг. 1 изображена установка 10 для производства цемента с имеющим одну ветвь подогревателем 12 для подогрева сырьевой смеси, кальцинатором 14 для кальцинирования сырьевой смеси, печью 16, в частности вращающейся печью, для обжига сырьевой смеси для получения клинкера и охладителем 18 для охлаждения клинкера, обожженного в печи 16.

Подогреватель 12 содержит несколько циклонов 20 для выделения сырьевой смеси из газового потока сырьевой смеси. Например, подогреватель 12 содержит пять циклонов 20, расположенных друг под другом в четыре циклонные ступени. Подогреватель 12 имеет вход для материала (не показан), предназначенный для ввода через него сырьевой смеси в самую верхнюю циклонную ступень подогревателя 12, содержащую два циклона 20. Сырьевая смесь проходит последовательно через циклоны 20 циклонных ступеней в противотоке отходящему газу печи и/или кальцинатора и за счет этого нагревается. Между последней и предпоследней циклонными ступенями расположен кальцинатор 14. Он содержит стояк по меньшей мере с одним местом горения для нагрева сырьевой смеси, в результате чего в кальцинаторе 14 происходит кальцинирование сырьевой смеси. Кроме того, кальцинатор 14 имеет вход для топлива, предназначенный для ввода через него топлива, и вход для инертного газа, предназначенный для ввода через него инертного газа в стояк. Кальцинатор 14 имеет также вход 26, предназначенный для ввода через него кислородсодержащего газа для горения в стояк кальцинатора 14. Газ для горения представляет собой, в частности, отходящий газ печи, обогащенный кислородом. Между печью 16 и кальцинатором 14 содержание кислорода в газе для горения составляет максимум 85%. Отходящий газ кальцинатора подается в подогреватель 12, предпочтительно в предпоследнюю циклонную ступень, и покидает подогреватель 12 за самой верхней циклонной ступенью в виде отходящего газа 22 подогревателя.

В направлении течения сырьевой смеси ниже по потоку относительно подогревателя 12 подключена печь 16, так что подогретая в подогревателе 12 и кальцинированная в кальцинаторе 14 сырьевая смесь поступает в печь 16. Вход 25 для материала/выход 25 для газа печи 16 соединен непосредственно со стояком кальцинатора 14, так что отходящий газ печи течет в кальцинатор 14, а затем в подогреватель 12. Печь 16 представляет собой, например, вращающуюся печь с вращающейся трубой, которая способна вращаться вокруг своей продольной оси и слегка наклонена вниз. На своем конце со стороны выхода для материала печь 16 содержит внутри вращающейся трубы горелку 28 и соответствующий вход 30 для топлива. Выход для материала печи 16 расположен на конце вращающейся трубы, противоположном входу 25 для материала, так что сырьевая смесь за счет вращения вращающейся трубы транспортируется внутри нее в направлении горелки 28 и выхода для материала. Сырьевая смесь обжигается внутри печи 16 для получения цементного клинкера. Зона 32 спекания охватывает задний со стороны выхода для материала участок вращающейся трубы, предпочтительно заднюю треть в направлении течения материала.

К выходу для материала печи 16 примыкает охладитель 18, предназначенный для охлаждения клинкера. Охладитель 18 содержит камеру 34 для охлаждающего газа, в которой клинкер охлаждается потоком охлаждающего газа. Клинкер транспортируется через камеру 34 в направлении F транспортировки. Камера 34 содержит первую секцию 36 и вторую секцию 38, примыкающую в направлении F транспортировки к первой секции 36. Печь 16 соединена с охладителем 18 через свой выход для материала, так что обожженный в печи 16 клинкер падает в охладитель 18.

Первая секция 36 камеры 34 расположена под выходом для материала печи 16, так что клинкер падает из печи 16 в первую секцию 36. Она представляет собой входную зону охладителя 18 и, предпочтительно, содержит неподвижную решетку 40, на которую попадает выходящий из печи 16 клинкер. Неподвижная решетка 40 расположена, в частности, полностью в первой секции 36 охладителя 18. Предпочтительно, клинкер падает из печи 16 прямо на неподвижную решетку 40. Последняя проходит предпочтительно полностью под углом 10-35°, предпочтительно 14-33°, в частности 21-25°, к горизонтали, так что клинкер в направлении транспортировки скользит по неподвижной решетке 40.

К первой секции 36 охладителя 18 примыкает его вторая секция 38. В первой секции 36 охладителя 18 клинкер охлаждается, в частности, до температуры менее 1000°C, причем охлаждение происходит

таким образом, что имеющиеся в клинкере жидкие фазы полностью переходят в твердые фазы. Покидая первую секцию 36 охладителя 18, клинкер предпочтительно имеет полностью твердую фазу и температуру максимум 1000°C. Во второй секции 36 охладителя 18 клинкер продолжает охлаждаться предпочтительно до температуры менее 100°C. Предпочтительно второй поток охлаждающего газа может быть разделен на несколько отдельных газовых потоков разной температуры.

Неподвижная решетка 40 первой секции 36 имеет, например, проходы, через которые охлаждающий газ поступает в охладитель 18 и клинкер. Охлаждающий газ создается, например, посредством по меньшей мере одного вентилятора, воздухоудки или резервуара высокого давления, расположенных под неподвижной решеткой 40, так что снизу через нее в первую секцию 36 поступает первый поток 42 охлаждающего газа. Первый поток 42 охлаждающего газа представляет собой, например, поток чистого кислорода или газа с содержанием азота 15 об.% или менее и содержанием кислорода 30 об.% или более. Первый поток 42 охлаждающего газа течет через клинкер, а затем в печь 16. Первый поток 42 охлаждающего газа образует, например, частично или полностью газ для горения. Результатом высокого содержания кислорода в газе для горения является отходящий газ подогревателя, который состоит по существу из CO<sub>2</sub> и водяного пара, что позволяет отказаться от использования дорогостоящих осуществляемых ниже по потоку процессов очистки отходящего газа. Кроме того, достигается уменьшение количества технологического газа, так что установка может иметь значительно меньшие габариты.

Внутри охладителя 18 охлаждаемый клинкер движется в направлении F транспортировки. Вторая секция 38 предпочтительно содержит подвижную, в частности перемещающуюся, решетку 44, которая в направлении F транспортировки примыкает к неподвижной решетке 40. Под подвижной решеткой 44 расположены, например, несколько вентиляторов, посредством которых второй поток 46 охлаждающего газа продувается снизу через нее. Второй поток 46 охлаждающего газа представляет собой, например, поток воздуха.

Как показано на фиг. 1, к подвижной решетке 44 второй секции 38 примыкает измельчающее устройство 48. К измельчающему устройству 48 под ним примыкает вторая подвижная решетка 50. Покидая охладитель 18, холодный клинкер 52 имеет предпочтительно температуру 100°C или менее.

Из второй секции 38 отводится, например, отходящий воздух 54 охладителя, который направляется в отделитель 56, например циклон, для отделения твердых веществ. Последние, например, снова подаются в охладитель 18. К отделителю 56 подключен воздухо-воздушный теплообменник 58, так что воздух подогревается внутри теплообменника 58 и подается, например, в сырьевую мельницу.

На фиг. 2 изображен фрагмент установки 10, показанной на фиг. 1, причем не показанные зоны соответствуют зонам на фиг. 1, а одинаковые элементы обозначены теми же ссылочными позициями. На фиг. 2 кальцинатор 14 содержит, например, два устройства 60 для загрузки топлива. Также возможно, чтобы кальцинатор 14 содержал только одно устройство 60 для загрузки топлива или более двух таких устройств. Оба устройства 60 для загрузки топлива размещены на стойке 62 кальцинатора 14 на расстоянии друг от друга. Например, устройства 60 для загрузки топлива размещены на стойке 62 на разной высоте. Каждое устройство 60 для загрузки топлива имеет вход 24 для топлива и вход 64 для инертного газа, так что в устройстве 60 для загрузки топлива направляются топливо и инертный газ. Устройства 60 для загрузки топлива расположены с угловым смещением по отношению друг к другу, например, на 180°. Например, устройство для загрузки топлива содержит средство для транспортировки топлива, такое как шнек или желоб. Загрузка топлива или топлив может происходить пневматически, например, также за счет транспортировки с помощью инертного газа.

На фиг. 2 видно также, что горелка 28 печи имеет вход 30 для топлива и вход 68 для инертного газа, так что к горелке направляются топливо и инертный газ. Входы 24, 30 и 64, 68 выполнены, например, отдельно друг от друга или в виде одного общего входа в кальцинатор 14 или в печь 16. Инертный газ представляет собой, например, CO<sub>2</sub> или водяной пар. Инертный газ может служить как в качестве транспортирующего средства, так и для воздействия на воспламенение или контроль процесса горения.

Как показано на фиг. 2, вход 70 для сырьевой смеси кальцинатора 14 образован, например, выходом для твердого вещества предпоследней циклонной ступени. Вход 70 для сырьевой смеси расположен, например, между обоими горелками кальцинатора. В качестве альтернативы сырьевая смесь может загружаться предпочтительно под отдельной зоной горения внизу по потоку относительно входов 30 для топлива. Другая возможность загрузки сырьевой смеси и топлива заключается в том, что расположенная параллельно стойке кальцинатора камера сгорания служит для того, чтобы загружать одновременно топливо и смесь в бедную кислородом зону. Предпочтительно топливо загружается по центру в направленную вниз камеру сгорания. Вокруг места загрузки топлива на радиальной периферии или на периферии цилиндрической камеры сгорания загрузка сырьевой смеси происходит таким образом, что топливо окрывается завесой из смеси. Своим нижним концом камера сгорания примыкает к направленному вверх стойке кальцинатора. Окруженное смесью топливо вводится в богатый кислородом поток в кальцинаторе и воспламеняется там. Тепло поглощается непосредственно за счет реакции кальцинирования сырьевой смеси.

Кальцинатор 14 содержит, например, устройство 66 для измерения температуры внутри кальцинатора 14. Установка 10 включает в себя также устройство 72 управления, соединенное с устройством 66

для измерения температуры таким образом, что последнее передает измеренную температуру в устройство 72 управления. Оно соединено с входом 24 для топлива, входом 70 для сырьевой смеси и/или входом 64 для инертного газа и выполнено таким образом, что управляет/регулирует количеством/количество топлива, сырьевой смеси и/или инертного газа в кальцинаторе в зависимости от измеренной температуры.

На фиг. 3 изображен другой пример выполнения кальцинатора 14, показанного на фиг. 1 и 2, причем одинаковые элементы обозначены теми же ссылочными позициями. Стояк 62 кальцинатора 14 имеет несколько разных поперечных сечений. Устройства 60 для загрузки топлива размещены, например, без углового смещения на одной стороне стояка 62, но на разной высоте. В направлении течения газа на стояке 62, непосредственно выше по потоку и/или ниже по потоку относительно каждого устройства 60 для загрузки топлива, имеется вход 70 для сырьевой смеси. Каждый из входа 24 для топлива и входа 64 для инертного газа расположен на устройстве 60 для загрузки топлива, в частности на одной высоте с ним.

Сужения поперечного сечения обеспечивают сбалансированное перемешивание внутри стояка и вызывают, тем самым, равномерное горение и распределение температуры в продольном и поперечном направлениях стояка.

На фиг. 4 изображен фрагмент кальцинатора 14, причем одинаковые элементы обозначены теми же ссылочными позициями. Кальцинатор 14 содержит направляющий элемент 73, который слева на фиг. 4 размещен внутри стояка 62, а справа прикреплен к устройству 60 для загрузки топлива в виде жаровой трубы.

Слева направляющий элемент 73 расположен таким образом, что он вызывает сужение поперечного сечения стояка 62. Направляющий элемент 73 выполнен, в частности, пластинчатым, в виде камеры или коробчатым и размещен на внутренней стенке стояка 62, причем, например, на одной высоте с устройством 60 для загрузки топлива и напротив него.

Справа направляющий элемент 73 имеет, например, форму диффузора, причем сечение направляющего элемента 73 увеличивается в направлении течения топлива. Направляющий элемент 73 прикреплен к устройству 60 для загрузки топлива, в частности в месте его входа в стояк 62, обеспечивая, в частности, целенаправленный ввод топлива в него. Также возможно, чтобы направляющий элемент 73 был расположен заподлицо со стояком и не выступал в него, что обеспечивает равномерный ввод топлива в стояк 62.

Направляющий элемент 73 изготовлен, например, из высокожаропрочной керамики или волокнистого композита.

#### Перечень ссылочных позиций

- 10 - установка для производства цемента
- 12 - подогреватель
- 14 - кальцинатор
- 16 - печь
- 18 - охладитель
- 20 - циклон
- 22 - отходящий газ подогревателя
- 24 - вход для топлива кальцинатора
- 25 - вход для материала печи
- 26 - вход для газа для горения кальцинатора
- 28 - горелка или труба горелки печи
- 30 - вход для топлива печи
- 32 - зона спекания
- 34 - камера для охлаждающего газа
- 36 - первая секция камеры для охлаждающего газа
- 38 - вторая секция камеры для охлаждающего газа
- 40 - неподвижная решетка
- 42 - первый поток охлаждающего газа
- 44 - подвижная решетка
- 46 - второй поток охлаждающего газа
- 48 - измельчающее устройство
- 50 - подвижная решетка
- 52 - холодный клинкер
- 54 - отходящий воздух охладителя
- 56 - отделитель
- 58 - теплообменник
- 60 - устройство для загрузки топлива
- 62 - стояк кальцинатора
- 64 - вход для инертного газа
- 68 - вход для инертного газа печи

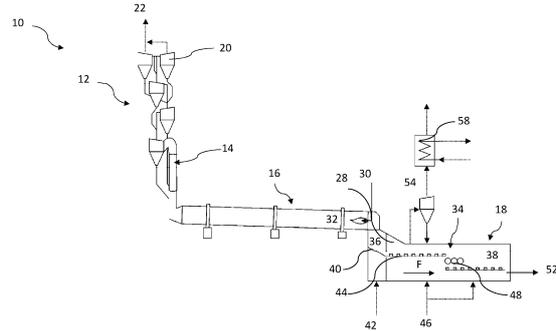
- 70 - вход для сырьевой смеси кальцинатора  
 72 - устройство управления  
 73 - направляющий элемент

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

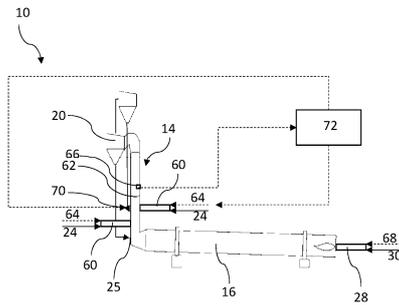
1. Установка (10) для производства цемента, содержащая подогреватель (12) для подогрева сырьевой смеси, кальцинатор (14) для кальцинирования подогретой сырьевой смеси, печь (16) с горелкой (28) для обжига сырьевой смеси для получения цементного клинкера, причем печь (16) имеет вход для ввода газа для горения в печь (16) с содержанием кислорода от 30 до 100%, и охладитель (18) для охлаждения цементного клинкера, при этом кальцинатор (14) и печь (16) имеют соответственно вход (24) для ввода топлива в кальцинатор (14) и в печь (16), отличающаяся тем, что кальцинатор (14) и печь (16) имеют соответственно вход (64, 68) для ввода инертного газа соответственно в кальцинатор (14) и в печь (16).
2. Установка (10) по п.1, в которой вход (30, 24) для топлива и вход (64, 68) для инертного газа расположены отдельно друг от друга, при этом каждый из них образует вход.
3. Установка (10) по п.1 или 2, в которой вход (30, 24) для топлива и вход (64, 68) для инертного газа вместе образуют вход.
4. Установка (10) по любому из пп.1-3, в которой кальцинатор (14) и/или печь (16) имеют соответственно несколько входов (64, 68) для инертного газа.
5. Установка (10) по любому из пп.1-4, в которой кальцинатор (14) имеет по меньшей мере один вход (70) для ввода сырьевой смеси в кальцинатор (14), причем в направлении течения газа внутри кальцинатора (14) указанный вход для сырьевой смеси расположен выше или ниже по потоку относительно входа (24) для топлива и входа (64) для инертного газа.
6. Установка (10) по любому из пп.1-5, в которой кальцинатор (14) имеет по меньшей мере два входа (70) для ввода сырьевой смеси в кальцинатор (14), причем по меньшей мере один из входов (70) для сырьевой смеси расположен выше по потоку относительно входа (24) для топлива в направлении течения газа внутри кальцинатора (14).
7. Установка (10) по любому из пп.1-6, которая содержит устройство (72) управления, соединенное с устройством (66) для измерения температуры внутри кальцинатора (14) и выполненное с возможностью управления/регулирования количеством/количества сырьевой смеси, инертного газа и/или топлива в кальцинаторе (14) в зависимости от температуры, измеренной устройством (66) для измерения температуры.
8. Установка (10) по любому из пп.1-7, в которой внутри кальцинатора (14) имеется по меньшей мере одно сужение его поперечного сечения.
9. Установка (10) по любому из пп.1-8, в которой внутри кальцинатора (14) расположен по меньшей мере один направляющий элемент для направления течения газа и/или топлива.
10. Установка (10) по п.9, в которой кальцинатор (14) содержит несколько устройств (60) для загрузки топлива, каждое из которых имеет вход (24) для топлива и вход (64) для инертного газа, причем к каждому устройству (60) для загрузки топлива прикреплен направляющий элемент.
11. Установка (10) по любому из пп.1-10, в которой между печью (16) и кальцинатором (14) расположена камера сгорания, причем указанная камера сгорания имеет вход для сырьевой смеси, вход для топлива и вход для инертного газа.
12. Способ производства цементного клинкера, включающий следующие этапы: подогрев сырьевой смеси в подогревателе (12), кальцинирование подогретой сырьевой смеси в кальцинаторе (14), обжиг подогретой и кальцинированной сырьевой смеси в печи (16) с горелкой (28) для получения цементного клинкера, причем в печь (16) подают газ для горения с содержанием кислорода от 30 до 100%, и охлаждение цементного клинкера в охладителе (18), при этом в печь (16) и в кальцинатор (14) подают топливо, отличающийся тем, что в печь (16) и в кальцинатор (14) подают инертный газ.
13. Способ по п.12, в котором инертный газ подают в кальцинатор (14) и/или в печь (16) вместе с топливом или отдельно от него.
14. Способ по любому из пп.12 или 13, в котором сырьевую смесь вводят в кальцинатор (14) в направлении течения газа внутри кальцинатора (14) перед топливом и инертным газом.
15. Способ по любому из пп.12-14, в котором измеряют температуру внутри кальцинатора и управляют/регулируют количеством/количество сырьевой смеси, инертного газа и/или топлива, подаваемых в

кальцинатор (14), в зависимости от измеренной температуры.

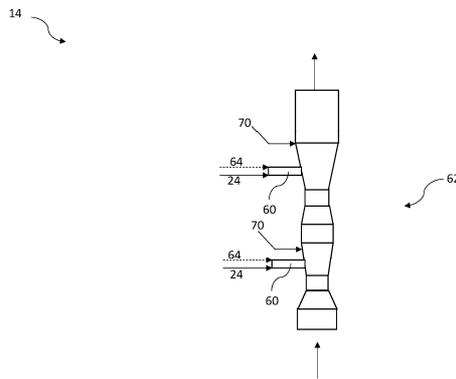
16. Способ по любому из пп.12-15, в котором внутри кальцинатора (14) посредством направляющего элемента или сужения поперечного сечения кальцинатора образуют область спокойного течения.



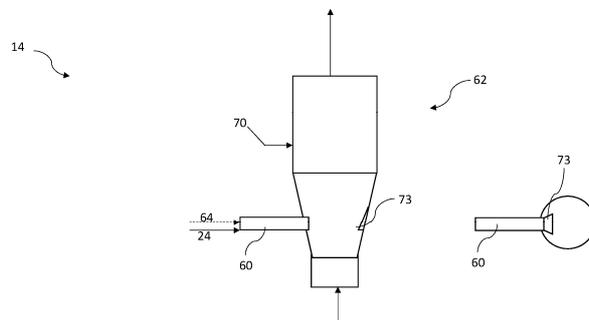
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4