

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202292532 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.10.24

(51) Int. Cl. C04B 7/44 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.04.06

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

(31) 2020/5227; 10 2020 204 520.8

(72) Изобретатель:

(32) 2020.04.08

Вилльмс Айке, Майер Оливер (DE)

(33) BE; DE

(74) Представитель:

(86) PCT/EP2021/058930

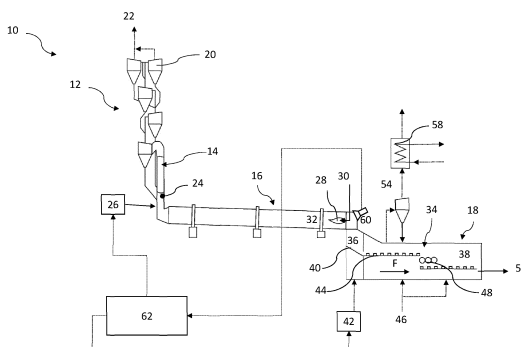
Фелицына С.Б. (RU)

(87) WO 2021/204797 2021.10.14

(71) Заявитель:

тиссенкрупп Индастриал Солюшнз
АГ (DE)

(57) Изобретение относится к способу изготовления цементного клинкера, включающему предварительный нагрев сырьевой смеси в устройстве (12) предварительного нагрева, кальцинирование предварительно нагретой сырьевой смеси в кальцинаторе (14), обжиг предварительно нагретой и кальцинированной сырьевой смеси в печи (16) для получения цементного клинкера, причем в печь (16) подают газ для горения с содержанием кислорода, при этом определяют температуру внутри печи (16), и охлаждение цементного клинкера в охлаждающем устройстве (18), причем подачу кислорода в печь (16) регулируют в зависимости от определенной температуры внутри печи (16), при этом определенную температуру сравнивают с заданным значением и при отклонении определенной температуры от заданного значения увеличивают или уменьшают подачу кислорода в печь (16) и/или в кальцинатор (14), причем заданное значение регулируют в зависимости от распределения частиц по размеру и/или от коэффициента насыщения известью.



A1

202292532

202292532

A1

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

Изобретение относится к способу изготовления цементного клинкера.

Из уровня техники известно о возможности подачи содержащего кислород газа для сжигания топлива во вращающейся печи или в кальцинаторе установки для изготовления цемента. Для уменьшения количества отходящего газа и для возможности отказа от дорогостоящих способов очистки, например, из DE 10 2018 206 673 A1 известно о возможности использования максимально обогащенного кислородом газа для горения, чтобы содержание CO_2 в отходящем газе было высоким. В документе DE 10 2018 206 673 A1 описана возможность подачи богатого кислородом газа во впускную зону охлаждающего устройства для предварительного нагрева газа и охлаждения клинкера.

Показателем состава и качества цементного клинкера служит, среди прочего, коэффициент насыщения известью. Например, при коэффициенте насыщения известью 95 содержание алита (трехкальциевого силиката, C_3S) составляет обычно 60–65%, а содержание белита (двухкальциевого силиката, C_2S) составляет обычно 10–20%, причем минералогия клинкера регулируется посредством состава сырьевой смеси и выбранными условиями обжига. Изготовленный посредством вышеуказанного способа цемент имеет обычно значительное содержание белита (двухкальциевого силиката). Это приводит обычно к небольшой ранней прочности цемента и большим затратам энергии при измельчении цемента.

Поэтому задача заявленного изобретения состоит в том, чтобы преодолеть вышеуказанные недостатки и представить способ энергоэффективного изготовления цемента, причем цемент в оптимальном варианте имеет высокое содержание алита (трехкальциевого силиката).

Эта задача решена в соответствии с изобретением посредством способа с признаками независимого пункта 1 формулы изобретения и посредством устройства с признаками независимого пункта 9 формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления изобретения будут очевидны на основании зависимых пунктов формулы изобретения.

В соответствии с первым аспектом способ изготовления цементного клинкера включает:

предварительный нагрев сырьевой смеси в устройстве предварительного нагрева,
кальцинирование предварительно нагретой сырьевой смеси в кальцинаторе,
обжиг предварительно нагретой и кальцинированной сырьевой смеси в печи для

получения цементного клинкера, причем в печи подают газ для горения с содержанием кислорода и определяют температуру внутри печи, и

охлаждение цементного клинкера в охлаждающем устройстве.

Способ дополнительно включает управление подачей кислорода в печь в зависимости от определенной температуры внутри печи. Под подачей кислорода понимается количество, в частности объем, кислорода, который проходит в единицу времени в печь.

Увеличение коэффициента насыщения известью возможно, например, посредством регулировки более высокой температуры в зоне спекания при одинаковом времени пребывания обжигаемого материала в печи. В этом случае при одинаковом содержании свободной извести в продукте достигается повышенное содержание алита. Обогащенные алитом клинкеры имеют улучшенные прочностные свойства в цементе, по сравнению с не насыщенными алитом клинкерами. Так как белит-компонент более сложен в измельчении, чем алит-компонент, то при повышенном содержании алита, кроме того, достигается снижение необходимого расхода электроэнергии для измельчения цементного клинкера. В частности, коэффициент насыщения известью может регулироваться посредством ранее описанного способа.

Поданный в печь газ для горения имеет, например, содержание кислорода более 20,5%, в частности более 30%, предпочтительно более 95%. Газ для горения состоит, например, полностью из чистого кислорода, причем содержание кислорода в газе для горения составляет 100%. Для управления подачей кислорода, например, содержание кислорода в газе для горения увеличивается или уменьшается, причем, например, поток газа для горения, поступающий в печь, остается постоянным. Также возможно увеличивать или уменьшать поток газа для горения для увеличения или уменьшения подачи кислорода в печь. Например, для управления подачей кислорода в печь поток газа для горения и/или содержание кислорода в потоке газа для горения увеличивается или уменьшается.

Под печью, предпочтительно, понимается вращающаяся печь, содержащая вращающуюся трубу, выполненную с возможностью поворота вокруг своей продольной оси, которая, предпочтительно, в направлении подачи обжигаемого материала имеет небольшой наклон, так что материал, вследствие поворота вращающейся трубы и силы тяжести, перемещается в направлении подачи. Предпочтительно, на одном своем конце печь имеет впускное отверстие для материала, предназначенное для подачи через него предварительно нагретой сырьевой смеси, а на конце, противоположном впускному отверстию для материала, имеет выпускное отверстие для материала, предназначенное

для выпуска обожженного клинкера в охлаждающее устройство. На конце печи со стороны выпускного отверстия для материала, предпочтительно, расположена головка печи, которая имеет горелку для обжига материала и, предпочтительно, впускное отверстие для топлива, предназначенное для подачи через него топлива в печь, предпочтительно в горелку. Предпочтительно, печь имеет зону спекания, в которой материал по меньшей мере частично расплавляется и имеет, в частности, температуру от 1500 до 1800°C, предпочтительно от 1450 до 1700°C. Зона спекания содержит, например, головку печи, предпочтительно в направлении подачи материала заднюю треть или задние две трети печи. Температура определяется, предпочтительно, внутри зоны спекания и/или выпускного отверстия для материала печи.

Газ для горения, например, полностью или частично подается непосредственно в головку печи, причем головка печи имеет, например, впускное отверстие для газа для горения. В предпочтительном варианте газ для горения полностью или частично вводится в печь через ее выпускное отверстие для материала.

К выпускному отверстию для материала печи, предпочтительно, примыкает охлаждающее устройство для охлаждения цементного клинкера.

Управление подачей кислорода в печи в зависимости от температуры внутри печи, в частности зоны спекания или выпускного отверстия печи, обеспечивает преимущество простого управления температурой печи, причем, предпочтительно, регулируется стехиометрическое или сверхстехиометрическое горение.

В соответствии с первым вариантом осуществления изобретения температура внутри печи определяется непосредственно при помощи устройства для измерения температуры или опосредованно при помощи параметров процесса, в частности: содержания оксида азота в печи, энергопотребления печи, содержания кислорода в печи, подачи топлива в печь, наружной температуры стенки печи и/или подачи сырьевой смеси в устройство предварительного нагрева. Каждый параметр процесса определяется, предпочтительно, посредством соответствующего измерительного устройства и, предпочтительно, передается на устройство управления. Устройство управления, в частности, выполнено с возможностью определения температуры внутри печи на основании одного или нескольких измеренных параметров. В частности, устройство управления выполнено с возможностью управления температурой и/или для регулирования температуры.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения подача кислорода в печь и в кальцинатор регулируется таким образом, чтобы в кальцинаторе и в печи происходило сверхстехиометрическое, в частности близкое к стехиометрическому,

горение. Сумма кислорода, поданного в печь, и кислорода, поданного в кальцинатор, является общим количеством кислорода в процессе. Предпочтительно, устройство для измерения кислорода расположено внутри устройства предварительного нагрева, так что определяется содержание кислорода в газе, проходящем через устройство предварительного нагрева. Предпочтительно, устройство управления выполнено с возможностью определения общего количества кислорода в процессе на основании определенного содержания кислорода в газе, проходящем через устройство предварительного нагрева. В частности, разделение общего количества кислорода в процессе, поданного в кальцинатор и в печь, регулируется, предпочтительно, посредством устройства управления в зависимости от определенной концентрации кислорода в газе, проходящем через устройство предварительного нагрева, так что, предпочтительно, в печи и кальцинаторе осуществляется близкое к стехиометрическому или сверхстехиометрическое горение топлива. Общее количество кислорода в процессе, которое было определено, разделяется между печью и кальцинатором в зависимости от определенной температуры внутри печи, в частности внутри зоны спекания и/или впускного отверстия для материала печи. Устройство управления, предпочтительно, выполнено с возможностью разделения количества кислорода, которое проходит в печь и/или в кальцинатор, таким образом, чтобы сумма соответствовала общему количеству кислорода, которое необходимо для сверхстехиометрического горения. Предпочтительно, подача кислорода в кальцинатор и в печь дополнительно регулируется в зависимости от поданного в печь и/или в кальцинатор количества топлива и/или от количества поданной в устройство предварительного нагрева сырьевой смеси.

Определенная температура сравнивается с заданным значением и при отклонении определенной температуры от заданного значения подача кислорода в печь и/или в кальцинатор увеличивается или уменьшается. Под заданным значением понимается заданное значение температуры, которое представляет собой желаемую температуру внутри зоны спекания и/или впускного отверстия для материала печи.

Заданное значение регулируется в зависимости от распределения размеров частиц и/или коэффициента насыщения известью. Предпочтительно, различные коэффициенты насыщения известью необходимо назначать различным заданным значениям температуры. Например, заданное значение составляет от 1360 до 1520°C при коэффициенте насыщения известью 95, или заданное значение составляет, например, от 1480 до 1620°C при коэффициенте насыщения известью 100, или заданное значение составляет, например, от 1580 до 1680°C при коэффициенте насыщения известью 104.

Также возможно, чтобы различные значения распределения размеров частиц были

назначены различным заданным значениям. Неточное распределение размеров частиц требует большего заданного значения, по сравнению с более точным распределением размеров частиц. Сырьевая смесь с относительно неточным распределением размеров частиц имеет, например, примерно от 20 до 25% или более осадка на 90 мкм. За счет регулировки соответствующего заданного значения температуры обеспечивается то обстоятельство, что обычно сырьевая смесь при одинаковом времени обработки в зоне спекания полностью прореагирует и что образуются соответствующие минералы клинкера, в частности алит. Это приводит к существенной экономии энергии на измельчение при изготовлении цементной сырьевой смеси.

Назначение заданного значения определенным значениям распределения величины частиц и коэффициенту насыщения известью, предпочтительно, задано заранее и сохранено, в частности, в устройстве управления.

Предпочтительно, общее количество кислорода в процессе подается в печь, причем поданный в печь газ для горения имеет содержание кислорода более 95%, так что горение в печи осуществляется сверхстехиометрически, при этом содержание кислорода в отходящем газе печи составляет от 50 до 70%. Отходящий газ печи подается затем к кальцинатору и образует в полном объеме газ для горения кальцинатора.

Также возможно, чтобы в печь подавалась лишь часть общего количества кислорода в процессе, а газ для горения кальцинатора лишь частично образовывался из отходящего газа печи, и часть газа для горения подавалась непосредственно в кальцинатор.

В обоих ранее указанных случаях устройство управления осуществлено следующим образом. Если определенная температура превышает заданное значение, то, предпочтительно, количество газа для горения и/или количество кислорода в газе для горения увеличивается. Если значение определенной температуры оказывается ниже заданного значения, то количество газа для горения и/или количество кислорода в газе для горения уменьшается, при том, что значение определенной температуры оказывается ниже заданного значения. Слишком большое количество газа для горения обеспечивает, по мнению изобретателя, падение температуры внутри печи, так как внутреннее пространство печи охлаждается за счет избыточного газа для горения, который не преобразуется в процессе горения.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения в печь подается топливо, причем подача топлива регулируется в зависимости от определенной температуры внутри печи. Предпочтительно, подача топлива увеличивается или уменьшается, если определенная температура отличается от заранее заданного значения.

Если определенная температура превышает заранее заданное значение, то подача топлива, например, уменьшается. Если значение определенной температуры оказывается ниже заранее заданного значения, то подача топлива, например, увеличивается. Также возможно, чтобы подача топлива регулировалась в зависимости от температуры, определенной на входе в печь, и/или количества оксида азота в отходящем газе устройства предварительного нагрева.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения охлаждающее устройство имеет камеру для охлаждающего газа, через которую в поперечном направлении может проходить поток охлаждающего газа для охлаждения сыпучего материала, причем камера для охлаждающего газа содержит первый участок камеры для охлаждающего газа с первым потоком охлаждающего газа и примыкающий к нему в направлении подачи клинкера второй участок камеры для охлаждающего газа со вторым потоком охлаждающего газа, причем поданный в печь газ для горения образуется полностью или частично из первого потока охлаждающего газа, при этом подача газа для горения регулируется в зависимости от температуры, определенной внутри печи. Предпочтительно, подача газа для горения увеличивается или уменьшается, если определенная температура отличается от заранее заданного значения. Если определенная температура превышает заранее заданное значение, то подача газа для горения, например, уменьшается. Если значение определенной температуры оказывается ниже заранее заданного значения, то подача газа для горения, например, увеличивается.

Охлаждающее устройство содержит транспортирующее устройство для транспортировки сыпучего материала в направлении подачи через камеру для охлаждающего газа. Камера для охлаждающего газа имеет первый участок камеры для охлаждающего газа с первым потоком охлаждающего газа и примыкающий к нему в направлении подачи сыпучего материала второй участок камеры для охлаждающего газа со вторым потоком охлаждающего газа. Камера для охлаждающего газа, предпочтительно, ограничена сверху посредством крышки камеры для охлаждающего газа, а внизу посредством подвижного и/или неподвижного колосника, предпочтительно расположенным на нем сыпучим материалом. Под камерой для охлаждающего газа понимается, в частности, все пространство охлаждающего устройства, через которое проходит охлаждающий газ, выше сыпучего материала. Поток охлаждающего газа проходит через подвижный и/или неподвижный колосник, в частности, через транспортирующее устройство, через сыпучий материал и в камеру для охлаждающего газа. Первый участок камеры для охлаждающего газа расположен, предпочтительно, в направлении потока охлаждаемого сыпучего материала непосредственно за впускным

отверстием охлаждающего устройства, в частности выпускным отверстием для материала печи. Предпочтительно, клинкер из печи попадает в первый участок камеры для охлаждающего газа.

Первый участок камеры для охлаждающего газа, предпочтительно, содержит неподвижный колосник и/или подвижный колосник, который расположен ниже выпускного отверстия для материала печи, так что выходящий из печи клинкер под действием силы тяжести падает на неподвижный колосник. Под неподвижным колосником понимается, например, колосник, установленный под углом к горизонтالي от 10 до 35°, предпочтительно от 12 до 33°, в частности от 13 до 21°, при этом через колосник снизу проходит первый поток охлаждающего газа. Предпочтительно, в первый участок камеры для охлаждающего газа проходит лишь первый поток охлаждающего газа, который ускоряется, например, посредством вентилятора. Второй участок камеры для охлаждающего газа примыкает в направлении подачи сыпучего материала к первому участку камеры для охлаждающего газа и, предпочтительно, газонепроницаемым образом отделен от первого участка камеры для охлаждающего газа посредством разделительного устройства. Во втором участке камеры для охлаждающего газа проходит, предпочтительно, лишь второй поток охлаждающего газа, который ускоряется, например, посредством вентилятора.

Второй участок камеры для охлаждающего газа, предпочтительно, содержит подвижный колосник для подачи сыпучего материала через камеру для охлаждающего газа. Подвижный колосник содержит транспортирующее устройство для транспортировки материала в направлении подачи, причем транспортирующее устройство имеет, например, вентилируемый пол, через который проходит охлаждающий газ, с большим количеством проходных отверстий для прохода охлаждающего газа. Охлаждающий газ подается, например, при помощи вентиляторов, расположенных ниже вентилируемого пола, так что через охлаждаемый сыпучий материал в поперечном направлении относительно направления подачи проходит охлаждающий газ. Вентилируемый пол, предпочтительно, образует плоскость, на которой располагается сыпучий материал. Предпочтительно, транспортирующее устройство также содержит множество транспортирующих элементов, выполненных с возможностью перемещения в направлении подачи и против направления подачи. Предпочтительно, вентилируемый пол образуется частично или полностью посредством транспортирующих элементов, которые будучи расположены рядом друг с другом, образуют плоскость для приема сыпучего материала.

Под проходящим через первый участок камеры для охлаждающего газа первым потоком охлаждающего газа понимается, например, поток чистого кислорода или газа с

содержанием азота менее 35% по объему, в частности менее 21% по объему, предпочтительно 15% или менее, и/или аргона, и/или с содержанием кислорода менее 20,5%, в частности более 30%, предпочтительно более 95%. Первый участок камеры для охлаждающего газа, предпочтительно, примыкает непосредственно к выпускному отверстию для материала печи, предпочтительно к головке печи, так что охлаждающий газ нагревается в охлаждающем устройстве и затем проходит во вращающуюся печь, где используется в качестве газа для горения. Под вторым потоком охлаждающего газа понимается, например, поток воздуха.

Охлаждающее устройство, предпочтительно, содержит разделительное устройство для газонепроницаемого отделения участков камеры для охлаждающего газа друг от друга.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения печь имеет множество впускных отверстий для газа для горения, через которые газ для горения проходит в печь, причем подача газа для горения к соответствующим впускным отверстиям для газа для горения регулируется, соответственно, в зависимости от определенной температуры внутри печи. Предпочтительно, впускные отверстия для газа для горения расположены в зоне спекания печи или соединены с ней через трубопроводы или направляющие средства. Подача газа для горения регулируется, например, средствами подачи, такими как клапаны, заглушки или дроссели.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения определяется количество топлива, которое подается в печь и в кальцинатор, содержание оксидов азота в отходящем газе печи, содержание кислорода в отходящем газе печи, количество поданной в устройство предварительного нагрева сырьевой смеси, при этом подача кислорода в печь и/или в кальцинатор регулируется в зависимости от по меньшей мере одного из определенных значений.

Предпочтительно, температура материала внутри зоны спекания составляет от 1450 до 1800°C, предпочтительно от 1500 до 1700°C. Температура газа, в частности температура на внутренней стороне стенки печи, составляет внутри зоны спекания, предпочтительно, от 2000 до 2600°C, предпочтительно от 2100 до 2500°C. Для определения положения зоны спекания печи, например, определяется наружная температура стенки печи во множестве точек измерения, и, предпочтительно, составляется профиль температур по наружной стенке печи.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения определение температуры внутри печи включает определение температуры газовой фазы, внутренней поверхности стенки, и/или клинкера внутри зоны спекания, и/или впускного отверстия

для материала печи, причем определение температуры осуществляется, например, бесконтактным способом. Также возможно определение температуры посредством термоэлемента.

Температура внутри печи определяется, предпочтительно, посредством одного или нескольких устройств для измерения температуры, которые размещены в зоне спекания и/или во впускном отверстии для материала печи. Под устройством для измерения температуры понимается, например, пирометр. Пирометр, предпочтительно, выполнен с возможностью измерения температуры бесконтактным способом, причем измерительное устройство, предпочтительно, работает в коротковолновом и средневолновом диапазоне освещения. Например, измерительное устройство выполнено с возможностью определения температуры внутренней стороны стенки печи и/или клинкера внутри печи. Под измерительным устройством понимается, например, инфракрасное измерительное устройство (NIR, MIR).

Изобретение относится также к установке для изготовления цемента, содержащей:

- устройство предварительного нагрева сырьевой смеси,
- кальцинатор для кальцинирования предварительно нагретой сырьевой смеси,
- печь для обжига сырьевой смеси для получения цементного клинкера, причем печь содержит устройство для измерения температуры, предназначенное для определения температуры внутри печи и впускное отверстие для газа для горения, предназначенное для подачи через него газа для горения с содержанием кислорода в печь, и
- охлаждающее устройство для охлаждения цементного клинкера.

Установка для изготовления цемента дополнительно содержит устройство управления, которое соединено с устройством для измерения температуры и с впускным отверстием для газа для горения и выполнено с возможностью управления подачей кислорода в печь в зависимости от определенной температуры внутри печи.

Описанные выше варианты осуществления изобретения и преимущества способа изготовления цементного клинкера распространяются также и на установку для изготовления цемента.

Предпочтительно, впускное отверстие для газа для горения содержит средства регулировки потока газа для горения, поступающего в печь, например клапан, заглушку, дроссель, вентиль или вентилятор для ускорения газа для горения при подаче в печь. Устройство управления, в частности, соединено с указанным средством, так что оно управляет или регулирует поток газа для горения, поступающий в печь.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения устройство предварительного нагрева содержит устройство для измерения кислорода, которое

соединено с устройством управления и предназначено для определения содержания кислорода в газе, проходящем через устройство предварительного нагрева, причем устройство управления выполнено с возможностью управления подачей кислорода в кальцинатор и в печь таким образом, что в печи и в кальцинаторе осуществляется стехиометрическое или сверхстехиометрическое, в частности близкое к стехиометрическому, горение. В частности, устройство для измерения кислорода в направлении потока газа расположено в устройстве предварительного нагрева перед последней циклонной ступенью. Под первой циклонной ступенью понимается самая верхняя циклонная ступень, в которую подается сырьевая смесь. Последняя циклонная ступень находится непосредственно перед впускным отверстием для материала печи. Также возможно, чтобы устройство для измерения кислорода было расположено после второго циклона, предпочтительно после кальцинатора. Устройство для измерения кислорода может быть подключено также после устройства предварительного нагрева.

Устройство управления, предпочтительно, соединено с устройством для измерения кислорода таким образом, что устройство для измерения кислорода передает определенные значения концентрации кислорода на устройство управления. Устройство управления, предпочтительно, выполнено с возможностью сравнения определенного значения концентрации кислорода с ранее установленным заданным значением и увеличения или уменьшения подачи кислорода в кальцинатор и/или в печь при отклонении концентрации кислорода от заданного значения. Например, устройство управления выполнено с возможностью увеличения подачи кислорода в кальцинатор и/или в печь, если определенная концентрация кислорода оказывается ниже заданного значения. Например, устройство управления выполнено с возможностью уменьшения подачи кислорода в кальцинатор и/или в печь, если определенная концентрация кислорода превышает заданное значение.

Устройство управления выполнено с возможностью сравнения определенной температуры в печи с заданным значением и увеличения или уменьшения подачи кислорода в печь и/или в кальцинатор при отклонении определенной температуры от заданного значения. Например, устройство управления выполнено с возможностью увеличения подачи кислорода, если определенная температура превышает заданное значение. Например, устройство управления выполнено с возможностью увеличения подачи кислорода, если определенная температура превышает заданное значение. Заданное значение регулируется в зависимости от распределения размеров частиц и/или коэффициента насыщения известью.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения как

кальцинатор, так и печь содержат одно или несколько средств подачи топлива соответственно в печь и в кальцинатор, причем устройство управления соединено с по меньшей мере одним указанным средством и выполнено с возможностью управления подачей топлива в кальцинатор и/или в печь в зависимости от определенной температуры внутри печи. Под по меньшей мере одним средством понимается, например, трубопровод для топлива с клапаном, дросселем или вентилем, который регулирует количество потока кислорода через трубопровод. Например, устройство управления выполнено с возможностью уменьшения подачи топлива, если определенная температура превышает заданное значение. В частности, устройство управления выполнено с возможностью увеличения подачи топлива, если определенная температура оказывается ниже заданного значения.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения печь имеет множество впускных отверстий для газа для горения, через которые газ для горения вводится в печь, причем устройство управления выполнено с возможностью управления подачей газа для горения к соответствующим входным отверстиям для газа для горения, соответственно, в зависимости от определенной температуры внутри печи.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения устройство для измерения температуры выполнено с возможностью бесконтактного измерения температуры внутренней поверхности стенки печи и/или клинкера внутри зоны спекания.

Краткое описание чертежей

Далее изобретение поясняется более детально на основании нескольких примеров осуществления со ссылкой на приложенные фигуры.

На фиг. 1 показано схематичное изображение установки для изготовления цемента с устройством управления в соответствии с примером осуществления изобретения;

на фиг. 2 – схематичное изображение установки для изготовления цемента с устройством управления в соответствии с еще одним примером осуществления изобретения.

На фиг. 1 показана установка 10 для изготовления цемента с имеющим одну ветвь устройством 12 предварительного нагрева для предварительного нагрева сырьевой смеси, кальцинатором 14 для кальцинирования сырьевой смеси, печью 16, в частности вращающейся печью, для обжига сырьевой смеси для получения клинкера и охлаждающим устройством 18 для охлаждения обожженного в печи 16 клинкера.

Устройство 12 предварительного нагрева содержит множество циклонов 20 для выделения сырьевой смеси из газового потока сырьевой смеси. Например, устройство 12 предварительного нагрева содержит пять циклонов 20, которые расположены в четыре

циклонные ступени друг под другом. Устройство 12 предварительного нагрева имеет впускное отверстие (не показано) для материала, предназначенное для подачи через него сырьевой смеси в самую верхнюю циклонную ступень устройства 12 предварительного нагрева, содержащую два циклона 20. Сырьевая смесь проходит последовательно через циклоны 20 циклонных ступеней в противотоке к отходящему газу печи и/или кальцинатора и за счет этого нагревается. Между последней и предпоследней циклонными ступенями расположен кальцинатор 14. Кальцинатор 14 содержит стояк с по меньшей мере одним местом горения для разогрева сырьевой смеси, так что в кальцинаторе 14 происходит кальцинирование сырьевой смеси. Кроме того, кальцинатор 14 имеет впускное отверстие 24 для топлива, предназначенное для подачи топлива в стояк. Кальцинатор 14 также имеет впускное отверстие 26 для газа для горения, предназначенное для подачи через него газа для горения в стояк кальцинатора 14. Под газом для горения понимается, например, воздух, обогащенный кислородом воздух, чистый кислород или газ с содержанием кислорода по меньшей мере 85%. Отходящий газ кальцинатора подается в устройство 12 предварительного нагрева, предпочтительно на предпоследнюю циклонную ступень, и покидает устройство 12 предварительного нагрева сзади самой верхней циклонной ступени в виде отходящего газа 22 устройства предварительного нагрева.

Устройство 12 предварительного нагрева подсоединено к печи 16 ниже по потоку сырьевой смеси, так что предварительно нагретая в устройстве 12 предварительного нагрева и кальцинированная в кальцинаторе 14 сырьевая смесь проходит в печь 16. Впускное отверстие 25 для материала печи 16 соединено непосредственно со стояком кальцинатора 14, так что отходящий газ печи проходит в кальцинатор 14, а затем в устройство 12 предварительного нагрева. Под печью 16 понимается, например, вращающаяся печь, содержащая вращающуюся трубу, выполненную с возможностью поворота вокруг собственной продольной оси и расположенную под небольшим углом наклона. Внутри вращающейся трубы, на конце со стороны выпускного отверстия для материала, печь 16 имеет горелку 28 и соответствующее впускное отверстие 30 для топлива. Выпускное отверстие для материала печи 16 расположено на конце вращающейся трубы, противоположном впускному отверстию 25 для материала, так что сырьевая смесь внутри вращающейся трубы, за счет поворота вращающейся трубы, подается в направлении горелки 28 и выпускного отверстия для материала. Сырьевая смесь обжигается внутри печи 16 для получения цементного клинкера, причем сырьевая смесь во вращающейся печи проходит, в основном, фазы образования клинкера, при этом в направлении течения потока смеси примерно в последней трети печи образуется C_3S .

При этом в последней трети печи устойчивым образом формируется слой твердого нагара, который имеет толщину примерно до 250 мм и который с химической/минералогической точки зрения соответствует цементному клинкеру. Зона печи 16, в которой образуется C_3S , обозначена далее как зона 32 спекания. Зона 32 спекания содержит дальнюю зону вращающейся трубы со стороны выпускного отверстия для материала, предпочтительно заднюю в направлении потока материала треть, в частности задние две трети, вращающейся трубы. Предпочтительно, зоной 32 спекания является зона печи 16, в которой температура составляет примерно от 1450 до 1800°C, предпочтительно от 1500 до 1700°C.

К выпускному отверстию печи 16 примыкает охлаждающее устройство 18 для охлаждения клинкера. Охлаждающее устройство 18 имеет камеру 34 для охлаждающего газа, в которой клинкер охлаждается посредством потока охлаждающего газа. Клинкер транспортируется через камеру 34 для охлаждающего газа в направлении F подачи. Камера 34 для охлаждающего газа имеет первый участок 36 камеры для охлаждающего газа и второй участок 38 камеры для охлаждающего газа, который в направлении F подачи примыкает к первому участку 36 камеры для охлаждающего газа. Печь 16 через выпускное отверстие для материала печи 16 соединена с охлаждающим устройством 18, так что обожженный во вращающейся печи 16 клинкер попадает в охлаждающее устройство 18.

Первый участок 36 камеры для охлаждающего газа расположен ниже выпускного отверстия для материала печи 16, так что клинкер из печи 16 попадает в первый участок 36 камеры для охлаждающего газа. Первый участок 36 камеры для охлаждающего газа представляет собой зону входа охлаждающего устройства 18 и, предпочтительно, содержит неподвижный колосник 40, на который попадает выходящий из печи 16 клинкер. Неподвижный колосник 40, в частности, полностью расположен в первом участке 36 камеры для охлаждающего газа охлаждающего устройства 18. Предпочтительно, клинкер попадает из печи 16 непосредственно на неподвижный колосник 40. Неподвижный колосник 40 расположен, предпочтительно, полностью под углом от 10 до 35°, предпочтительно от 14 до 33°, в частности от 21 до 25°, к горизонтали, так что клинкер скользит по неподвижному колоснику 40 в направлении подачи.

К первому участку 36 камеры для охлаждающего газа примыкает второй участок 38 камеры для охлаждающего газа охлаждающего устройства 18. В первом участке 36 камеры для охлаждающего газа охлаждающего устройства 18 клинкер охлаждается, в частности, до температуры менее 1100°C, причем охлаждение осуществляется таким образом, что происходит полное отверждение имеющихся в клинкере жидких фаз в

твердые фазы. При выходе из первого участка 36 камеры для охлаждающего газа охлаждающего устройства 18 клинкер, предпочтительно, полностью находится в твердой фазе при температуре максимум 1100°C . Затем клинкер охлаждается во втором участке 38 камеры для охлаждающего газа охлаждающего устройства 18, предпочтительно, до температуры менее 100°C . Предпочтительно, второй поток охлаждающего газа может быть разделен на несколько отдельных потоков газа, которые имеют различные температуры.

Неподвижный колосник первого участка 36 камеры для охлаждающего газа имеет, например, проходные отверстия, через которые охлаждающий газ входит в охлаждающее устройство 18 и в клинкер. Поток охлаждающего газа создается, например, посредством по меньшей мере одного вентилятора, расположенного ниже неподвижного колосника 40, так что первый поток 42 охлаждающего газа проходит снизу через неподвижный колосник 40 в первый участок 36 камеры для охлаждающего газа. Под первым потоком 42 охлаждающего газа понимается, например, поток чистого кислорода или газа с содержанием азота 15% по объему или менее и с содержанием кислорода 50% по объему или более. Первый поток 42 охлаждающего газа проходит через клинкер и затем попадает в печь 16. Первый поток охлаждающего газа, например, частично или полностью образует газ для горения для печи 16. Высокое содержание кислорода в газе для горения приводит к образованию отходящего газа устройства предварительного нагрева, который состоит по существу из CO_2 и водяного пара, и обеспечивает преимущество, которое заключается в том, что можно отказаться от использования дорогостоящих осуществляемых ниже по потоку процессов очистки отходящего газа. Также достигается уменьшение количества технологического газа, так что установка может иметь существенно меньшие габариты.

Внутри охлаждающего устройства 18 охлаждаемый клинкер перемещается в направлении F подачи. Второй участок 38 камеры для охлаждающего газа, предпочтительно, имеет подвижный, в частности перемещающийся, колосник 44, который в направлении F подачи примыкает к неподвижному колоснику 40. Подвижный колосник 44 содержит, в частности, транспортирующее устройство, которое транспортирует клинкер в направлении F подачи. Под транспортирующим устройством понимается, например, транспортер с перемещающимся полом, который имеет множество транспортирующих элементов для транспортировки сыпучего материала. Под транспортирующими элементами транспортера с перемещающимся полом понимается множество планок, предпочтительно планок колосника, которые образуют вентилируемый пол. Транспортирующие элементы расположены рядом друг с другом и выполнены с возможностью перемещения в направлении F подачи и против направления

F подачи. Через транспортирующие элементы в виде подающих планок или планок колосника, предпочтительно, может проходить поток охлаждающего газа, при этом они расположены по всей длине второго участка 38 камеры для охлаждающего газа охлаждающего устройства 18 и образуют поверхность, на которой располагается клинкер. Транспортирующим устройством может быть также перемещающийся транспортер, причем в данном случае транспортирующее устройство имеет неподвижный вентилируемый пол, через который может проходить поток охлаждающего воздуха, и множество транспортирующих элементов, выполненных с возможностью перемещения относительно вентилируемого пола. Транспортирующие элементы перемещающегося транспортера расположены, предпочтительно, выше вентилируемого пола и имеют захваты, расположенные перпендикулярно направлению подачи. Для транспортировки клинкера вдоль вентилируемого пола транспортирующие элементы выполнены с возможностью перемещения в направлении F подачи и против направления F подачи. Транспортирующие элементы перемещающегося транспортера и транспортера с перемещающимся полом могут быть выполнены с возможностью перемещения по принципу “подвижный пол”, причем все транспортирующие элементы одновременно перемещаются в направлении подачи и не одновременно против направления подачи. В альтернативном варианте возможны также другие принципы подачи, используемые для сыпучих материалов.

Ниже подвижного колосника 44 расположено, например, множество вентиляторов, посредством которых второй поток 46 охлаждающего газа подается снизу через подвижный колосник 44. Под вторым потоком 46 охлаждающего газа понимается, например, поток воздуха.

К подвижному колоснику 44 второго участка 38 камеры для охлаждающего газа примыкает на фиг. 1, например, измельчающее устройство 48. Под измельчающим устройством 48 понимается, например, дробилка с по меньшей мере двумя вращающимися навстречу друг другу дробильными валками и образованным между ними дробильным зазором, в котором происходит измельчение материала. К измельчающему устройству 48 примыкает дополнительный подвижный колосник 50, расположенный ниже измельчающего устройства 48. Предпочтительно, холодный клинкер 52 на выходе из охлаждающего устройства 18 имеет температуру 100°C или менее.

Например, из второго участка 38 камеры для охлаждающего газа отводится отходящий воздух 54 охлаждающего устройства и подается в сепаратор 56, например циклон, для отделения от твердых фаз. Твердые фазы снова подаются, например, в охлаждающее устройство 18. Ниже по потоку относительно сепаратора 56 подключен

теплообменник 58 типа «воздух-воздух», так что охлажденный отходящий воздух внутри теплообменника 58 предварительно нагревает воздух, который подается, например, к сырьевой смеси.

Внутри печи 16, предпочтительно внутри зоны 32 спекания печи 16, расположено устройство 60 для измерения температуры, предназначенное для определения температуры газа и/или клинкера внутри печи 16. Устройство 60 для измерения температуры соединено с устройством 62 управления, так что полученные данные о температуре передаются на устройство 62 управления. Устройство 62 управления соединено с впускным отверстием 26 для газа для горения кальцинатора 14 для регулирования количества газа для горения, который проходит в кальцинатор 14. Предпочтительно, устройство 62 управления выполнено с возможностью регулирования первого потока 42 охлаждающего газа, входящего в первый участок 36 камеры для охлаждающего газа охлаждающего устройства 18. Устройство 62 управления, в частности, выполнено с возможностью регулирования количества воздуха для горения, поступающего в печь, и/или количества воздуха для горения, поступающего в кальцинатор 14, предпочтительно, в зависимости от определенной температуры внутри печи 16, в частности внутри зоны 32 спекания. В частности, устройство 62 управления выполнено с возможностью регулирования количества кислорода, подаваемого в кальцинатор 14 и/или в печь 16. Количество кислорода, подаваемого в кальцинатор 14 и/или печь 16, регулируется, например, посредством количества газа для горения или содержания кислорода в газе для горения. Предпочтительно, устройство 62 управления соединено с одним или несколькими вентиляторами для ускорения газа для горения из печи 16 и/или кальцинатора 14, так что устройство управления, например, регулирует скорость вращения вентилятора.

Также возможно, чтобы устройство 62 управления было соединено с соответствующим впускным отверстием для подачи газа для горения в кальцинатор 14 или в печь 16, чтобы оно регулировало величину открытия соответствующего впускного отверстия. Также возможно, чтобы устройство 62 управления было соединено с трубопроводом для подачи кислорода в газ для горения и осуществляло регулирование количества кислорода, поступающего в газ для горения через трубопровод. Кислород, предпочтительно, подается из резервуара под давлением либо в газообразной, либо в жидкой форме. От источника жидкого кислорода газ подается в испаритель и там переводится в жидкую фазу. При газообразной подаче подача осуществляется либо из испарителя, либо из газообразного источника под давлением, причем, предпочтительно, предварительное давление создается так, что должна быть совершена всего лишь

небольшая работа сжатия или ускорения посредством вентилятора или компрессора/нагнетателя. Предпочтительно, подача к соответствующим входным отверстиям в печи регулируется посредством одного или нескольких клапанов. На участке предусмотрены, например, средства измерения расхода кислорода.

Предпочтительно, устройство 62 управления выполнено с возможностью сравнения полученного значения температуры внутри зоны 32 спекания печи 16 с предварительно заданным значением и увеличения или уменьшения количества газа для горения, в частности количества кислорода, проходящего в печь 16 и/или в кальцинатор 14, при отклонении полученного значения температуры от заданного значения. Например, устройство 62 управления выполнено с возможностью увеличения количества газа для горения, в частности количества кислорода в газе для горения, при превышении полученным значением температуры заданного значения. Предпочтительно, устройство 62 управления выполнено с возможностью уменьшения количества газа для горения, в частности количества кислорода в газе для горения, когда полученное значение температуры ниже заданного значения. Слишком большое количество газа для горения обеспечивает, по мнению изобретателя, падение температуры внутри печи 16, так как внутреннее пространство печи охлаждается за счет избытка газа для горения, который в ходе процесса горения не преобразовывается. При этом, в принципе, следует исходить из понятия сверхстехиометрического горения.

Такое регулирование температуры печи позволяет осуществлять изготовление клинкера с заданным содержанием алита простым способом.

Заранее заданное значение температуры внутри печи, в частности внутри зоны 32 спекания, позволяет осуществлять регулировку высокого коэффициента насыщения известью в сырьевой смеси и, как результат этого, в цементном клинкере, и, таким образом, в значительной степени является важным для качества продукции. Несмотря на высокий коэффициент насыщения известью, например выше 100–105, за счет более высоких температур зоны спекания обычно может осуществляться полное или практически полное преобразование белита с оксидом кальция в алит. Полученный в результате этого цементный клинкер имеет долю алита по меньшей мере 65%, в частности более 75%, предпочтительно, однако, до 85%, в то время как доли белита и не преобразованного оксида кальция (свободный кальций) близки к нулю.

На основании этого для ЦЕМ I с содержанием клинкера 95–100% в соответствии с DIN EN 197-1 уже при небольшой тонкости помола цемента менее 600 м²/кг по Блейну, предпочтительно менее 500 м²/кг по Блейну, получается 2-дневная начальная прочность явно выше 30 МПа, в частности выше 40 МПа, предпочтительно выше 50 МПа, и 28-

дневная нормативная прочность значительно выше 50 МПа, в частности выше 60 МПа, предпочтительно выше 70 МПа.

Для регулировки сверхстехиометрического горения регулируется весь объем подачи кислорода в процессы горения, в частности, подача кислорода в кальцинатор 14 и подача кислорода в печь 16. Предпочтительно, измерительное устройство для определения содержания кислорода в устройстве предварительного нагрева 12, предпочтительно в газе устройства предварительного нагрева, в направлении течения потока газа расположено за второй циклонной ступенью, причем первая циклонная ступень является самой верхней циклонной ступенью. Количество кислорода, которое в целом подается в процессы горения внутрь кальцинатора 14 и печи 16, регулируется в зависимости от измеренного содержания кислорода после второй циклонной ступени, количества топлива, которое подается в процессы горения, и, предпочтительно, количества сырьевой смеси, которая вводится в устройство предварительного нагрева, так что внутри кальцинатора 14 и печи 16 происходит сверхстехиометрическое горение.

Измеренное общее количество кислорода, в зависимости от определенной температуры внутри печи 16, в частности внутри зоны 32 спекания, разделяется на печь 16 и кальцинатор 14. Устройство 62 управления выполнено с возможностью разделения количества кислорода, которое проходит в печь 16 и/или в кальцинатор 14, таким образом, чтобы сумма соответствовала общему количеству кислорода, которое необходимо для сверхстехиометрического горения.

На фиг. 2 показан еще один пример выполнения установки для изготовления цемента, который по большей части соответствует примеру, показанному на фиг. 1, причем одинаковые элементы обозначены одинаковыми ссылочными позициями. В отличие от примера, показанного на фиг. 1, устройство 60 для измерения температуры расположено в качестве примера во впускном отверстии 25 для материала печи 16. Устройство 60 для измерения температуры, предпочтительно, выполнено с возможностью определения температуры входящего в печь 16 материала. Полученная температура передается на устройство 62 управления и служит, в частности, для регулирования подачи кислорода в печь и/или кальцинатор, как описано ранее со ссылкой на фиг. 1. Также возможно, чтобы устройство 60 для измерения температуры было выполнено с возможностью определения как температуры во впускном отверстии 25 для материала, так и в зоне 32 спекания печи 16 и ее передачи на устройство 62 управления.

В дополнение к температуре в зоне 32 спекания и/или во впускном отверстии 25 для материала печи 16 также возможно, чтобы определялись другие параметры, например подача топлива к кальцинатору 14 и/или к печи 16, подача сырьевой смеси в устройство

12 предварительного нагрева или содержание оксидов азота в отходящем газе печи, отходящем газе кальцинатора или отходящем газе устройства предварительного нагрева – и передавались на устройство 62 управления. Подача кислорода в печь 16 и/или в кальцинатор регулируется, например, в зависимости от ранее указанных параметров.

Например, дополнительно определяется энергопотребление печи 16 и передается на устройство управления. Оно передает указание по работе печи и по необходимости регулирующего воздействия. Например, подача кислорода в печь дополнительно регулируется устройством 62 управления в зависимости от энергопотребления печи 16.

Перечень ссылочных позиций

10	установка для изготовления цемента
12	устройство предварительного нагрева
14	кальцинатор
16	печь
18	охлаждающее устройство
20	циклон
22	отходящий газ устройства предварительного нагрева
24	впускное отверстие для топлива кальцинатора
25	впускное отверстие для подачи материала в печь
26	впускное отверстие для газа для горения кальцинатора
28	горелка печи
30	впускное отверстие для топлива печи
32	зона спекания
34	камера для охлаждающего газа
36	первый участок камеры для охлаждающего газа
38	второй участок камеры для охлаждающего газа
40	неподвижный колосник
42	первый поток охлаждающего газа
44	подвижный колосник
46	второй поток охлаждающего газа
48	измельчающее устройство
50	подвижный колосник
52	холодный клинкер
54	отходящий воздух охлаждающего устройства
56	сепаратор
58	теплообменник
60	устройство для измерения температуры
62	устройство управления

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления цементного клинкера, включающий:

предварительный нагрев сырьевой смеси в устройстве (12) предварительного нагрева,

кальцинирование предварительно нагретой сырьевой смеси в кальцинаторе (14),

обжиг предварительно нагретой и кальцинированной сырьевой смеси в печи (16) для получения цементного клинкера, причем в печь (16) подают газ для горения с содержанием кислорода, при этом внутри печи (16) определяют температуру, и

охлаждение цементного клинкера в охлаждающем устройстве (18),

отличающийся тем, что

регулируют подачу кислорода в печь (16) в зависимости от определенной температуры внутри печи (16),

при этом определенную температуру сравнивают с заданным значением и при отклонении определенной температуры от заданного значения увеличивают или уменьшают подачу кислорода в печь (16) и/или в кальцинатор (14),

причем заданное значение регулируют в зависимости от распределения частиц по размеру и/или от коэффициента насыщения известью.

2. Способ по п. 1, в котором температуру внутри печи (16) определяют непосредственно при помощи устройства (60) для измерения температуры или опосредованно при помощи параметров процесса, таких как, в частности, содержание оксида азота в печи (16), энергопотребление печи (16), содержание кислорода в печи (16), подача топлива в печь (16), наружная температура стенки печи и/или подача сырьевой смеси в устройство (12) предварительного нагрева.

3. Способ по п. 1 или 2, в котором подачу кислорода в печь (16) и в кальцинатор (14) регулируют таким образом, чтобы в кальцинаторе (14) и в печи (16) происходило сверхстехиометрическое, в частности близкое к стехиометрическому, горение.

4. Способ по любому из пп. 1–3, в котором в печь (16) подают топливо, при этом подачу топлива регулируют в зависимости от определенной температуры внутри печи (16).

5. Способ по любому из пп. 1–4, в котором охлаждающее устройство (18) имеет камеру (34) для охлаждающего газа, через которую в поперечном направлении может проходить поток охлаждающего газа для охлаждения сыпучего материала, причем камера (34) для охлаждающего газа содержит первый участок (36) камеры для охлаждающего газа с первым потоком (42) охлаждающего газа и примыкающий к нему в направлении подачи клинкера второй участок (38) камеры для охлаждающего газа со вторым потоком

(46) охлаждающего газа, при этом подаваемый в печь (16) газ для горения образуется из первого потока (42) охлаждающего газа, причем подачу газа для горения регулируют в зависимости от определенной температуры внутри печи (16).

6. Способ по любому из пп. 1–5, в котором печь (16) имеет множество впускных отверстий для газа для горения, через которые газ для горения вводят в печь (16), причем подачу газа для горения к соответствующим впускным отверстиям для газа для горения регулируют в каждом случае в зависимости от определенной температуры внутри печи (16).

7. Способ по любому из пп. 1–6, в котором определяют количество топлива, подаваемого в печь (16) и в кальцинатор (14), содержание оксидов азота в отходящем газе печи, содержание кислорода в отходящем газе печи, количество сырьевой смеси, поданной в устройство предварительного нагрева, и регулируют подачу кислорода в печь (16) и/или в кальцинатор (14) в зависимости от по меньшей мере одного из определенных значений.

8. Способ по любому из пп. 1–7, в котором определение температуры внутри печи (16) и/или внутри впускного отверстия (25) для материала, ведущего в печь (16), включает определение температуры газовой фазы, внутренней поверхности стенки и/или клинкера внутри зоны (32) спекания, причем определение температуры осуществляют бесконтактно.

9. Установка (10) для изготовления цемента, содержащая:

- устройство (12) предварительного нагрева для предварительного нагрева сырьевой смеси,
- кальцинатор (14) для кальцинирования предварительно нагретой сырьевой смеси,
- печь (16) для обжига сырьевой смеси для получения цементного клинкера, причем печь (16) содержит устройство (60) для измерения температуры, предназначенное для определения температуры внутри печи (16), и впускное отверстие для газа для горения, предназначенное для подачи через него газа для горения с содержанием кислорода в печь (16), и

- охлаждающее устройство (18) для охлаждения цементного клинкера, отличающаяся тем, что

она содержит устройство (62) управления, которое соединено с устройством для измерения температуры и с впускным отверстием для газа для горения и выполнено с возможностью управления подачей кислорода в печь (16) в зависимости от определенной температуры внутри печи (16),

при этом устройство (62) управления выполнено с возможностью сравнения

определенной температуры в печи (16) с заданным значением и при отклонении определенной температуры от заданного значения увеличения или уменьшения подачи кислорода в печь (16) и/или в кальцинатор (14),

причем заданное значение является регулируемым в зависимости от распределения размеров частиц и/или коэффициента насыщения известью.

10. Установка по п. 9, в которой устройство (12) предварительного нагрева содержит устройство для измерения кислорода, соединенное с устройством (62) управления и предназначенное для определения содержания кислорода в газе, проходящем через устройство (12) предварительного нагрева, при этом устройство (62) управления выполнено с возможностью управления подачей кислорода в кальцинатор (14) и в печь (16) так, чтобы в печи (16) и в кальцинаторе (14) происходило стехиометрическое или сверхстехиометрическое горение.

11. Установка по п. 9 или 10, в которой как кальцинатор (14), так и печь (16) содержит средство подачи топлива соответственно в печь (16) и в кальцинатор (14), причем устройство (62) управления соединено с указанным средством и выполнено с возможностью управления подачей топлива в кальцинатор (14) и/или в печь (16) в зависимости от определенной температуры внутри печи (16).

12. Установка по любому из пп. 9–11, в которой печь (16) имеет множество впускных отверстий для газа для горения, предназначенных для ввода через них газа для горения в печь (16), при этом устройство (62) управления выполнено с возможностью управления подачей газа для горения к соответствующим входным отверстиям для газа для горения в зависимости от определенной температуры внутри печи (16).

13. Установка по любому из пп. 9–12, в которой устройство для измерения температуры выполнено с возможностью осуществления бесконтактного измерения температуры внутренней поверхности стенки печи и/или клинкера внутри зоны спекания.

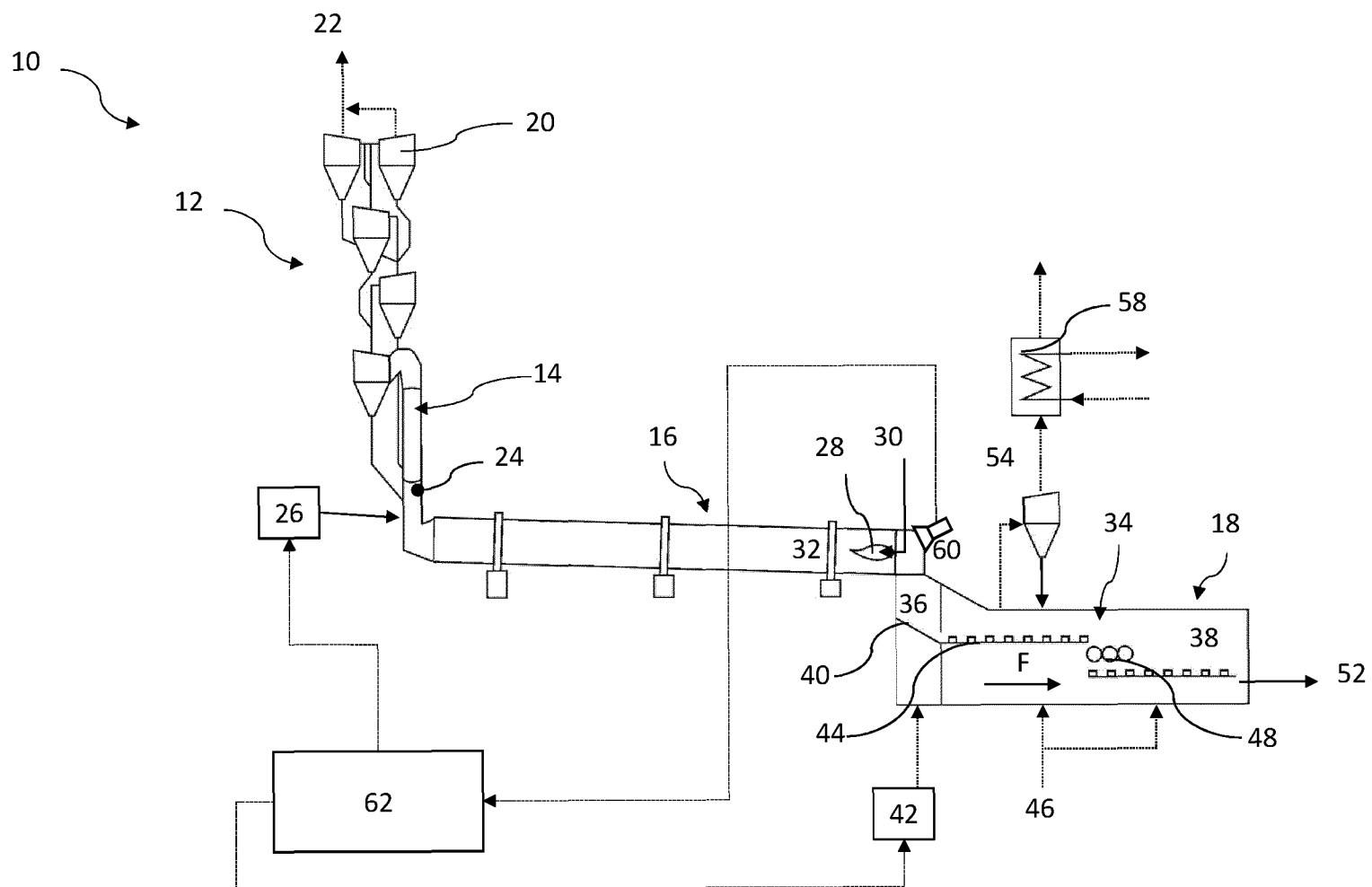


Fig. 1

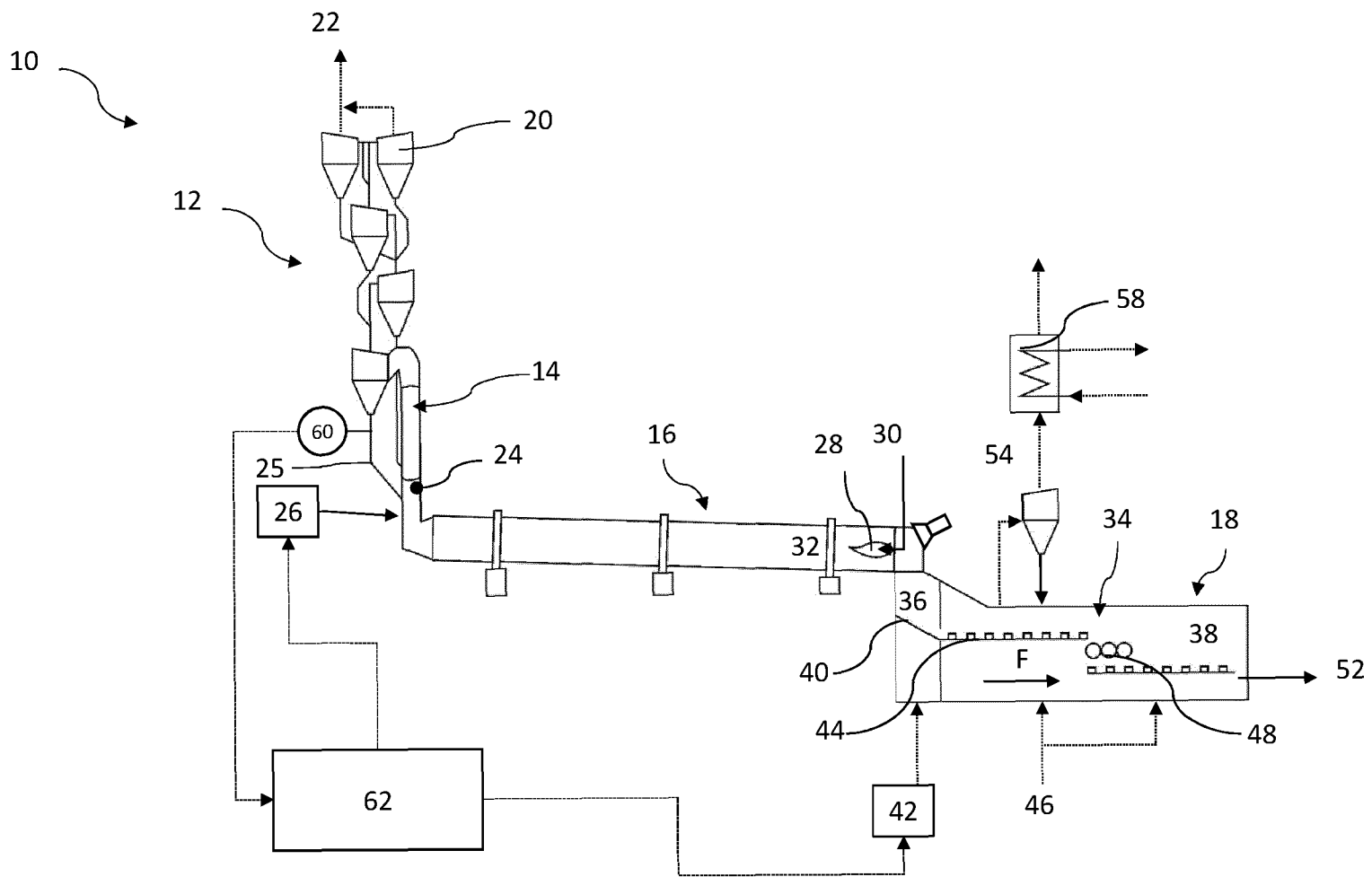


Fig. 2