

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202092594 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2021.02.08

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

(22) Дата подачи заявки  
2019.04.26

(54) КИСЛОРОДНО-ТОПЛИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО КЛИНКЕРА СО СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ КИСЛОРОДА

(31) 10 2018 206 673.6

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

(32) 2018.04.30

(33) DE

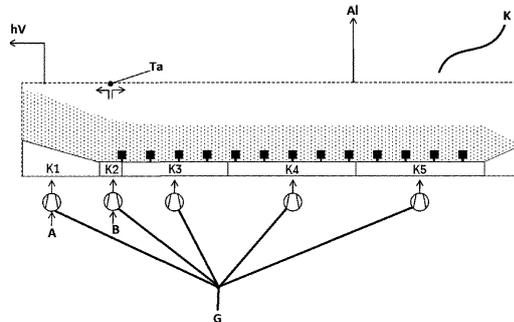
(74) Представитель:  
Фелицына С.Б. (RU)

(86) PCT/EP2019/060773

(87) WO 2019/211202 2019.11.07

(71) Заявитель:  
ТИССЕНКРУПП ИНДАСТРИАЛ  
СОЛЮШНЗ АГ (DE)

(57) Способ и установка для производства цементного клинкера, в которых кислородсодержащий газ, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, из первой секции холодильника, граничащей непосредственно с головкой печи, подают во вращающуюся печь и при необходимости дополнительно в кальцинатор, причём газовые потоки, подводимые в указанные процессы сжигания, в сумме состоят более чем на 50 об.% (предпочтительно более чем на 85 об.%) из кислорода.



202092594 A1

202092594 A1

## **КИСЛОРОДНО-ТОПЛИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО КЛИНКЕРА СО СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ КИСЛОРОДА**

Настоящее изобретение относится к способу и установке для производства цементного клинкера, в которых кислородсодержащий газ, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, подаётся из первой секции холодильника, граничащей непосредственно с головкой печи, во вращающуюся печь, и, при необходимости, – дополнительно в кальцинатор.

Из уровня техники известны способы и установки, в которых в клинкерный холодильник вводится воздух и предварительно нагревается, причём часть этого воздуха может перейти в печь. Кроме того, известно, что в холодильник взамен воздуха подаются смеси из  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ .

Примерами известного уровня техники являются EP 1 037 005 B1, JP 2007-126328 A или DE 100 13 929 C2.

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

Вследствие этого задача настоящего изобретения состояла, в частности, в том, чтобы предложить улучшенные установки и способы производства цементного клинкера, которые не имеют недостатков известного уровня техники и являются усовершенствованными с точки зрения экономии и экологии по сравнению с установками и способами предшествующего уровня техники.

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

Другие варианты осуществления изобретения будут понятны из приведенного ниже описания.

Настоящее изобретение в одном варианте осуществления относится к установке с вращающейся печью для производства цементного клинкера, которая содержит устройство, выполненное с возможностью подачи кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, из первой секции холодильника, граничащей непосредственно с головкой печи, во вращающуюся печь и, при необходимости, – дополнительно в кальцинатор, причём

установка выполнена с возможностью подведения газовых потоков, которые в сумме состоят более чем на 50 об.%, предпочтительно – более чем на 85 об.%, из кислорода, в указанные процессы сжигания.

В другом варианте осуществления настоящее изобретение относится, соответственно, к способу производства цементного клинкера, согласно которому кислородсодержащий газ, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, подают из первой секции холодильника, граничащей непосредственно с головкой печи, во вращающуюся печь и, при необходимости, – дополнительно в кальцинатор, причём подводимые к указанным процессам сжигания газовые потоки в сумме состоят более чем на 50 об.%, предпочтительно – более чем на 85 об.%, из кислорода.

Установка по изобретению или способ по изобретению могут также сравниваться с вариантом осуществления кислородно-топливного процесса.

По сравнению с известными концепциями установка по настоящему изобретению отличается, в частности, тем, что в качестве вторичного газа в головку печи подаётся не традиционная  $O_2/CO_2$ -смесь, а используется настолько чистый, насколько возможно, газообразный кислород. До настоящего времени это подробно не рассматривалось из-за ожидаемых проблем, связанных с более высокими температурами сжигания во вращающейся трубчатой печи и меньшими газовыми объёмными потоками (т.е. более низкой ёмкости по нагрузке газа или газов частицами твёрдого материала в кальцинаторе и зонах устройства предварительного нагрева). Однако благодаря внесению нескольких целенаправленных корректировок в процесс указанные проблемы удалось преодолеть и достигнуть в итоге значительного уменьшения высоты конструкции и сокращения потребности в площади для размещения установки при одновременном повышении концентрации  $CO_2$  в отходящем газе.

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

В предпочтительных вариантах осуществления настоящего изобретения циклонное устройство предварительного нагрева состоит из многоступенчатого каскада циклонов, который работает на значительно меньшем количестве газа. Объёмный поток отходящего газа ниже по ходу потока от устройства предварительного нагрева составляет примерно от 0,50 до 0,70 нормальных  $m^3/kg$  клинкера. Соответственно соотношение загруженного

количества твердого материала к отходящему газу может быть выше, чем раньше, и составляет в одном варианте от 1 до 2 кг твердого материала/кг газа, предпочтительно – от 1,3 до 1,9 кг твердого материала/кг газа. Параллельно каскаду циклонов предусмотрена дополнительная ступень циклона, в которую поступает горячий воздух из холодильника. По отношению к потоку муки эта дополнительная ступень в предпочтительном варианте осуществления размещается посередине внутри каскада циклонов.

Если отходящий воздух из холодильника подлежит использованию для целей, отличных от предварительного нагревания муки, то возможно также, чтобы этот предварительный нагрев осуществлялся только отходящим газом из кальцинатора.

В других вариантах осуществления настоящего изобретения устройство предварительного нагрева может быть выполнено в виде реактора с псевдооживленным слоем, в частности, с так называемым образующим пузыри псевдооживленным слоем.

Соответственно в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения на стадии предварительного нагрева соотношение загруженного твердого материала к отходящему газу устанавливают на уровне более 1,0 кг, предпочтительно – более 1,3 кг, твердого материала на каждый 1 кг газа, предпочтительно – от 1 до 2 кг твердого материала/кг газа, особенно предпочтительно – от 1,3 до 1,9 кг твердого материала/кг газа, либо установка соответственно выполнена с возможностью установления такого соотношения (загруженное количество твердого материала к потоку отходящего газа) в устройстве предварительного нагрева.

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

Соответственно в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения на стадии кальцинирования соотношение загруженного твердого материала к отходящему газу устанавливают на уровне более 1,0 кг, предпочтительно – более 1,3 кг, твердого

материала/кг газа, предпочтительно – от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно – от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа, либо установка соответственно выполнена с возможностью установления такого соотношения в кальцинаторе.

Поскольку установка в рамках настоящего изобретения предпочтительно работает без “третичного воздуха” или “третичного газа” (т.е. газового потока, который обходит печь по байпасу и подключён к кальцинатору), то можно использовать, например, отдельную камеру сгорания, имеющую отличную от обычной конструкцию, в которую поступает “третичный воздух” или “третичный газ”.

Возможными альтернативами в рамках настоящего изобретения предпочтительно являются обтекание топлива в наклонной зоне кальцинатора отходящим газом печи, как в варианте со встроенным кальцинатором, или укороченная конструкция, как в варианте с кальцинатором без зон уклона.

Во вращающуюся печь в рамках настоящего изобретения поступает поток горячего газа из передней секции холодильника. Этот газ представляет собой кислородсодержащий газ, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более.

В варианте осуществления настоящего изобретения этот газ представляет собой настолько чистый кислород, насколько возможно (более 90%).

Горелка вращающейся печи направляет топливо в зону спекания, для чего в качестве транспортирующего газа для топлива используется рециркулирующий  $\text{CO}_2$  или смесь из  $\text{CO}_2$  и кислорода.

Количество топлива в рамках настоящего изобретения выбирают таким образом, чтобы достигались требуемые свойства зоны спекания. При производстве цементного клинкера процесс сжигания происходит в горячей первой зоне печи, занимающей примерно 1/3 общей длины печи, функцией которой является формирование  $\text{C}_3\text{S}$  (трикальцийсиликат, или алит) и в самом горячем месте которой температуры материала достигают более  $1450^\circ\text{C}$ . Чтобы гарантировать достаточную продолжительность горячей зоны – примерно до одной трети печи, в некоторых вариантах осуществления допустимо использовать относительно более крупнокусковое топливо по сравнению с уровнем техники, поскольку в горячей атмосфере кислорода происходит очень быстрое выгорание. Одновременно или альтернативно можно уменьшить количество первичного газа и/или давление сжатия, развиваемое воздуходушным устройством, которое обычно необходимо в горелках вращающейся печи для формирования пламени. Оба этих варианта ведут к экономии расходуемой электроэнергии и к меньшим турбомашинам для повышения

давления и ускорения первичного газа. Обработанное в зоне спекания количество топлива составляет 20% или более от общего количества тепла от сжигания топлива. Поскольку во вращающуюся печь подводится всё количество кислорода, которое необходимо для процесса сжигания, избыток кислорода в зоне спекания составляет примерно  $\lambda = 5$  (т.е. избыток по отношению к количеству кислорода, необходимому для сжигания).

Однако в рамках настоящего изобретения с таким же успехом можно обжигать клинкер с высоким содержанием  $C_3S$  и низким содержанием  $C_2S$  (дикальцийсиликат). Минералогический состав клинкера задается, как правило, посредством смеси сырьевой муки. Традиционными показателями цементного клинкера, содержащего 65%  $C_3S$ , 13%  $C_2S$  и др., являются степень насыщения известью порядка 95,  $TM=2,3$  (глинозёмный модуль),  $SM=2,5$  (силикатный модуль). Если в зоне спекания устанавливается более высокая температура при том же самом времени пребывания, то это сделает возможным повышение степени насыщения известью. В этом случае при том же самом содержании свободной извести в продукте достигается более высокое содержание  $C_3S$ . Клинкеры, богатые по содержанию  $C_3S$ , достигают лучших прочностных характеристик в цементе по сравнению с клинкерами с более низким содержанием  $C_3S$ . Поскольку компонент  $C_2S$  труднее поддаётся помолу, чем компонент  $C_3S$ , более высокое содержание  $C_3S$  приводит, в частности, к снижению необходимых затрат электроэнергии для помола цемента.

Альтернативная возможность заключается в том, чтобы сократить время пребывания материала в печи. В вариантах возможно сократить время пребывания в печи, если производство цементного клинкера с вышеуказанными “стандартными показателями” будет вестись при относительно более высоких температурах. Предпочтительный вариант осуществления мог бы заключаться в том, чтобы быстрее вращать печь (например, при более чем 5 об./мин) и/или чтобы предусмотреть меньший уклон печи.

Из-за сильно повышенного количества кислорода, доступного в зоне спекания, можно ожидать быстрого выгорания даже менее хорошо подготовленного топлива. При этом речь может идти о топливе с более крупными кусками, с большей влажностью или топливе с более низким показателем теплоты сгорания. Если в способе по изобретению используется, например, твёрдое топливо, такое как уголь, то требуется менее тонкий его размол. Это экономит электроэнергию, которая в противном случае пошла бы на измельчение топлива. Но топливо также может быть и менее хорошо просушенным. Это экономит тепловую энергию, которая использовалась бы в противном случае. Таким образом, способ по изобретению и установка по изобретению выгодны, в частности, с точки зрения возможности использования отходов, так называемых топливо-заменителей.

В рамках настоящего изобретения пламя в обжиговой печи может охлаждаться, например, тремя следующими методами А), В) и С) или их комбинацией. Это, в частности, предпочтительно в том случае, если необходимое для сжигания количество топлива или режимы процесса сжигания, в частности, сильно обогащённая кислородом атмосфера, приводят к слишком высоким температурам пламени.

А) Рециркуляция части отходящего газа печи на впускное отверстие печи в комбинации с целенаправленным охлаждением этого газа. Охлаждение газа предпочтительно осуществляется косвенным методом с использованием теплообменника, которому может предшествовать пылеулавливающее устройство, такое как, например, разделительный циклон. Количество тепла, удаленное косвенным теплообменом, может хорошо вписаться в концепцию рекуперации отходящего тепла.

В) Рециркуляция части отходящего газа печи по отдельной нитке кальцинирования, за которой следует разделительный циклон, в комбинации с целенаправленным охлаждением этого газа. Охлаждение газа осуществляется предпочтительно прямым методом в отдельном кальцинаторе с разделительным циклоном путём подачи части сырьевой муки, которая не была подвергнута удалению кислоты, в газовый поток, за счёт чего может регулироваться температура газа.

С) Введение клинкерной пыли в поступающий в печь горячий воздух. При её наличии практически увеличивается продолжительность пламени, горячие зоны печи смещаются в направлении середины печи, входная зона печи также работает при более высокой температуре. Всё это приводит к уменьшению потребности в тепле в зоне кальцинатора.

Холодильник или клинкерный холодильник в рамках настоящего изобретения технологически можно разделить по меньшей мере на три функционально-различные части:

– первую часть, в которую вводится кислородсодержащий газ и в которой кислород предварительно нагревается и подаётся во вращающуюся печь. Эта часть отличается от традиционного способа производства цемента и от известных кислородно-топливных способов тем, что, в отличие от традиционных способов производства цемента, не вводят атмосферного воздуха, а, в отличие от известных кислородно-топливных способов, не предусматривается предварительного смешивания рециркулирующего отходящего газа из устройства предварительного нагрева с кислородом, благодаря чему в печь подводится меньшее количество газа. Но, в то же время, тепло из горячего печного продукта рекуперруется и рециркулируется во вращающуюся печь, причём газовый поток (по причине своего меньшего количества по сравнению с другими способами) может быть

значительно горячее. В одном варианте настоящего изобретения в эту часть подаётся количество кислорода, достаточное для сгорания в печи и кальцинаторе.

– Вторую часть, в которой происходит разделение между горячим газовым потоком, подаваемым во вращающуюся печь, и подаваемым мимо печи газовым потоком.

Разделение может, например, осуществляться

(а) механически, например, с помощью дробилки, при необходимости вкупе с предшествующим объёмным столбом материала, или с помощью расположенной над слоем клинкера разделительной перегородки, которая разделяет газовые пространства, либо

(б) с помощью системы, состоящей из двух или более объёмных разделительных устройств, причём в образующееся промежуточное пространство подаётся промежуточный газ, который в процессе сгорания выступает либо как инертный газ (в частности,  $\text{CO}_2$ , Ar,  $\text{H}_2\text{O}$ ), либо как газ горения ( $\text{O}_2$ ), или как смесь этих газов.

– Третью часть, в которой происходит окончательное охлаждение клинкера любой средой. При этом имеется в виду традиционно воздух или рециркулирующий внутри газовый поток, который подаётся в холодильник с целью дополнительного нагревания, например, для дальнейшего использования в системе рекуперации отработанного тепла.

В рамках настоящего изобретения может возникнуть значительный избыток тепла из-за малого количества газа, отбираемого из холодильника в качестве воздуха горения, например, при использовании воздухоохладителя с поперечным обдувом. Выходящий клинкер, теплосодержание которого не используется для сжигания, может иметь температуру около  $1000^\circ\text{C}$ . Избыток тепла может образоваться при охлаждении клинкера примерно с  $1000^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ . Это тепло, с одной стороны, может использоваться для обеспечения теплом промежуточной ступени предварительного нагрева в устройстве предварительного нагрева и подачи оставшегося тепла в сырьевую мельницу. Альтернативно это тепло может использоваться, по меньшей мере частично, для выработки электрической энергии.

Если рассматривать классический пароводяной цикл, то в нём, по сравнению с традиционно работающими установками для производства цемента, может достигаться значительно более высокое давление горячего водяного пара, так как температурный уровень газа на последней ступени перегревателя составляет вплоть до  $900^\circ\text{C}$  или в отдельных вариантах даже выше. Это намного выше по сравнению с температурами порядка примерно  $350^\circ\text{C}$ - $400^\circ\text{C}$ , обычно имеющими место ниже по ходу потока от устройства предварительного нагрева. Поэтому паровая турбина также может достигать более высокого кпд. Кроме того, при выработке электрической энергии также возникают

меньшие потери тепла, поскольку теплообменники, используемые для отбора тепла, могут размещаться близко друг к другу.

Для того чтобы предварительно подсушить сырьевую муку в сырьевой мельнице так, чтобы в устройстве предварительного нагрева лишь относительно небольшая часть тепловой производительности тратилась на сушку, интерес обычно вызывает подвод тепла в систему и в меньшей степени заданная температура. Для этого может использоваться либо не использованный для утилизации отработанного тепла отходящий газ холодильника, либо газовый поток от утилизации отработанного тепла. Последний имеет, как правило, ещё достаточно высокую температуру и теплосодержание для реализации процесса сушки сырьевой муки.

Идеальным и, таким образом, предпочтительным является расположение сырьевой мельницы вблизи холодильника, чтобы поддерживались короткие пути движения газа в газовой системе. При промежуточной утилизации отработанного тепла, например, для выработки электрической энергии, мельница размещается ниже по ходу потока от холодильника.

В кислородно-топливном способе, как и в традиционном способе производства цементного клинкера, происходит циркуляция вредных веществ. Если внутренняя циркуляция вредных веществ между печью и устройством предварительного нагрева происходит так же, как она происходит при производстве клинкера по отношению к сере и хлору, то в этом случае также необходима система, которая на участке между печью и устройством предварительного нагрева или печью и кальцинатором удаляла бы вредные вещества из контура циркуляции. Если для снижения уровня содержания вредного вещества удаляется твёрдый материал и затем подвергается дальнейшей обработке вне установки, то никаких изменений в традиционном способе производства клинкера не произойдёт. Если же отводится газовый поток, поскольку содержание хлора является высоким, то этот поток будет также содержать высокую долю кислорода. В традиционных вращающихся печах в настоящее время отводимое количество байпасного газа составляет 15% в пересчёте на присутствующий во входной зоне печи общий газовый поток. Поскольку кислород кислородсодержащего газа по настоящему изобретению прежде был получен, например, путём разделения воздуха, т.е. энергетически затратным способом, то имеет смысл этот поток вновь направить в кальцинатор в качестве газа горения.

Поэтому в вариантах осуществления настоящего изобретения для байпасной установки предусмотрена следующая схема подключения. Байпасный поток отводится из входной зоны печи, смешивается с холодным возвратным газом, затем дополнительно охлаждается примерно до 140°C в газо-газовом теплообменнике и в испарительной

градирне и затем обеспыливается, причём вредные вещества – преимущественно щёлочи, сера и хлор – конденсируются на уловленной фильтром пыли и вместе с нею отделяются. Оставшийся газовый поток разделяется и подаётся в следующий холодильник, причём этот холодильник предпочтительно охлаждает косвенным методом и при известных условиях может охлаждать до температуры ниже точки росы, так что содержащаяся в газе влага конденсируется. Эта часть используется для охлаждения горячего байпасного газа. Другую часть, прежде чем рециркулировать её в кальцинатор, целесообразно по меньшей мере частично освободить от влаги, а затем нагреть в газо-газовом теплообменнике отходящим газом, который был охлажден в байпасном холодильнике. Вода, используемая в испарительной градирне, после отбора из хранилища для воды подогревается с помощью теплообменника косвенного нагрева для того, чтобы остудить воду, выходящую из впрыскивающего охладителя. Вода, выходящая из впрыскивающего охладителя, дополнительно охлаждается в воздушном охладителе, а затем частично подаётся в резервуар для воды либо рециркулируется во впрыскивающий охладитель.

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу получения гидравлического вяжущего, предпочтительно – цементного клинкера,

из по меньшей мере одного исходного материала, включающему по меньшей мере стадии предварительного нагрева исходного материала, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемуся тем, что суммарные газовые потоки, подводимые в процессы сжигания, состоят более чем на 50 об.%, предпочтительно – более чем на 85 об.%, из кислорода.

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу производства цементного клинкера и/или гидравлического клинкера, при этом речь может идти о портландцементном клинкере, включающему устройство предварительного нагрева, кальцинатор, (работающий по принципу взвешенного потока), вращающуюся печь и холодильник, отличающемуся тем, что газ, подаваемый из холодильника в печную установку (вращающаяся печь и кальцинатор) состоит более чем на 50 об.%, предпочтительно – более чем на 85 об.%, из кислорода.

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу получения гидравлического вяжущего из по меньшей мере одного исходного материала, включающему по меньшей мере стадии предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования

гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемся тем, что газовые потоки, подводимые в процессы сжигания, содержат более 50 об.% кислорода и состоят менее чем на 50 об.% из рециркулированного отходящего газа от процесса сжигания, который отличается содержанием азота менее 8 об.% во влажном стандартном состоянии.

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу производства гидравлического цементного клинкера из по меньшей мере одного исходного материала, включающему по меньшей мере стадии предварительного нагрева исходного материала, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемся тем, что предварительный нагрев осуществляют в циклонном устройстве предварительного нагрева, в котором соотношение подведенного твёрдого материала к отходящему газу составляет от более чем 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, предпочтительно – от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа.

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

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу производства гидравлического цементного клинкера из по меньшей мере одного исходного материала, включающему по меньшей мере стадии предварительного нагрева исходного материала, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемся тем, что в головку печи/зону сжигания, т.е. основную горелку, рециркулируют частичный газовый поток из компонентов установки, расположенных выше по ходу потока в направлении потока материала (например, из входной зоны печи или из положения ниже по ходу потока от кальцинатора).

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу производства гидравлического цементного клинкера из по меньшей мере одного

исходного материала, включающему по меньшей мере стадии предварительного нагрева исходного материала, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемся тем, что в первую секцию холодильника подают газ с содержанием кислорода 85 об. %.

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

Один вариант осуществления настоящего изобретения относится к способу производства гидравлического цементного клинкера из по меньшей мере одного исходного материала, включающему по меньшей мере стадии сушки и помола сырьевого материала, предварительного нагрева исходного материала, кальцинирования предварительно нагретого исходного материала, обжига кальцинированного исходного материала с целью образования гидравлически активных минеральных фаз, охлаждения гидравлического вяжущего, отличающемся тем, что богатый кислородом газ, извлечённый из входной зоны печи, после обеднения серой, хлором и подобными компонентами, рециркулируют в печную систему. В этом варианте осуществления, с одной стороны, улавливается и остаётся пригодным для дальнейшего использования кислород, производство которого чаще всего дорогостоящее, а, с другой стороны, достигается осаждение отходов – хлора и серы – на пыль.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий газ представляет собой обеднённый по  $N_2$  воздух, в частности, очень сильно обеднённый по  $N_2$  воздух.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий газ представляет собой сильно обогащённый  $O_2$  воздух.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий газ представляет собой (технически) чистый кислород.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения кислородсодержащий

газ не является смесью  $O_2/CO_2$ .

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

В одном варианте осуществления настоящего изобретения подводимый газовый поток не содержит рециркулирующий газ.

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

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

В одном варианте осуществления настоящего изобретения улетучиваются лишь небольшие доли, предпочтительно – никакие доли кислородсодержащего газа в качестве отработанного воздуха из холодильника.

В рамках настоящего изобретения в некоторых вариантах его осуществления подводимая к вращающейся печи (вторичный агрегат для спекания вяжущего) энергия топлива составляет менее 33% (1/3) количества энергии, которое необходимо для процесса.

В рамках настоящего изобретения в некоторых вариантах его осуществления вводимое во вращающуюся печь количество тепла составляет менее 30% общего количества тепла, подводимого в процесс, причём общая тепловая энергия соответствует сумме тепловой энергии, подводимой к вращающейся печи, кальцинатору, каналу отходящего газа и отходящих газов вращающейся печи.

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

В рамках настоящего изобретения в некоторых вариантах его осуществления концентрация  $CO_2$  в отходящем газе составляет выше 85% или более.

В рамках настоящего изобретения в некоторых вариантах его осуществления рециркуляция отходящего газа ограничена менее чем 15%.

В рамках настоящего изобретения ниже по ходу потока от устройства

предварительного нагрева возможно получить  $\text{CO}_2$  со значительно более высокой степенью чистоты, так что дальнейшая переработка в сравнении с существующим уровнем техники является более легкой или является более выгодной.

В рамках настоящего изобретения количества газа и топлива можно согласовать друг с другом таким образом, чтобы вопреки ожиданиям уровня техники более высокие температуры сжигания и меньшие объёмные газовые потоки вызывали гораздо меньше или даже совсем не вызывали проблем.

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

I. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии

a) предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования,

b) кальцинирования предварительно нагретого исходного материала,

c) обжига кальцинированного исходного материала в печи,

d) охлаждения цементного клинкера,

отличающийся стадией

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

i) вращающуюся печь и

ii) при необходимости дополнительно в кальцинатор.

Ia. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии

a) предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования,

b) кальцинирования предварительно нагретого исходного материала,

c) обжига кальцинированного исходного материала в печи,

d) охлаждения цементного клинкера,

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

i) вращающуюся печь и

ii) при необходимости дополнительно в кальцинатор,

отличающийся тем, что подводимые в указанные процессы сжигания газовые потоки в сумме состоят более чем на 50 об.%, предпочтительно – более чем на 85 об.%, из кислорода.

II. Способ согласно варианту осуществления I или Ia, отличающийся тем, что на стадии (а) устанавливают соотношение поданного твёрдого материала к отходящему газу, составляющее более 1,0 кг, предпочтительно – более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно – от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно – от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа, причём устройство предварительного нагрева предпочтительно является циклонным устройством предварительного нагрева.

III. Способ согласно варианту осуществления I, Ia или II, отличающийся тем, что на стадии (b) устанавливают соотношение поданного твёрдого материала к отходящему газу, составляющее более 1,0 кг, предпочтительно – более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно – от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно – от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа, причём кальцинатор предпочтительно является кальцинатором, работающим по принципу взвешенного потока.

IV. Способ по любому из вариантов осуществления I-III, отличающийся тем, что в кальцинатор, который предпочтительно является кальцинатором, работающим по принципу взвешенного потока, имеющим невертикальную секцию, загружают крупнокусковое топливо с длиной кромки 70 мм или более, предпочтительно – 100 мм или более, так что оно омывается горячими газами в кальцинаторе.

V. Способ по любому из вариантов осуществления I-IV, отличающийся тем, что в головку печи для сжигания рециркулируют частичный газовый поток из компонентов установки, расположенных выше по потоку в направлении потока материала, предпочтительно из входной зоны печи или из положения ниже по ходу потока от кальцинатора.

VI. Способ по любому из вариантов осуществления I-V, отличающийся тем, что горячий отходящий воздух из клинкерного холодильника подают

а) по меньшей мере частично на предварительное нагревание

или

б) по меньшей мере частично на сушку и помол,

или

с) по меньшей мере частично на предварительное нагревание, а затем на сушку и помол,

при этом избегают смешения с отходящим газом от процесса кальцинирования и обжига.

VII. Способ согласно любому из вариантов осуществления I-VI, отличающийся тем, что богатый кислородом газ, извлечённый из входной зоны печи, после обеднения по

меньшей мере серой и хлором рециркулируют в печную систему.

VIII. Способ согласно любому из вариантов осуществления I-VII, отличающийся тем, что газ содержит

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

либо

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

либо

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

IX. Способ согласно любому из вариантов осуществления I-VIII, отличающийся тем, что подаваемые количества газа и топлива регулируют в зависимости от температуры сжигания и газовых объёмных потоков.

X. Способ согласно любому из вариантов осуществления I-IX, отличающийся тем, что введение кислородсодержащего газа задают таким образом, чтобы в главной горелке был избыток кислорода, а остаточные количества кислорода попадали в кальцинатор для сгорания в нем.

XI. Способ согласно любому из вариантов осуществления I-X, отличающийся тем, что введение кислородсодержащего газа осуществляют исключительно на стороне расположенного в холодильнике устройства разделения газов, которая непосредственно граничит с головкой печи,

причём устройство разделения газов

i) является механическим устройством разделения газов,

ii) системой, основанной на подаче защитного газа, или

iii) комбинированной системой.

XII. Установка для производства цементного клинкера, содержащая устройство предварительного нагрева,

кальцинатор,

вращающуюся печь и

клинкерный холодильник,

отличающаяся тем, что установка в граничащей непосредственно с головкой печи секции холодильника содержит устройство для подачи газа из холодильника во

i) вращающуюся печь и  
ii) при необходимости дополнительно в кальцинатор,  
причём подаваемый газ содержит долю азота 15 об.% или менее и долю кислорода 50 об.% или более.

ХПа. Установка для производства цементного клинкера, содержащая устройство предварительного нагрева, кальцинатор, вращающуюся печь и клинкерный холодильник, причём установка в граничащей непосредственно с головкой печи секции холодильника содержит устройство для подачи газа из холодильника во

i) вращающуюся печь и  
ii) при необходимости дополнительно в кальцинатор,  
причем указанное устройство выполнено с возможностью подачи газа с долей азота 15 об.% или менее и с долей кислорода 50 об.% или более, и

причём установка выполнена с возможностью подвода газовых потоков, которые в сумме состоят более чем на 50 об.%, предпочтительно – более чем на 85 об.%, из кислорода, в процессы сжигания.

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

При этом, например, различные конфигурации, осуществления и варианты настоящего изобретения (но не ограничиваясь только ими) в различных пунктах формулы могут, например, комбинироваться друг с другом любым желаемым образом, при том условии, что такие комбинации не имеют внутренних противоречий.

Настоящее изобретение может также комбинироваться со специальными объектами параллельного изобретения “Кислородно-топливное производство клинкера без рециркуляции отходящего газа из устройства предварительного нагрева”, в частности, в рамках следующих обозначенных римскими цифрами с СІ по СХІІ вариантов осуществления, причём эти комбинации также являются объектами настоящего изобретения.

Вариант осуществления СІ. Способ производства цементного клинкера,

включающий стадии

a) предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования,

b) кальцинирования предварительно нагретого исходного материала,

c) обжига кальцинированного исходного материала во вращающейся печи,

d) охлаждения цементного клинкера,

e) подачи кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, в

i) кальцинатор,

отличающийся тем, что

- для кальцинирования не подают никаких газов из вращающейся печи,

- для предварительного нагрева используют одно- или многоходовое циклонное устройство предварительного нагрева, отдельные циклоны которого связаны друг с другом в виде каскада,

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

- не производят рециркуляции отходящего газа устройства предварительного нагрева.

Вариант осуществления С1а. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии

a) предварительного нагрева исходного материала до температуры кальцинирования,

b) кальцинирования предварительно нагретого исходного материала,

c) обжига кальцинированного исходного материала во вращающейся печи,

d) охлаждения цементного клинкера,

e) подачи кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, в

i) кальцинатор,

отличающийся тем, что

- для кальцинирования не подают никаких газов из вращающейся печи,

- для предварительного нагрева используют одно- или многоходовое циклонное устройство предварительного нагрева, отдельные циклоны которого связаны друг с другом в виде каскада,

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

- не производят рециркуляции отходящего газа подогревателя, и отличающийся тем, что на стадии (а) соотношение подаваемого твёрдого материала к отходящему газу задают на уровне более 1,0 кг твёрдого материала к газу.

Вариант осуществления СII. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI или CIa, отличающийся тем, что используют многоступенчатое одно- или многоходовое циклонное устройство предварительного нагрева.

Вариант осуществления СIII. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI, CIa или CII, отличающийся тем, что используют двухходовое циклонное устройство предварительного нагрева с числом ступеней от двух до шести, предпочтительно – пять ступеней.

Вариант осуществления CIV. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI-CIII, отличающийся тем, что между устройствами предварительного нагрева многоходового циклонного устройства предварительного нагрева после каждой ступени имеет место пересечение потоков муки, но пересечения газовых потоков не происходит.

Вариант осуществления CV. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI-CIV, отличающийся тем, что предварительный нагрев осуществляют с вовлечением по меньшей мере одного карбонизатора.

Вариант осуществления CVI. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI-CV, отличающийся тем, что в соединённое с карбонизатором устройство предварительного нагрева второго прохода устройств предварительного нагрева подают отходящие газы из вращающейся печи, причём отходящий газ содержит малую долю  $\text{CO}_2$  – менее 35% в сухом стандартном состоянии.

Вариант осуществления CVII. Способ согласно одному из вариантов осуществления CV-CVI, отличающийся тем, что температуру карбонизации задают посредством карбонизатора с холодильником.

Вариант осуществления CVIII. Способ согласно одному из вариантов осуществления CI-CVII, отличающийся тем, что температуру в кальцинаторе или количество газа в кальцинаторе, или температуру и количество газа в кальцинаторе регулируют за счёт частичной рециркуляции газов, причём рециркулируемые газы являются отходящими газами из одной из следующих за кальцинатором ступеней устройства предварительного нагрева, предпочтительно – из первой ступени устройства предварительного нагрева следующей после кальцинатора.

Вариант осуществления CIX. Способ согласно варианту осуществления CVIII, отличающийся тем, что подача рециркулируемого газа происходит после первого разделительного циклона или между первым и предпоследним разделительным циклоном

либо после нескольких разделительных циклонов.

Вариант осуществления СХ. Способ согласно одному из вариантов осуществления СI-CVII, отличающийся тем, что подаваемые в кальцинатор количества кислородсодержащего газа и топлива регулируют в зависимости от температуры кальцинирования и температуры в устройстве предварительного нагрева.

Вариант осуществления СХI. Способ согласно одному из вариантов осуществления СI-CX, отличающийся тем, что дополнительно осуществляют рециркуляцию отходящего газа кальцинатора.

Вариант осуществления СХII. Установка для производства цементного клинкера, содержащая устройство предварительного нагрева, кальцинатор, вращающуюся печь и клинкерный холодильник, причём установка содержит устройство для подачи газа в (i) кальцинатор, причём подаваемый газ содержит долю азота 15 об.% или менее и долю кислорода 50 об.% или более, отличающаяся тем, что в кальцинатор не подводится воздух из вращающейся печи, в качестве устройства предварительного нагрева используется циклонное устройство предварительного нагрева, отдельные циклоны которого связаны друг с другом, образуя каскад, и между отдельными циклонными устройствами предварительного нагрева возможно перемещение материала и/или газа, а устройства рециркуляции отходящего газа устройства предварительного нагрева не имеется.

Вариант осуществления СХIII. Установка для производства цементного клинкера, содержащая устройство предварительного нагрева, кальцинатор, вращающуюся печь и клинкерный холодильник, причём установка содержит устройство для подачи газа в (i) кальцинатор, причём подаваемый газ содержит долю азота 15 об.% или менее и долю кислорода 50 об.% или более, отличающаяся тем, что в кальцинатор не подводится воздух из вращающейся печи, в качестве устройства предварительного нагрева используется циклонное устройство предварительного нагрева, отдельные циклоны которого связаны друг с другом, образуя каскад, и между отдельными циклонными устройствами предварительного нагрева возможно перемещение материала и/или газа, а устройства рециркуляции отходящего газа устройства предварительного нагрева не имеется, и отличающаяся тем, что установка выполнена с возможностью задать в устройстве предварительного нагрева соотношение подаваемого твёрдого вещества к отходящему газу более 1,0 кг твёрдого вещества к газу.

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

### Краткое описание чертежей

Фиг. 1 иллюстративно показывает холодильник (клинкерный холодильник) К, который разделён на пять разных зон К1–К5 охлаждения. При этом газ подводится соответственно к различным воздуходувным устройствам G. С помощью сопряжённых с зонами К3-К5 воздуходувных устройств G подаётся охлаждающий воздух для клинкера, а не воздух горения в печь. С помощью сопряжённого с зоной К1 воздуходувного устройства подводится кислородсодержащий воздух А, который направляется в качестве воздуха горения в печь. С помощью сопряжённого с зоной К2 воздуходувного устройства подаётся защитный газ В. Этот защитный газ может состоять, например, на 85 об.% или более из диоксида углерода, а остаток приходится на инертный газ, или, например, состоять на 85 об.% или более из кислорода, а остаток приходится на инертный газ. При этом под инертным газом предпочтительно имеются в виду такие компоненты, как водяной пар, аргон и др. В обоих случаях газ В служит в качестве защитного газа для изолирования кислородной зоны от воздушной зоны холодильника. Помимо этого, на фиг. 1 представлен  $\text{CO}_2$ -делитель Та, который функционирует в результате подачи защитного газа.

Фиг. 2 иллюстративно показывает холодильник (клинкерный холодильник) К, который по сути аналогичен представленному на фиг. 1. Отличием от холодильника на фиг. 1 является только то, что  $\text{CO}_2$ -делитель Та выполнен как механический делитель, на котором разделение кислородсодержащего газа происходит посредством подачи защитного газа и механических средств, таких как, например, выполненные в виде маятника перегородки, подвижно лежащие на засыпанном слое (на засыпке). Хотя это не показано на фиг. 2, можно в случае необходимости отказаться от зоны К2, если механический  $\text{CO}_2$ -делитель является достаточно эффективным.

Фиг. 3 показывает две технологические схемы, которые иллюстрируют два возможных варианта настоящего изобретения, на которых горячий клинкер из печи поступает в зону 1 холодильника и одновременно из зоны 1 холодильника кислородсодержащий газ направляется в печь (рекуперация газа горения в печь). В зоне 1 холодильника размещено устройство разделения газов, которое, в свою очередь, связано с зоной 2 холодильника. После того как клинкер покинет зону 2 холодильника, а затем и установку, он доставляется в силос. В верхней части фиг. 2 показано механическое устройство 2b разделения газов между зоной 1 холодильника (соответствующей зоне К1 охлаждения) и зоной 2 холодильника (соответствующей зонам К3-К5 охлаждения), в то время как в нижней части фиг. 2 показано основанное на защитном газе устройство 2a разделения газов. Что касается зоны 2 холодильника, то в обоих вариантах производится

рекуперация тепла для других целей, а не для использования в процессах сжигания, причём теплоносителями являются воздух горения,  $\text{CO}_2$  и др. К зоне 2 холодильника примыкает в обоих случаях теплообменная система, которая может основываться на прямом или косвенном теплообмене. Помимо этого, для обоих вариантов представлена также обработка отходящих газов, которая может включать пылеудаление и/или дымовую трубу.

Фиг. 4 показывает схему установки для производства клинкера, на которой представлено вовлечение отходящего воздуха холодильника в процесс предварительного нагревания. При этом холодильник по сравнению с фиг. 1 и 2 представлен упрощённо в том смысле, что показано только воздуходувное устройство слева для подачи кислородсодержащего газа согласно настоящему изобретению и показаны остальные четыре воздуходушных устройства для подачи воздуха. В соответствии с представленным на этой фигуре вариантом осуществления отходящий воздух из холодильника через циклонный разделитель для отделения частиц твёрдого материала направляется в устройство предварительного нагрева.

Фиг. 5 описывает подобный вариант осуществления, как на фиг. 4, однако отходящее тепло используется здесь иначе, чем на фиг. 4. Отходящий воздух холодильника здесь также пропускается через циклонный разделитель, однако затем направляется не на ступень устройства предварительного нагрева, а пропускается через теплообменник и затем подводится в установку помола сырья для сушки сырьевой муки.

На фиг. 4 и 5 перемещение твёрдого материала показано в виде сплошных стрелок, а перемещение газообразных материалов показано пунктирными стрелками.

Список условных обозначений:

К холодильник (клинкерный холодильник)

Та устройство разделения газа с использованием защитного газа ( $\text{CO}_2$ -делитель (защитный газ))

Tb механическое устройство разделения газа или механическое устройство разделения газа в комбинации с защитным газом ( $\text{CO}_2$ -делитель (механический или комбинация механического с защитным газом))

G воздуходувное устройство

K1 зона 1 охлаждения (первая зона охлаждения)

K2 зона 2 охлаждения (вторая зона охлаждения)

K3 зона 3 охлаждения (третья зона охлаждения)

K4 зона 4 охлаждения (четвёртая зона охлаждения)

K5 зона 5 охлаждения (пятая зона охлаждения)

- А кислородсодержащий газ
  - В защитный газ
  - hV горячий воздух горения
  - Al отходящий воздух
  - О печь
  - КТ1 холодильник, секция 1
  - КТ2 холодильник, секция 2
  - АВ обработка отходящего газа
  - W теплообменная система
  - S силос
  - 1 устройство предварительного нагрева
  - 1a устройство предварительного нагрева (верхняя секция)
  - 1b устройство предварительного нагрева (нижняя секция)
  - 1с циклонное устройство предварительного нагрева с подачей отходящего воздуха
- холодильника
- 2 кальцинатор
  - 3 вращающаяся печь
  - 4a холодильник с кислородом в качестве охлаждающей среды
  - 4b холодильник с воздухом в качестве охлаждающей среды
  - 5 теплообменник воздух-воздух
  - 100 сырьевой материал
  - 100a,b горячая мука
  - 101 горячая мука к кальцинатору
  - 102 горячая мука к вращающейся печи
  - 103 горячий клинкер
  - 104 горячий клинкер (примерно 1000°C)
  - 105 холодный клинкер
  - 200 кислород (> 85%)
  - 201 вторичный газ
  - 202 отходящий газ печи
  - 203 отходящий газ кальцинатора
  - 203a отходящий газ нижней секции устройства предварительного нагрева
  - 204 отходящий газ устройства предварительного нагрева
  - 300 подаваемый воздух холодильника
  - 301 отходящий воздух холодильника

302 отходящий воздух холодильника к сырьевой мельнице

400 воздух к теплообменнику

401 нагретый воздух к сырьевой мельнице

500 топливо для основного обжига

501 топливо для кальцинатора.

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Способ производства цементного клинкера, включающий стадии, на которых:
  - a) осуществляют предварительный нагрев исходного материала до температуры кальцинирования,
  - b) осуществляют кальцинирование предварительно нагретого исходного материала,
  - c) осуществляют обжиг кальцинированного исходного материала во вращающейся печи,
  - d) осуществляют охлаждение цементного клинкера,
  - e) осуществляют подачу кислородсодержащего газа, в котором доля азота составляет 15 об.% или менее и доля кислорода составляет 50 об.% или более, из первой секции холодильника, граничащей непосредственно с головкой печи, во
    - i) вращающуюся печь, отличающийся тем, что газовые потоки, подводимые в указанные процессы горения, состоят в сумме более чем на 50 об.% из кислорода.
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что стадия (e) дополнительно включает
  - ii) подачу указанного кислородсодержащего газа в кальцинатор.
3. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что на стадии (a) задают соотношение поданного твёрдого материала к отходящему газу, составляющее более 1,0 кг, предпочтительно – более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно – от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно – от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа, при этом для предварительного нагрева предпочтительно используют по меньшей мере одно циклонное устройство предварительного нагрева.
4. Способ по любому из пп. 1-3, отличающийся тем, что на стадии (b) задают соотношение поданного твёрдого материала к отходящему газу, составляющее более 1,0 кг, предпочтительно – более 1,3 кг, твёрдого материала на 1 кг газа, предпочтительно – от 1 до 2 кг твёрдого материала/кг газа, особенно предпочтительно – от 1,3 до 1,9 кг твёрдого материала/кг газа, при этом кальцинатор предпочтительно представляет собой кальцинатор, работающий по принципу взвешенного потока.
5. Способ по любому из пп. 1-4, отличающийся тем, что в кальцинатор, который предпочтительно является кальцинатором, работающим по принципу взвешенного потока, имеющим неvertикальную секцию, загружают крупнокусковое топливо с длиной кромки 70 мм или более, предпочтительно – 100 мм или более, таким образом, чтобы оно омывалось горячими газами в кальцинаторе.
6. Способ по любому из пп. 1-5, отличающийся тем, что в головку печи для сжигания рециркулируют частичный газовый поток из компонентов установки,

расположенных выше по ходу потока в направлении потока материала, предпочтительно из входной зоны печи или из положения ниже по ходу потока от кальцинатора.

7. Способ по любому из пп. 1-6, отличающийся тем, что горячий отходящий воздух из клинкерного холодильника подают

a) по меньшей мере частично на предварительный нагрев

или

b) по меньшей мере частично на сушку и помол,

или

c) по меньшей мере частично на предварительный нагрев и затем на сушку и помол,

при этом избегают смешения с отходящим газом из процессов кальцинирования и обжига.

8. Способ по любому из предшествующих пп. 1-7, отличающийся тем, что отобранный из входной зоны печи богатый кислородом газ после обеднения по меньшей мере серой и хлором рециркулируют в печную систему.

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

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

ii) содержит 10 об.% или менее азота, предпочтительно – 8 об.% или менее, 6 об.% или менее, 4 об.% или менее, либо содержит азот в количестве ниже предела обнаружения,

либо

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

10. Способ по любому из пп. 1-9, отличающийся тем, что подаваемые количества газа и топлива регулируют в зависимости от температуры сжигания и газовых объемных потоков.

11. Способ по любому из пп. 1-10, отличающийся тем, что введение указанного кислородсодержащего газа регулируют таким образом, чтобы подаваемого кислорода было достаточно для полного сжигания в главной горелке и в кальцинаторе.

12. Способ по любому из пп. 1-11 отличающийся тем, что введение указанного кислородсодержащего газа осуществляют исключительно на стороне расположенного в

холодильнике устройства разделения газов, которая непосредственно граничит с головкой печи, причём устройство разделения газов

- i) является механическим устройством разделения газа,
- ii) системой, основанной на подаче защитного газа, или
- iii) комбинированной системой.

13. Установка для производства цементного клинкера, содержащая:

устройство предварительного нагрева,

кальцинатор,

вращающуюся печь и

клинкерный холодильник,

причём установка в граничащей непосредственно с головкой печи секции

холодильника содержит устройство для подачи газа из холодильника во

- i) вращающуюся печь,

причем указанное устройство выполнено с возможностью подачи газа с долей азота 15 об.% или менее и с долей кислорода 50 об.% или более, и

причём установка выполнена с возможностью подведения в указанные процессы сгорания газовых потоков, которые в сумме состоят более чем на 50 об.% из кислорода.

14. Установка по п. 13, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит

- ii) устройство для подачи указанного кислородсодержащего газа в кальцинатор.

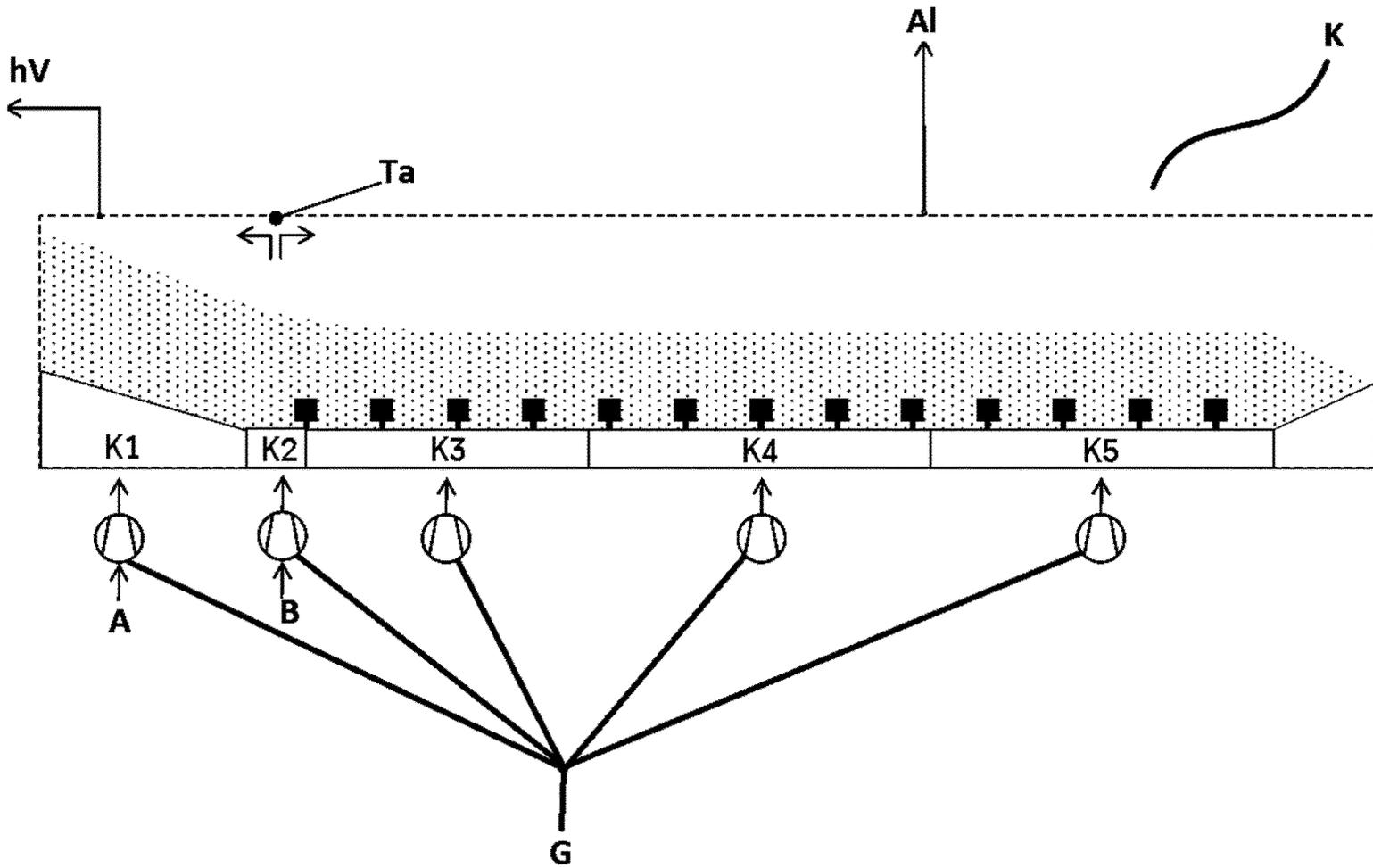


Fig. 1

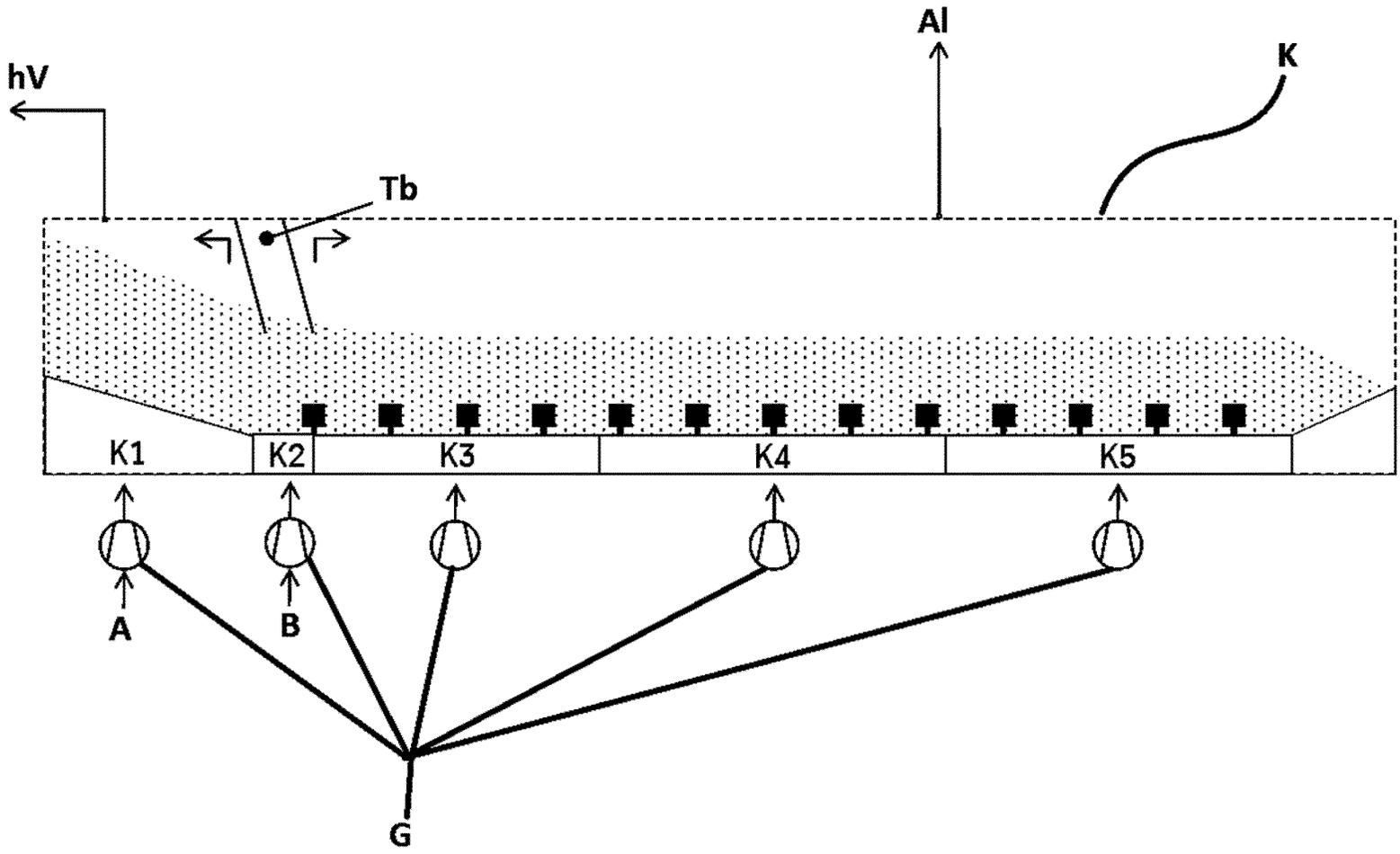


Fig. 2

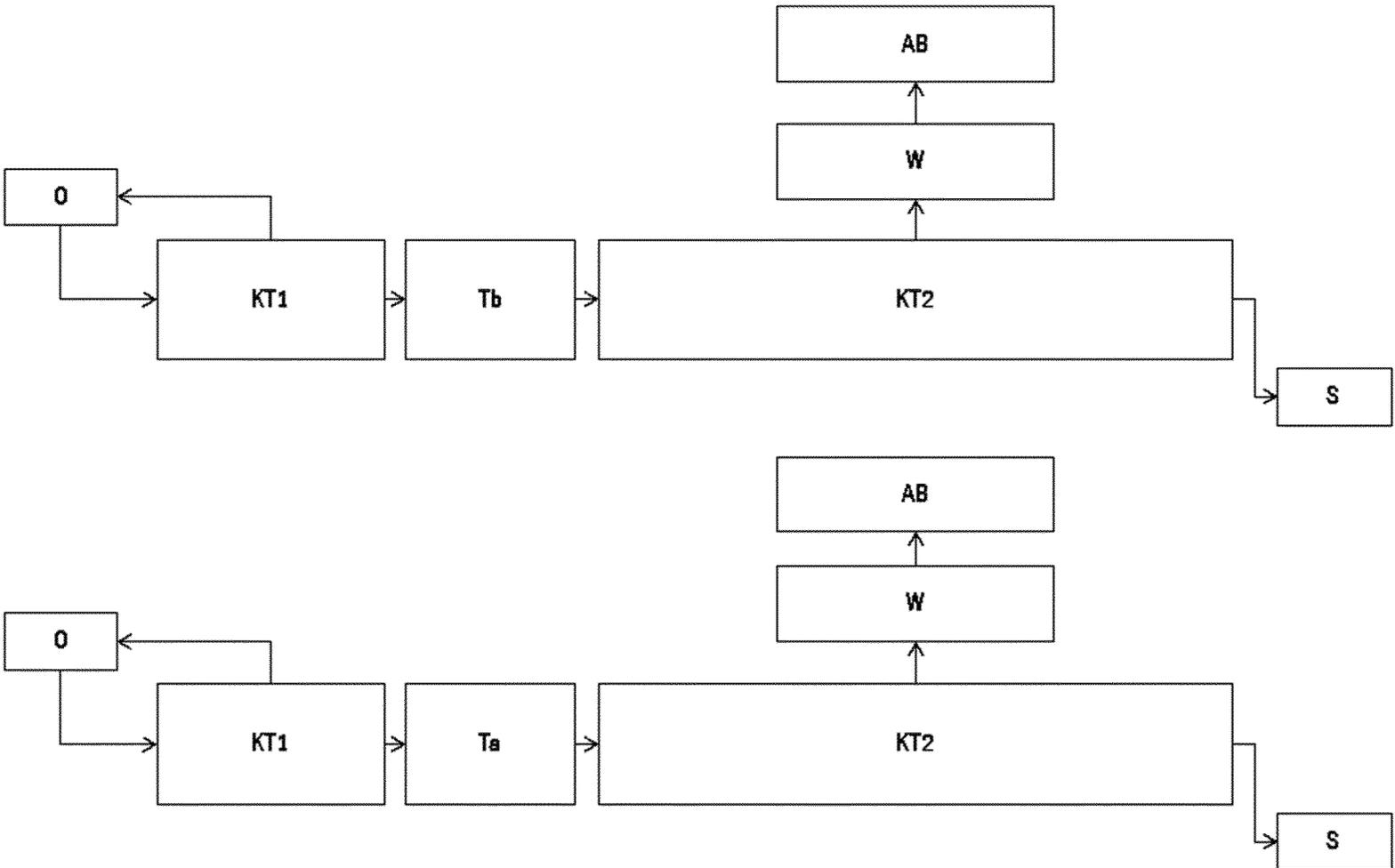


Fig. 3

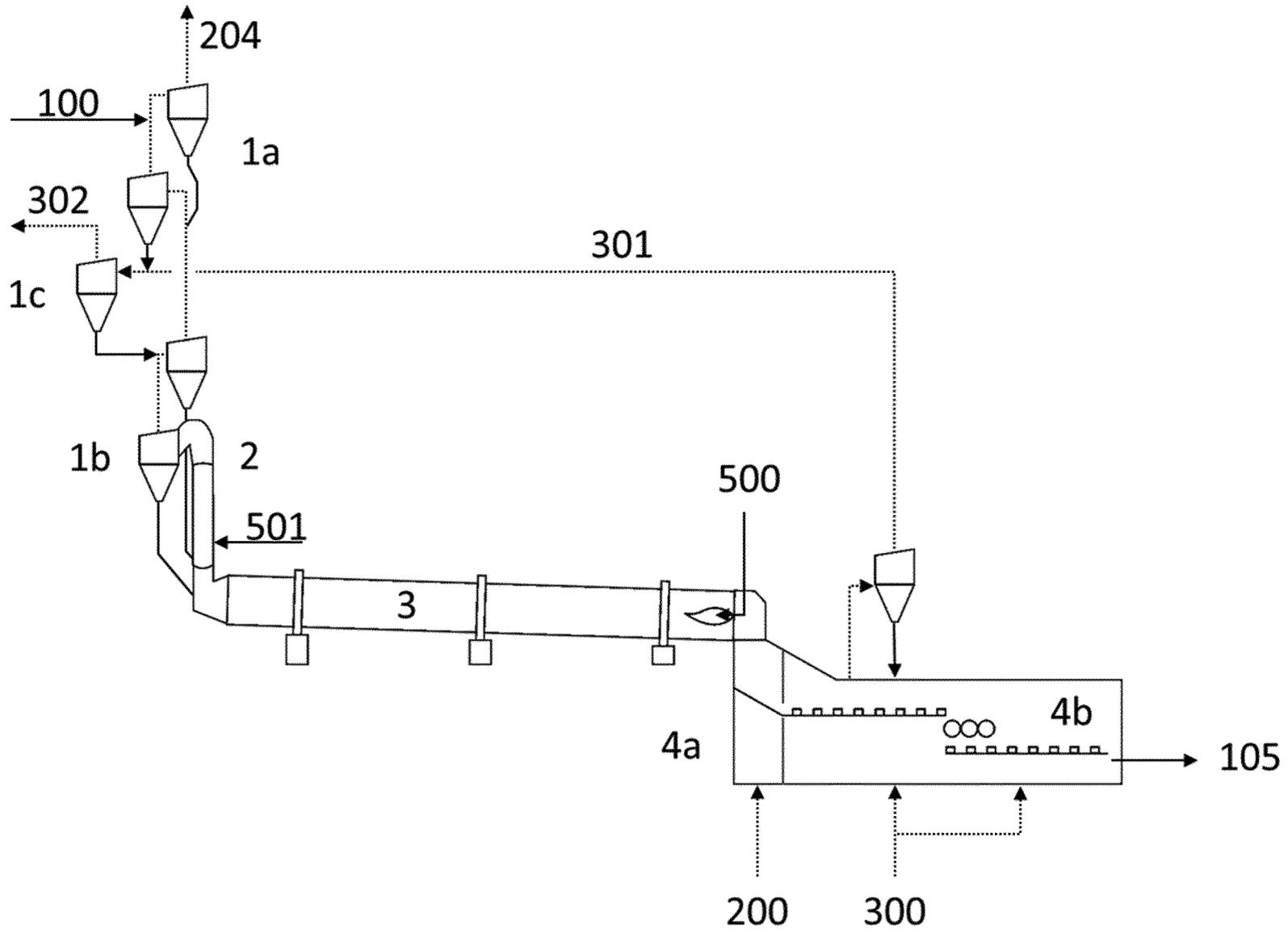


Fig. 4a

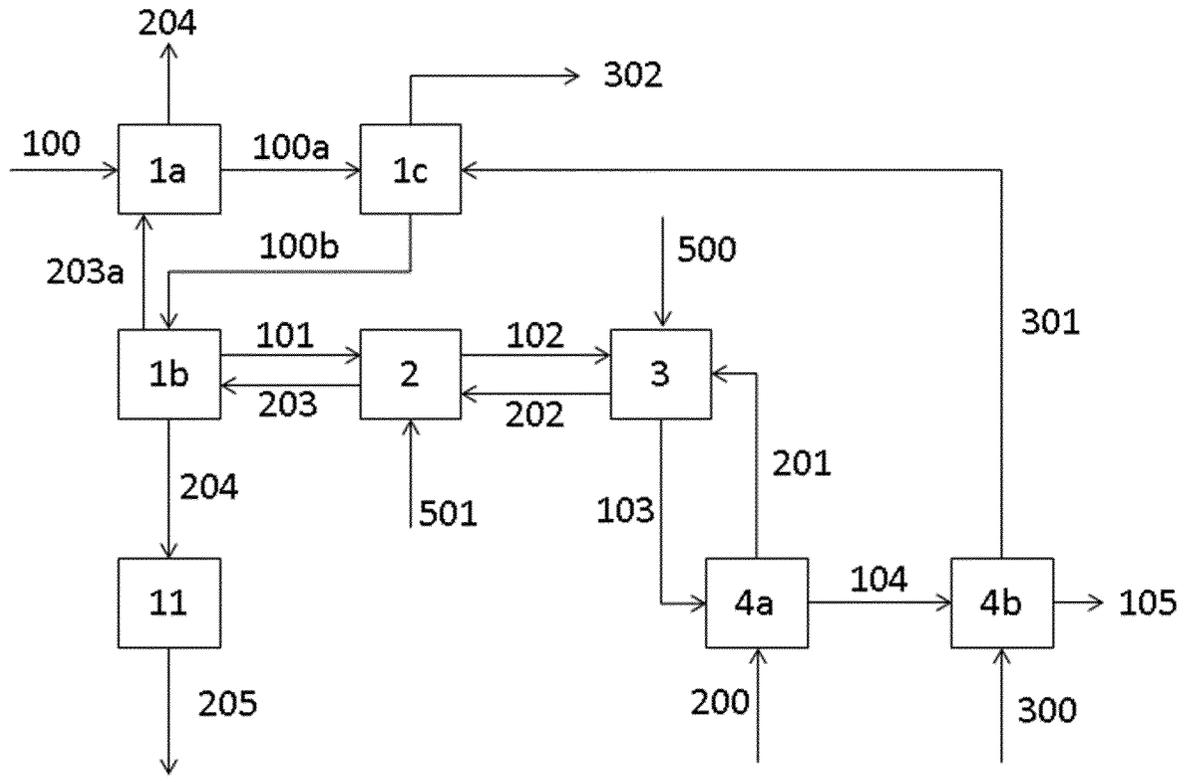


Fig. 4b

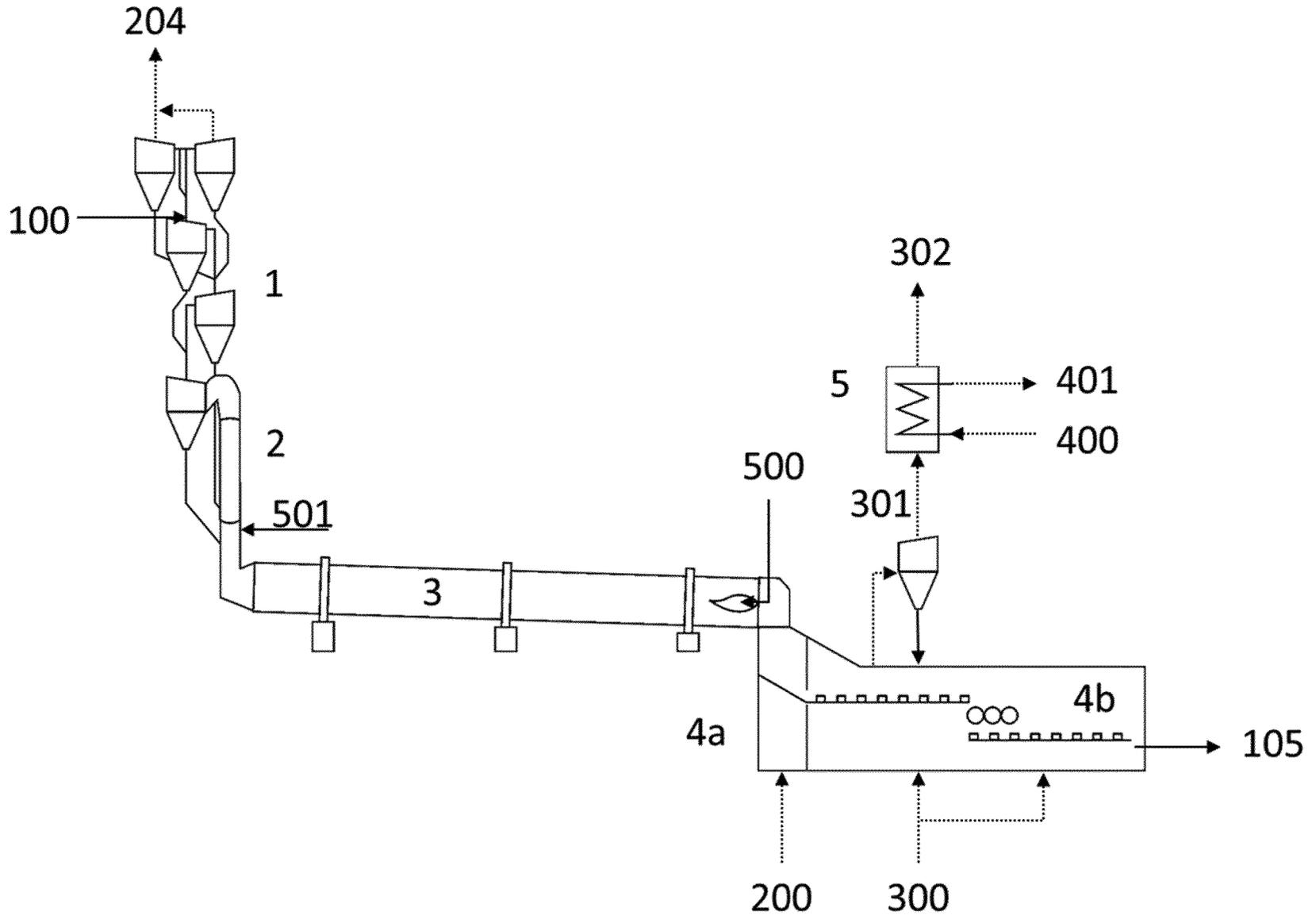


Fig. 5a

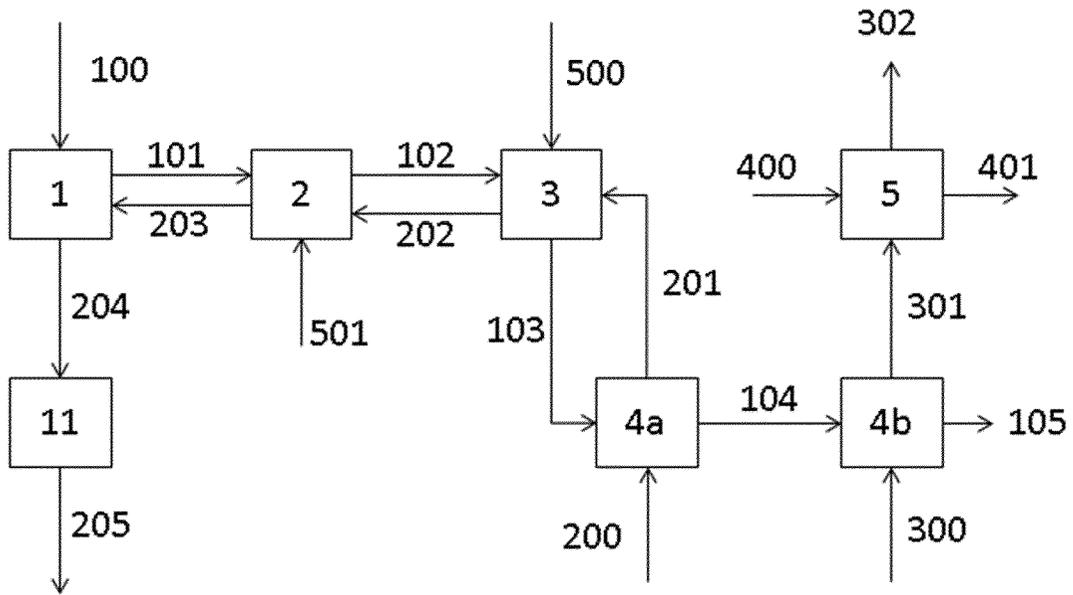


Fig. 5b